

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Département de Génie Mécanique

B.P. 886 Ebolowa / Tél : +237 243 71 78 16
Site web: www.enset-ebolowa.com
Courriel : ensetebwa@gmail.com



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE

Department of Mechanical Engineering

PO. BOX 886, Ebolowa / Tél: +237 243 71 78 16
Web site: www.enset-ebolowa.com
Mail: ensetebwa@gmail.com

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR
D'HUILE MOTEUR (EMBARQUE) SUR VEHICULE
AUTOMOBILE**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur des Lycées
d'Enseignement Technique de deuxième grade (DIPET II)

OPTION : Fabrication Mécanique

Par

NOFOZO TATANG Raoul Dako

Licence en Maintenance des Systèmes Industriel

Matricule : 19W1229

Sous la Supervision de

Pr. KANAA Thomas, Maître de Conférences

Devant le Jury constitué de :

Président	: Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé	Maitre de Conférences, ENSET Ebolowa
Rapporteurs	: Pr. KANAA Thomas	Maitre de Conférences, ENSET Ebolowa
	: M. GAGA DADI Bernard	Master en génie mécanique
Examineur	: M. ATANGANA Mesmin	Assistant, ENSET Ebolowa



Année Académique : 2020 / 2021

DEDICACE

A ma famille

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce au concours de plusieurs personnes, à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toutes notre reconnaissance à l'endroit du personnel de l'ENSET d'EBOLOWA en général et son Directeur Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé en particulier qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

A notre superviseur Pr. KANA'A Thomas, chef de département du Génie Mécanique et notre encadreur M. GAGA DADI Bernard pour leur patience, leur grande disponibilité et surtout leur judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Un merci à M. NDEFFO Steve Fabrice et NOUBOU Marcelin pour leur disponibilité et leur contribution à la réalisation de nos différents travaux.

Nous remercions nos très chers parents, Monsieur et Madame TATANG, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercions monsieur et madame MOUAFO pour leur soutien, maman Charlotte à Ebolawa, M. SENGING et son épouse, à madame NOFOZO Gisèle et mes frères et sœurs pour leurs encouragements de toute forme.

Enfin nous remercions nos camarades de promotion qui ont toujours été là pour nous, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements, ont été d'une importance capitale.

A tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, respect et gratitude.

RESUME

L'objet de notre travail a consisté à optimiser la durée d'utilisation d'huile moteur et informer le conducteur de la dégradation progressive jusqu'à la période de vidange. Pour aboutir à cela, nous avons commencé par étudier les différents systèmes capables de nous informer sur la dégradation progressive d'huile moteur, tel que les capteurs RHEONICS ; le SPECTOMETRE et un ANALYSEUR d'huile moteur capable d'être embarqué sur véhicule automobile, informer le conducteur sur la dégradation progressive d'huile moteur afin de déclencher la vidange. Pour aboutir à notre analyseur, nous avons eu besoin de deux variétés d'huile moteur, l'huile n'ayant pas encore été utilisée donc la viscosité à 100°C est de **19,1 mm²/s** et à 40°C **176,4 mm²/s** ayant encore toutes ces caractéristiques, et l'huile dégradée ayant les caractéristiques suivante : à 100°C **20,1 mm²/s** et à 40°C **179,928 mm²/s** Après les tests effectués sur les deux voitures de tourisme, avec une huile de 7000 kilomètres, nous avons constaté que le véhicule V1 avait encore une bonne viscosité (18,2 mm²/s) à ce kilométrage donc sa vidange à l'instant est une dépense inutile (période de vidange pas encore atteinte). Le véhicule V2 ayant une viscosité de 22,1 mm²/s donc sa vidange à cet instant met le moteur en danger (période de vidange dépassé). Ce qui nous a permis après étude, d'avoir fait une programmation sur la carte Arduino afin qu'elle traite les informations de la dégradation d'huile, de façon progressive et de déclencher la vidange à la période précise. Tout ceci dans le but d'informer le conducteur ou l'agent de maintenance sur le tableau de bord de la dégradation, ainsi que la température d'huile moteur.

Mots clé : analyseur, émetteur, récepteur, spectromètre, imagerie, Arduino, Rhéonic, dégradation, LED, infrarouge, LDR.

ABSTRACT

The purpose of our work has been to optimize engine oil life and inform the operator of the gradual degradation up to the oil change period. To achieve this, we started by studying the different systems capable of informing us about the progressive degradation of engine oil such as RHEONICS sensors; the SPECTROMETER and an engine oil ANALYZER capable of being carried on a motor vehicle, inform the driver about the gradual degradation of engine oil in order to trigger the oil change. To achieve our analyzer, we needed two varieties of engine oil, the oil not having been used yet so the viscosity at 100 ° C 19.1 mm² / s to and at 40 ° C 176.4 mm² / s still having all these characteristics and the degraded oil, still having characteristics following: at 100 ° C 20.1 mm² / s and at 40 ° C 179.928 mm² / s after the tests carried out on the two passenger cars, with an oil of 7000 thousand kilometers, we noted that the V1 vehicle still had a good viscosity (18.2 mm² / s) at this mileage so its oil change at the moment is an unnecessary expense (drain period not yet reached). The V2 vehicle having a viscosity of 22.1 mm² / s therefore its emptying at this moment puts the engine in danger (emptying period exceeded). This allowed us, after study, to have programmed on the Arduino board so that it processes the information of the oil degradation in a progressive way and to trigger the oil change at the precise period. All this in order to inform the driver or the maintenance agent on the dashboard of the degradation as well as the engine oil temperature.

Keywords: analyzer, transmitter, receiver, spectrometer, imaging, Arduino, Rheonic, degradation, LED, infrared, LDR.

LISTE DES CIRCLES ET ABREVIATIONS

SIGLE	SIGNIFICATION
SAE	Society of Automotive engineers
CO	Monoxyde de carbone
HC	Hydrocarbures
NO_x	Oxydes d'azote
API	American Petroleum Institute
L'ACEA	Association des constructeurs Européens d'Automobiles
CCMC:	le Comité des Constructeurs du Marché Commun
ASTM	American Society for Testing and Materials
APTE	Application aux techniques d'entreprise
HAP	Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques
CEPAMOQ	Centre de physique atomique, moléculaire, optique et quantique
TAN	Total Acid Number
Fe	Fer
Al	Aluminium
Cu	Cuivre
PPC	Paramètres physico-chimiques
LDR	Light-dependent resistor
IR	Infrarouge
IV	Indice de viscosité
LED	Diode électroluminescente
AES	Spectroscopie d'émission atomique de flamme
AAS	Spectroscopie absorption atomique de flamme
ICP	Plasma couplé par induction
SRD	Sensor resistor densite
SRV	Sensor resistor viscosite
APTE	Application à la technique des entreprises

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1.2 : Schéma de circuit de lubrification dans un moteur</i>	5
<i>Figure 1.3 : La composition des huiles lubrifiantes des moteurs</i>	6
<i>Figure 1.4 : Structures d'hydrocarbures de base dans les huiles minérales</i>	7
<i>Figure 1.5: Structure générale d'une huile végétale</i>	9
<i>Figure 1.6 : Viscosité cinématique en mm² /s à 40o C pour les huiles monogrades et multigrades</i>	16
<i>Figure 2.1 : Chromatographie d'éluion sur colonne</i>	22
<i>Figure 2.2 : Schéma de principe colorimétrique</i>	24
<i>Figure 2.3 : Viscosimètre</i>	24
<i>Figure 2.4.a : Emission Figure 2.4.b : Absorption Figure 2.4.c : Diffusion</i>	26
<i>Figure 2.5 : Principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre à double faisceau</i>	27
<i>Figure 2.6 : spectre électromagnétique</i>	27
<i>Figure 2.7 : exemple forme de masque</i>	32
<i>Figure 3.1 :viscosite V1</i>	38
<i>Figure 3.2 :viscosite V2</i>	39
<i>Figure 3.3 :Teneur en metaux V1</i>	40
<i>Figure 3.4 : Teneur en métaux V2</i>	41
<i>Figure 3.5 la LDR</i>	43
<i>Figure 3.6 : carte Arduino</i>	45
<i>Figure 3.7 : composante de la carte</i>	46
<i>Figure 3.8 : entrées/sorties</i>	47
<i>Figure 3.9 : entrées/sorties Arduino</i>	48

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

<i>Figure 3.10 : composantes de la carte Arduino</i>	49
<i>Figure 3.11 : montage sur platine</i>	50
<i>Figure 3.12 : entrées/sortie</i>	51
<i>Figure 3.13 : exemple de montage</i>	52
<i>Figure 3.14 : montage sur platine</i>	53
<i>Figure 3.15 : de programmation</i>	56
<i>Figure 3.16 : afficheur</i>	57
<i>Figure 3.17 : sonde d'huile</i>	58
<i>Figure 4.1 : gang</i>	66
<i>Figure 4.2 : seringue</i>	66
<i>Figure 4.3 : huile</i>	66
<i>Figure 4.4 : ordinateur</i>	66
<i>Figure 4.5 : prototype</i>	67
<i>Figure 4.6 : LDR</i>	68
<i>Figure 4.7 : afficheur LCD et branchement</i>	69
<i>Figure 4.8 : schéma simplifier Arduino</i>	73
<i>Figure 4.9 : VUE DE FACE Arduino</i>	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: légende du circuit de graissage 5
Tableau 1.2 : Classification des huiles minérales sur la base des structures moléculaire 7

Tableau 1.3 : Influence de la température sur la durée de service des huiles minérales 18

Tableau 3.1 comparatif des différentes cartes Arduino 44

Tableau 3.2 caractéristique de la carte arduino UNO60

Tableau 3.3 : caractéristiques de l'afficheur LCD46

Tableau 4.1 : désignation du prototype80

Tableau 5.1 : cout de conception et réalisation80

AVANT PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET), créé par Décret Présidentiel N° 2017/586 du 24 Novembre 2017, est un établissement d'Enseignement Supérieur relevant de l'Université de Yaoundé I. elle est située au campus de Metykpwale dans la ville d'Ebolawa et abrite un bloc administratif, des salles de classes et bien d'autres.

L'ENSET a pour mission d'assurer :

- La formation des enseignants de l'Enseignement Secondaire Technique et des Conseillers d'Orientation Scolaire, Universitaire et Professionnelle ;
- La promotion de la recherche scientifique, technologique et pédagogique, ainsi que la valorisation des résultats de la recherche dans son implémentation ;
- L'appui au développement ;
- Le recyclage et le perfectionnement du personnel de l'Enseignement Secondaire Technique, des professionnels dans ses domaines de formation.

L'ENSET D'EBOLWA est une école normale Supérieure d'enseignement technique appartenant à l'Université de Yaoundé 1. Les étudiants y sont admis par concours. On y pratique le système Licence-Master -Doctorat LMD avec une prédominance du Master. Les programmes officiels régissent le déroulement des enseignements dans la faculté.

Ces programmes comportent un ensemble d'enseignements organisés en cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, bureau d'études techniques, travaux personnels, visites à l'entreprise et/ou stages techniques. Les études dans le premier cycle ont pour objectif d'initier les étudiants aux techniques industrielles. Ils sont formés pour enseigner les collèges d'enseignements techniques. La validation de toutes les Unités d'Enseignement (UE) du 1^{er} cycle correspondant au nombre de crédits agréé donne droit à une admission au 2^{ème} cycle et à une obtention d'un DIPLET 1 après rédaction du rapport de stage et d'un projet de mémoire.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Le second cycle couvre quatre semestres. Toutefois après deux semestres d'enseignement les étudiants peuvent aller en stage d'entreprise pendant deux semestres avant de terminer le troisième et le quatrième semestre.

Les objectifs visés par les enseignements du second cycle sont de :

- ❖ Donner à l'étudiant les connaissances professionnelles technologiques et de managements pour une opérationnalité immédiate à l'enseignement,
- ❖ D'initier l'étudiant à la recherche par l'acquisition des connaissances scientifiques de haut niveau.

Les études du 2nd cycle sont sanctionnées par la validation de tous les stages et Unités d'Enseignement correspondant au nombre de crédits indiqué et l'obtention du Diplôme de professeur des lycées d'enseignement technique, obtenu à l'intérieur d'un département.

Les Départements sont chargés de concevoir, d'exécuter, de suivre les programmes d'enseignement et d'assurer la gestion académique des examens et autres évaluations des connaissances. Les Départements sont :

- **GENIE MECANIQUE**
- **GENIE ELECTRIQUE**
- **GENIE CIVIL**
- **AGRICULTURE ET AGROPASTORALE**
- **MAINTENANCE**
- **GEOMATIQUE**
- **GENIE INFORMATIQUE**
- **DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**
- **INGENIERIE DU BOIS**
- **INNOVATION, TECHNIQUE COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES**
- **GENIE TOURISME ET HOTELLERIE ...**

TABLE DES MATIERES

Table des matières

.....	I
ABSTRACT	IV
TABLE DES MATIERES	XI
RESUME	1
INTRODUCTION GENERALE	1
.....	1
CHAPITRE I :	3
GENERALITES SUR LA LUBRIFICATION ET LES HUILES MOTEURS	3
.....	3
INTRODUCTION	3
1-1. GENERALITES SUR LA LUBRIFICATION	3
1-1-1. Lubrification	3
1-1-2. Classification des régimes de lubrification	3
1-1-3. Le système de lubrification de moteur.....	4
1-1-4. Rôle du système de lubrification	5
1-2. LES HUILES LUBRIFIANTES DES MOTEURS	6
1-2-1. Historiques	6
1-2-2. La composition de l'huile moteur	6
1-2-3. Les caractéristiques et les propriétés physico-chimiques des huiles moteur	12
1-2-3-1. La viscosité.....	12
1-2-4. Classification des huiles lubrifiantes pour moteurs	15
1-2-5. Déclassement des huiles lubrifiantes pour moteurs	16
1-2-6. La périodicité de la vidange moteur	19
CONCLUSION	20
.....	21
CHAPITRE II :	21
DIFFERENTES METHODES D'ANALYSES D'HUILE MOTEUR	21
INTRODUCTION	21
2-1. METHODES D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'HUILE MOTEUR.....	21
2-1-1. Chromatographie	21
2-1-2. Méthode colorimétrique.....	23

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

2-1-3 Viscosimétrie	24
2-1-4. Méthode spectroscopique	24
2-1-4-4. Spectrométrie de détection des métaux	28
2-2. CONCEPT DE L'IMAGE.....	30
2-2-1. Les caractéristiques de l'image.....	31
2-2-2. Filtrage.....	32
2-3. SYNTHESE DES TRAVAUX EXISTANTS	33
2-3-1.Travaux sur la viscosité par traitement d'image	33
CONCLUSION.....	37
CHAPITRE III :.....	38
ETUDE DE CONCEPTION DE L'ANALYSEUR D'HUILE.....	38
INTRODUCTION	38
3. la conception	38
3.1 La viscosité.....	38
3.1.1. Index (ou indice) de viscosité [21]	39
3.2 Densité.....	41
3.3 Teneur en métaux [21]	41
3.3.1. Interprétations de la courbe	42
3.3.2. Conclusion d'interprétation	42
3.4 Conception de l'analyseur	43
3.4.1. Le rayonnement infrarouge :	43
3.4.3 Fonctionnement et caractéristiques de la LDR.....	43
3.4.4 Carte Arduino.....	45
Tableau 3.2 : caractéristiques de la carte Arduino UNO	46
3.4.4.4 Les entrées/sorties numériques : de D0 à D13	48
3.4.4.5 Les entrées analogiques A0 à A5	48
3.4.4.6 LE MICROCONTROLEUR ARDUINO [46]	49
3.4.5.1 LA PLATINE D'EXPERIMENTATION (BREADBOARD)	50
3.4.5.2 LES ENTREES / SORTIES	51
3.4.5.8 TRANSFERER UN PROGRAMME A LA CARTE.....	56
3.5 Un afficheur LCD 16x2.....	58
3.6 Sonde de température d'huile moteur [47].....	59
3.7 - CAPTEURS RHEONICS [48].....	59
Conclusion	63
CHAPITRE 4:	65
REALISATION DE L'ANALYSEUR.....	65

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Introduction	65
4.1 Applications	65
4.2 Défis liés aux techniques traditionnelles de surveillance des huiles	66
4.3 REALISATION DE NOTRE ANALYSEUR [1]	67
4.3.1 Matériels	67
4.4 Dessin de montage du prototype	68
4.4.1 Disposition du prototype sur véhicule	68
4.4.1.1 L'huile utilisée dans notre prototype	69
4.4.1.2 La LDR	69
4.4.1.4 branchement carte arduino	70
4.4.1.10 Fonctionnement du prototype	76
CONCLUSION	77
CHAPITRE5 ;	78
EXPLOITATION, fonctionnement, Maintenance, COUT et difficultés rencontrés	78
Introduction	78
5.1 EXPLOITATION DE L'ANALYSEUR	78
5.2 FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE	78
5.3 MAINTENANCE DE NOTRE ANALYSEUR	79
5.3.1 Maintenance préventive	79
5.3.2 Maintenance corrective	80
5.4 COUTS DE L'ANALYSEUR	80
5.5 Difficultés rencontrés	81
Conclusion	81
Conclusion générale	83
.....	98
.....	99

CAHIER DE CHARGES

I. THEME

Le thème que nous étudierons dans le cadre de notre mémoire de fin d'études du second cycle est intitulé : «**CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE**».

II. PRESENTATION DU PROJET

De nos jours, l'huile moteur est remplacée en fonction du kilométrage ou lors d'une réfection moteur. Ce remplacement périodique fait souvent suite à l'usure de l'huile qui passe soit par sa contamination, soit par sa dégradation. La contamination provient non seulement de particules d'usure des pièces internes, mais aussi des particules solides et liquides en provenance de l'extérieur du système lubrifié. Par contre la dégradation est due à l'oxydation se produisant sous l'action conjuguée de l'oxygène de l'air et des conditions d'utilisation (durée, effort, température). Cette usure affecte les propriétés et caractéristiques de l'huile et l'on y observe souvent les dépôts capables de gêner le fonctionnement normal des moteurs. Au regard des conditions climatiques, d'utilisation de l'huile et l'état du véhicule (âge), il se pose un problème d'optimisation de la durée (périodicité) d'huile moteur. C'est fort de ce souci d'optimisation qu'il nous paraît judicieux de proposer une solution qui nous conduira à une démarche ayant pour finalité de concevoir un analyseur d'huile moteur embarqué sur véhicule.

III. PROBLEMATIQUE

Lors de l'utilisation de l'huile moteur, le conducteur est très souvent limité aux informations de kilométrage fournies par le concepteur d'huile du véhicule. Lesquelles ne renseignent pas à suffisance sur le type de trajet parcouru, le niveau de dégradation de l'huile, l'état du moteur et ne prennent pas en compte certains dysfonctionnements du moteur en service, la mesure en temps réel des caractéristiques physico-chimiques de l'huile moteur pourrait apporter un supplément d'information sur son niveau de dégradation. Ces caractéristiques sont souvent obtenues par les méthodes de laboratoire qui, bien que précises sont souvent onéreuses et nécessitent dans leur grande majorité un matériel spécifique. Par ailleurs, l'image étant l'un des moyens les plus importants qu'utilisent l'homme pour communiquer avec autrui, l'usage des méthodes par imagerie numérique connaît un essor

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

depuis quelques décennies. Au regard des tendances à l'imagerie numérique, cette approche peut-elle aussi être utilisée pour le diagnostic des huiles moteur ? Est-il possible d'optimiser la durée d'utilisation de l'huile grâce à cette méthode ?

IV. OBJECTIFS

Objectif général

La réalisation d'un système capable d'informer le conducteur sur l'état d'avancement direct de la dégradation de son huile moteur par un analyseur d'image numérique, capable d'effectuer la mesure (télémessure) des caractéristiques d'huile moteur en vue de l'optimisation de la durée d'utilisation et augmenter la longévité et la rentabilité du moteur.

Objectifs spécifiques

Il est question pour nous à la fin de ce mémoire :

- D'étudier la viscosité, la densité et les particules contenues dans l'huile usagée afin de calibrer notre analyseur;
- Réaliser un système capable d'informer le conducteur en temps réel sur l'avancement de dégradation de son huile moteur par image (émetteur, récepteur)
- D'informer directement le conducteur de l'état de dégradation d'huile moteur via l'afficheur du tableau de bord;
- programmer notre microcontrôleur;
- D'installer notre LDR et le laser sur un circuit d'huile moteur.

V. CONTEXTE DE L'ETUDE

La réalisation de ce «ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE » se fait dans le cadre de la contribution à l'optimisation de la durée d'utilisation des huiles lubrifiantes, augmenter la longévité, la rentabilité du moteur et réduit les coûts de maintenance. Ceci en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique grade II (DIPET II).

VI. PISTES DES SOLUTIONS

a) Matériel utilisé (prototype)

Une LDR, l'infrarouge, la carte Arduino, ordinateur, les fils, du carter d'huile, deux tubes cylindrique et le carter d'huile.

b) Logiciel utilisé

ARDUINO.

c) Méthodes d'approche

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- Spectroscopie ;
- Titrage calorimétrique ;
- Viscosimétrie ;
- Imagerie numérique.

d) Résultats escomptés

Nous espérons à la fin de cette étude, réaliser un système d'imagerie capable d'informer le conducteur ou l'agent de maintenance sur l'état d'avancement de la dégradation de son huile moteur, par un analyseur d'huile (émetteur récepteur) directement adaptable sur véhicule. Il informe sur les caractéristiques physico-chimiques (viscosité cinématique, densité et la teneur en métaux) de l'huile aux paramètres de texture de l'image.

VII. CONTRAINTES

- ✓ Accessibilité du matériel ;
- ✓ Assistance technique ;
- ✓ Accessibilité à la documentation ;
- ✓ dimensionnement ;
- ✓ Programmation ;
- ✓ Coût du projet le moins élevé possible.

INTRODUCTION GENERALE

Le moteur thermique (en automobile) est un dispositif qui transforme de la chaleur en travail mécanique. Constitué de plusieurs organes mobiles mécaniques (piston, bielle, arbre à cames...) qu'en perpétuels mouvements s'usent entre eux. La solution pour diminuer la détérioration des surfaces mécaniques consiste à introduire un troisième corps appelé **lubrifiant** dans le contact entre pièces mécanique. Ce lubrifiant lui-même dans l'exercice de sa fonction qui est d'évacuer une partie de l'énergie thermique engendrée par les frottements et les particules d'usure des pièces tout en évitant la corrosion. Il est donc soumis à deux facteurs : la dégradation qui est dû à l'oxydation sous l'action conjugué de l'air, de la température et des conditions d'utilisation. Le deuxième facteur est la contamination engendrée par les particules d'usure des pièces internes, mais aussi des particules solides et liquides en provenance de l'extérieur du moteur. Suite à ces deux facteurs il est donc nécessaire voir obligatoire de vidanger le moteur et dans la majeure des temps, la vidange d'un moteur se fait de manière systématique (selon un échéancier) 15000 km ou 250 heures [2] en fonction du type d'huile. Le problème que fait face ce genre de maintenance est que l'huile vidangée est parfois encore neuve ou très dégradée. Pour résoudre ce problème, les constructeurs ont pensé à une méthode qui consiste à analyser l'huile moteur dans les laboratoires en mesurant ses propriétés physico-chimiques grâce aux appareils très sophistiqués. Un autre problème surgit avec cette méthode, elle s'avère très couteuse le protocole d'analyse très complexe et se système n'est pas directement lié à la voiture d'où le besoin de se pencher vers d'autre domaine. Le traitement d'image est une discipline de l'informatique et de communication qui étudie les images numériques et leurs transforme, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information. Ce qui nous a amené à poser la question : comment étudier la dégradation de l'huile moteur par analyse d'image de telle sorte que le maintenancier ou le conducteur visualise via le tableau de bord sa qualité d'huile et la période de vidange ? C'est suite à cette question que nous avons opté pour le thème «**CONCEPTION ET REALISATION DUN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE** ».

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Le but de ce mémoire est de concevoir et réaliser un analyseur d'huile moteur adaptable (embarquer) sur véhicule automobile. Pour y parvenir, nous avons subdivisé notre travail en cinq (05) chapitres répartis ainsi qu'il suit :

- 1- CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES HUILES
- 2- CHAPITRE 2 : LES DIFFERENTES METHODES D'ANALYSE D'HUILE MOTEUR ET ETUDE DES DISPOSITIFS D'ANALYSE D'HUILE EXISTANT.
- 3- CHAPITRE 3 : ETUDE DE CONCEPTION DE L'ANALYSEUR D'HUILE.
- 4- CHAPITRE 4 : ETUDE DE FABRICATION DE L'ANALYSEUR.
- 5- CHAPITRE 5 : EXPLOITATION, FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET COUT DE L'ANALYSEUR.

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR LA LUBRIFICATION ET LES HUILES MOTEURS

INTRODUCTION

L'huile de lubrification est formulée d'une base, dopée d'un paquet d'additifs, convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant à assurer sa fonction requise malgré les contraintes. L'huile est exposée lors de son utilisation, à des phénomènes désagréables générés par le fonctionnement du moteur et des conditions diverses. Ces phénomènes agissent de manière néfaste sur les paramètres physico-chimiques de l'huile qui finit par perdre sa qualité lubrifiante. Ce chapitre présente de manière générale la lubrification, la composition et les propriétés des huiles lubrifiantes pour moteurs, les différents mécanismes de contamination et de dégradation associés.

1-1. GENERALITES SUR LA LUBRIFICATION

1-1-1. Lubrification

La lubrification ou le graissage est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux éléments en contact et en mouvement l'un par rapport à l'autre. La lubrification a également pour effet le contrôle thermique du mécanisme.

1-1-2. Classification des régimes de lubrification

La classification des régimes met en évidence les régimes de lubrification en fonction des conditions de fonctionnement, de l'épaisseur du film et de la rugosité des surfaces.

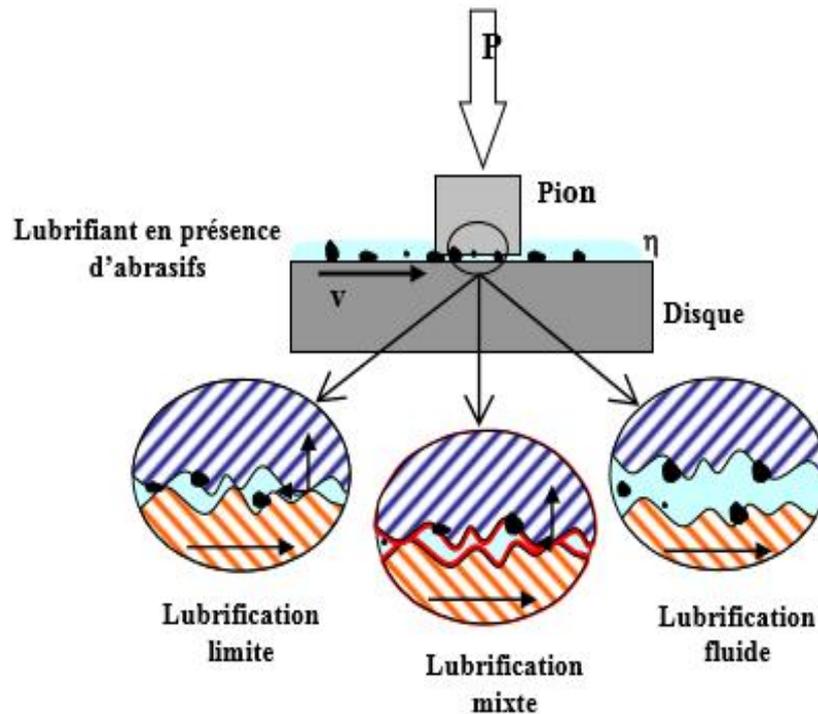


Figure 1.1 : Représentation schématique des différents modes de lubrification [3].

- La lubrification en couche limites existe lorsque l'épaisseur du film lubrifiant est trop faible pour séparer correctement les surfaces en contact mais il y a toujours une couche limite accrochée aux surfaces grâce aux additifs contenus dans le lubrifiant ;
- Quant à la lubrification mixte, bien que le film lubrifiant soit plus épais que celui du type précédent, il peut y avoir frottement sur certaines saillies de rugosité ;
- En lubrification hydrodynamique, il existe une séparation complète des surfaces en mouvement par le film lubrifiant. Le frottement est bien moindre que dans les conditions de lubrification limite ; il n'y a pas contact métallique entre les surfaces mobiles.

1-1-3. Le système de lubrification de moteur.

Le circuit de lubrification a pour but de faire circuler l'huile sous pression dans le moteur pour lubrifier les différents éléments en mouvement, de filtrer l'huile pour éliminer les impuretés, et de la refroidir pour la maintenir à une température idéale de fonctionnement.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

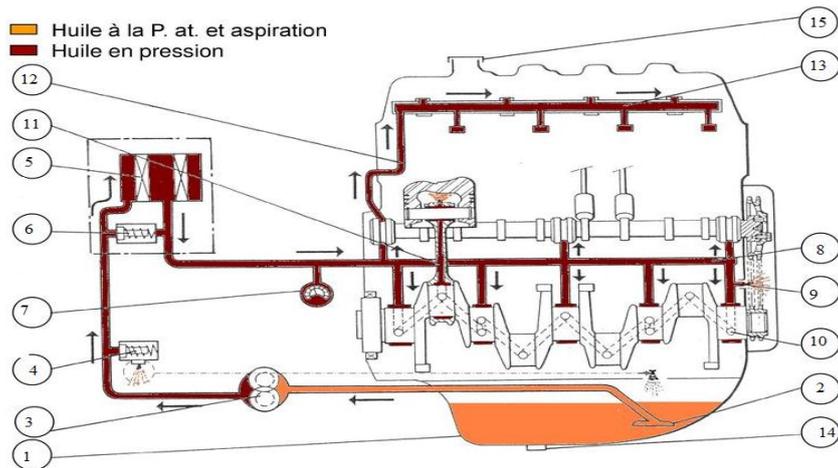


Figure 1.2 : Schéma de circuit de lubrification dans un moteur [4].

Tableau 1.1: légende du circuit de graissage [4]

N ^o	DESIGNATION	N ^o	DESIGNATION
1	Carter inférieur d'huile	9	Gicleur de graissage de chaîne
2	Crépine d'aspiration	10	Conduit de graissage vilebrequin
3	Pompe à huile	11	Graissage axe de piston
4	Clapet de décharge	12	Montée d'huile à la culasse
5	Filtre à huile	13	Rampe de culbuteurs
6	clapet de sécurité (by-pass)	14	Bouchon de vidange
7	Manocontact de pression d'huile	15	Bouchon de remplissage
8	Rampe principale		

1-1-4. Rôle du système de lubrification

Le système de lubrification a plusieurs rôles :

- diminuer les frottements entre les pièces en mouvement par conséquent l'usure ;
- dissiper une partie de la chaleur de combustion ;
- assurer l'étanchéité des cylindres ;
- évacuer, lors des vidanges, les particules dues à l'usure et aux résidus de combustion ;
 - protéger contre la corrosion

1-2. LES HUILES LUBRIFIANTES DES MOTEURS

1-2-1. Historiques

Historiquement, l'usage des lubrifiants remonte à la plus haute Antiquité. Les produits utilisés furent, jusqu'au XIXe siècle, essentiellement des huiles et corps gras d'origine animale ou végétale. Puis, les huiles d'origine pétrolière s'imposèrent vers la fin du XIXe siècle, mais ce n'est qu'à partir de 1930, et surtout entre 1940 et 1950, que les grandes découvertes en matière d'additifs et de lubrifiants de synthèse ont été faites. Ensuite, les progrès furent continus dans tous les domaines avec, cependant, dans les années soixante, un véritable foisonnement de recherches, sous l'impulsion de la course à l'espace, dans le domaine des lubrifiants non conventionnels [5-6].

1-2-2. La composition de l'huile moteur

Les huiles lubrifiantes actuellement utilisées dans les moteurs sont généralement constituées d'un fluide de base appelé « huile de base » qui peut être d'origine minérale, synthétique, semi-synthétique ou végétale auquel sont ajoutés de nombreux additifs (1- 25%) dont la nature varie avec la destination du produit.



Figure 1.3 : La composition des huiles lubrifiantes des moteurs [7]

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

1-2-2-1. Les huiles de base

1-2-2-1-1. Les huiles minérales

Les huiles minérales sont obtenues suivant un procédé qui inclut habituellement une distillation du pétrole brut suivi d'une opération de déparaffinage, d'une extraction par solvant des molécules indésirables et enfin d'une hydrogénation catalytique. [8] Elles se caractérisent par de bonnes propriétés telles que la stabilité à l'oxydation, meilleures propriétés d'écoulement à basses températures et meilleur pouvoir solvant. D'un prix peu élevé, elles présentent des performances "moyennes", elles sont les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles.

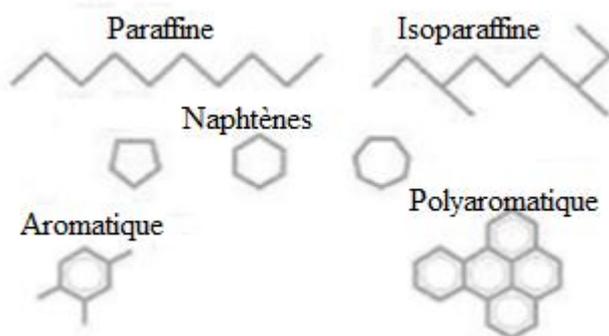


Figure 1.4 : Structures d'hydrocarbures de base dans les huiles minérales [9]

Une mesure par infrarouge permet de définir le type des huiles minérales par rapport au pourcentage de C_p .

Tableau 1.2 : Classification des huiles minérales sur la base des structures moléculaire [10-11]

Structure	Composés	Fraction principale	Caractéristiques
A base de paraffine	Alcane linéaires et ramifiés	$C_p > 56 \%$	Densité $< 900 \text{ kg/m}^3$ Indice de viscosité 93-105
A base de naphène	Cycloalcane et les alcènes	$C_p < 50 \%$	Densité $900-940 \text{ kg/m}^3$

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

			Indice de viscosité 30-80
Aromatique	Monoaromatiques et polymathiques	$C_P = 50 - 56$ %	Densité > 940 kg/m ³ Indice de viscosité 0-40

1-2-2-1-2. Les huiles de synthèse

Les huiles de synthèse sont des produits obtenus par réaction chimique de plusieurs composés. Elles ne sont utilisées que pour des applications spéciales à des températures de fonctionnement supérieures à 90 °C, ou à des très basses températures. Ces huiles, obtenues par des procédés chimiques complexes sont plus chères mais elles offrent des performances supérieures : indice de viscosité plus élevé, meilleure tenue thermique, meilleure résistance à l'oxydation, une stabilité thermique exceptionnelle.

Les huiles de synthèse les plus importantes sont :

❖ Les diesters :

Ils ont une faible viscosité et sont utilisés dans une plage de température de -60 à 120°C et offrent souvent une excellente résistance à la corrosion. Ils sont utilisés généralement dans l'industrie aéronautique [12].

❖ Les polyalphaoléfines (PAO)

Ce sont des hydrocarbures synthétiques, ils sont utilisés dans une plage de température de -20 à 160°C. Ils peuvent être utilisés à des grandes vitesses et sous forte charge [12].

❖ Les polyglycols :

Ce groupe d'huiles est utilisé lorsque les températures de fonctionnement dépassent 90 °C. Leur stabilité à l'oxydation est excellente, leur durée de service peut atteindre dix fois celle des huiles minérales. Les polyglycols n'épaississent pas et ne forment pas des dépôts carbonisés. Leur densité est supérieure à 1 donc si on a des fuites d'eau, l'eau flotte à la surface de l'huile. [13]

1-2-2-1-3. Les huiles de semi-synthèse

Les huiles de semi-synthèse s'obtiennent à partir d'un mélange d'huiles minérales et d'huiles de synthèse (généralement 70 à 80% d'huile minérale et 20 à 30% d'huile de synthèse) [13].

1-2-2-1-4. Les huiles végétales ou esters naturels

Leur composition chimique est celle d'un triester provenant principalement de triglycérides. La formule générale d'un ester est R-COO-R' (R, R' sont des alkyles, souvent identiques ou différents).

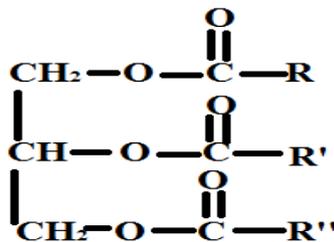


Figure 1.5: Structure générale d'une huile végétale [14]

Les huiles végétales sont en général très peu toxiques et possèdent une excellente biodégradabilité. Ces qualités sont dues notamment à une faible résistance à l'oxydation et l'hydrolyse. Ces deux caractéristiques, qui sont favorables à l'aspect éco-toxicologique, représentent un désavantage important pour les applications automobiles. Malgré ces inconvénients, les huiles végétales sont déjà utilisées dans les moteurs thermiques et des tentatives sont en cours pour étendre leur utilisation.

1-2-2-2. Les additifs

Les additifs pour lubrifiants sont des composés chimiques de nature organique ou organométallique. Ils présentent environs de 1 à 25% de la masse totale de l'huile utilisée [15]. Leur rôle est d'améliorer les propriétés physico-chimiques des huiles lubrifiantes, afin de prolonger la durée de vie soit du moteur soit de l'huile et pour interdire la dégradation rapide des huiles usagées. En réalité l'action des additifs dépend de quatre facteurs principaux :

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- **la nature chimique de l'additif** : son degré de pureté et sa concentration dans la base lubrifiante;
- **les interactions avec les autres additifs présents dans la formule**. Dans certains cas, il peut y avoir antagonisme entre deux additifs. Dans d'autres cas, au contraire, il y a synergie ;
- **la nature chimique de la base lubrifiante** : la pureté, le degré de raffinage, le grade de viscosité, etc. Ainsi, plus une base lubrifiante présente un pouvoir solvant élevé, moins les additifs qui agissent en surface comme les anti-usures et les extrême-pression se montrent efficaces. Le pouvoir solvant dépend de la composition de la base lubrifiante (aromatique, naphthénique, paraffinique) ;
- **les conditions tribologiques de fonctionnement du mécanisme à lubrifier conditionnant le régime de lubrification** : température et pression de contact, vitesses de glissement et éventuellement de roulement, rhéologie du film d'huile, type d'ambiance (atmosphère neutre, oxydante, corrosive, humide, poussiéreuse...) présence de vibrations, état de la mécanique (usure, jeu, rugosité et état de surface, accumulation de dépôts sur les surfaces...) et naturellement, la nature des matériaux des surface.

1-2-2-2-1. Les antioxydants :

Les antioxydants sont de nature à diminuer ou empêcher l'oxydation des huiles, afin de ralentir le vieillissement rapide de l'huile, ils agissent selon leurs structures chimiques, par l'arrivée de l'oxygène provenant de l'air de haute température et de métaux [16]. On distingue trois types des antioxydants :

- ✓ les antioxydants inhibiteurs radicalaires qui agissent sur l'étape de l'amorçage de l'oxydation. ce sont des composés phénoliques, amines aromatiques, phénates et salicylates de métaux alcalino-terreux ;
- ✓ les antioxydants destructeurs d'hydroperoxydes responsables de la propagation de la réaction d'oxydation. Ce sont des additifs soufrés, phosphorés et thiophosphorés tels que les dithiophosphates de zinc ;
- ✓ les désactivateurs et passivateurs métalliques qui ont pour but d'inhiber l'action catalytique pro-oxydante des métaux en solution.

1-2-2-2-2. Les détergents :

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Les détergents sont des additifs qui possèdent des propriétés nettoyant vis-à-vis d'une surface solide mouillée, et de maintenir le circuit de distribution. Grâce à leur alcalinité, ils peuvent neutraliser également des produits acides, qui se forment du fait de la combustion de l'huile [17].

1-2-2-2-3. Les dispersants :

Les dispersants sont des adjuvants, qui ont les propriétés de maintenir en suspension des particules solides dans l'huile, ils évitent ainsi le risque de dépôt dans les parties froides du moteur [16].

1-2-2-2-4. Les extrêmes pressions et protecteurs contre l'usure :

Le rôle des protecteurs contre l'usure est de réduire le frottement et l'usure entre les organes métalliques du moteur. Ils agissent en séparant les parties métalliques par une couche fine d'additifs. Ainsi que pour les additifs extrêmes pressions qui se compose des molécules organo-soufrés et organochlorés. Ceux-ci créent une réaction superficielle qui empêche le contact métal-métal [7].

1-2-2-2-5. Les antirouilles et anti corrosions :

Les antirouilles et anti corrosions sont des additifs qui protègent les parties métalliques, ils retardent l'apparition de la rouille qui provient de la corrosion humide. Ils évitent l'altération d'un matériau provenant des gaz de combustion contre la corrosion [18].

1-2-2-2-6. Les antis mousses :

Les antis mousses sont des additifs solubles dans l'huile, à base de silicone, de très haute masse molaire, ils empêchent la formation des bulles liquide-air, qui se forment à la surface d'huile lubrifiante [7].

1-2-2-2-7. Additifs abaisseurs de point d'écoulement :

A basse température la cristallisation des paraffines modifie les propriétés rhéologiques du lubrifiant qui tend à se solidifier. Les additifs de point d'écoulement sont donc utilisés pour lutter contre cette solidification. Ils agissent sans doute par absorption en

diminuant la taille des cristaux de paraffine, ou en modifiant la forme cristalline qui évolue vers une structure en aiguilles et en réduisant l'adhésion entre les cristaux. Les produits utilisés appartiennent aux quatre familles suivantes : les alkylesaromatiques, les polyesters, les polyamides et les polyoléfines [18].

1-2-2-8. Les additifs améliorant d'onctuosité

Ils agissent par absorption sur les surfaces du contact et qui sont destinés à diminuer les frottements dans le cas de contact métal sur métal. Ce sont des esters gras, alcools gras, amines grasses et acides gras [16].

1-2-2-9. Anti-émulsion

Evite le mélange de fluides étrangers (de l'eau par exemple) avec l'huile et favorise la décantation (séparation) de l'ensemble [14].

1-2-3. Les caractéristiques et les propriétés physico-chimiques des huiles moteur

Les propriétés des huiles lubrifiantes pour moteur se classent en deux groupes :

- ✓ les caractéristiques d'identification et d'utilisation (fonctionnement);
- ✓ les caractéristiques de performances.

Les caractéristiques d'identification (densité, indice de réfraction, point d'écoulement, etc.) et d'utilisation, sont des propriétés physiques et/ou chimiques, habituellement désignées « propriétés physico-chimiques ». Nous avons par exemple de la compressibilité, de la viscosité dynamique...

Ici nous allons étudier quelques caractéristiques et propriétés des huiles pour moteur sans tenir compte de ce classement.

1-2-3-1. La viscosité

La viscosité est la caractéristique la plus importante d'un fluide, et surtout pour les huiles moteur. Elle est définie comme le rapport de la force de cisaillement et l'épaisseur des

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

films d'huile. La viscosité se caractérise par la résistance du fluide à l'écoulement aux fortes températures [18].

1-2-3-2. Index (ou indice) de viscosité

L'index ou indice de viscosité (IV ou VI) caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température et permet de juger la tenue à chaud et à froid des huiles. Un IV de 100 indique une très faible variation de la viscosité, un IV de 0, une très grande variation ou une grande sensibilité à la température.

Pour une huile moteur, un IV élevé est un bon indicateur pour des démarrages faciles et des mises en régime rapides aux basses températures. Le IV est un coefficient obtenu en comparant la viscosité à 40°C de l'huile testée, en cSt, à celles de deux huiles de référence, l'une asphaltique et l'autre paraffinique, ayant toutes deux mêmes viscosités à 100°C que l'huile testée.

1-2-3-3. Indice d'acidité ou dosage de l'acidité totale (TAN) :

C'est le nombre de milligramme de potasse, nécessaire pour neutraliser les acides contenus dans 1 gramme d'huile. L'apparition de l'acidité dans une huile moteur, ne peut provenir que lors de l'oxydation, et pour cela son augmentation indique une oxydation due à la température ou à la contamination [19].

1-2-3-4. Le carbone Conradson :

Il augmente du fait de la présence dans l'huile en service de résidus métalliques d'usure et de matières minérales provenant des poussières de l'air. C'est une caractéristique qui peut dénoter d'un mauvais fonctionnement du moteur et qui donne également les limites d'utilisation de l'huile en service. Au-dessus de **3 %** en carbone Conradson, l'huile ne peut plus remplir son rôle et doit être éliminé [20]

1-2-3-5. Indice de basicité ou dosage de basicité totale (TBN) :

C'est le nombre de milligramme de potasse stœchiométrique, équivalent à la quantité d'acidité d'une huile, renfermant des additifs alcalins. L'indice de basicité a pour

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

but de neutraliser les acides formés dans des gaz de combustion, ou par oxydation. Il est inversement proportionnel à l'indice de basicité [8].

1-2-3-6. Onctuosité :

Propriété d'un corps lubrifiant étendu en film mince, des surfaces métalliques lubrifiées, elle se caractérise par la continuité et la solidité de ce film. On l'améliore par des additifs de base.

1-2-3-7. Point d'écoulement :

Le point de trouble est la température à laquelle apparaît un début de cristallisation se traduisant par une altération de la limpidité. Le point d'écoulement définit la température à laquelle une huile, chauffée, puis refroidie dans des conditions bien précises et normalisées, cesse de couler (cristallise ou se solidifie).

1-2-3-8. Point éclair et point de feu :

C'est la température minimale, à laquelle les vapeurs libérées par l'huile moteur explosent, lors de la présence d'une flamme. Celle-ci s'éteint aussitôt dans des conditions normalisées [8].

1-2-3-9. Adsorption chimique :

Certaines substances (graisses animales et végétales, acides gras et esters) d'un lubrifiant échangent des électrons avec l'oxyde qui recouvre le métal (phénomène de polarité) provoquant une fixation chimique en surface. De plus, il se produit une orientation privilégiée des molécules d'huile qui se dressent comme les poils d'une brosse et empêchent le contact métal sur métal [5-6].

1-2-3-10. La densité :

La densité est le rapport entre la masse volumique du produit à une température donnée, et la masse volumique du corps de référence qui est en générale celle de l'eau, à une température standard [8].

1-2-3-11. Chaleur massique, conductivité thermique

La chaleur massique augmente avec la température et est d'autant plus élevée que la densité de l'huile est faible. Par exemple, pour les huiles minérales, la chaleur massique se situe vers 2 kJ/kg.K jusqu'à 100°C et augmente de 20% si la température croît de 100°C [20].

1-2-4. Classification des huiles lubrifiantes pour moteurs

1-2-4.1 La classification SAE

Il existe un grand nombre d'huiles destinées à des applications diverses avec désignations et symboles éventuels. Plusieurs organisations et sociétés de construction classent les huiles, comme SAE, API, ISO, ASTM, AFNOR et beaucoup d'autres [21]. Parmi les classifications, la classification SAE est essentiellement utilisée dans l'automobile et les transmissions. Elle classe les huiles sur des critères de viscosité.

La classification SAE 20, SAE 30... utilise la viscosité des huiles à 100°C et correspond aux huiles **monogrades** dites pour "hautes" températures ou en ETE. La classification SAE 0W, SAE 5W... utilise la viscosité des huiles à -18°C et correspond aux huiles monogrades dites pour "basses" températures ou "HIVER". Les huiles multigrades présentent deux viscosités caractéristiques. Une huile SAE 10W-40 a même viscosité qu'une huile monograde SAE 40 à 100°C et même viscosité qu'une huile monograde SAE 10W à -18°C [21].

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

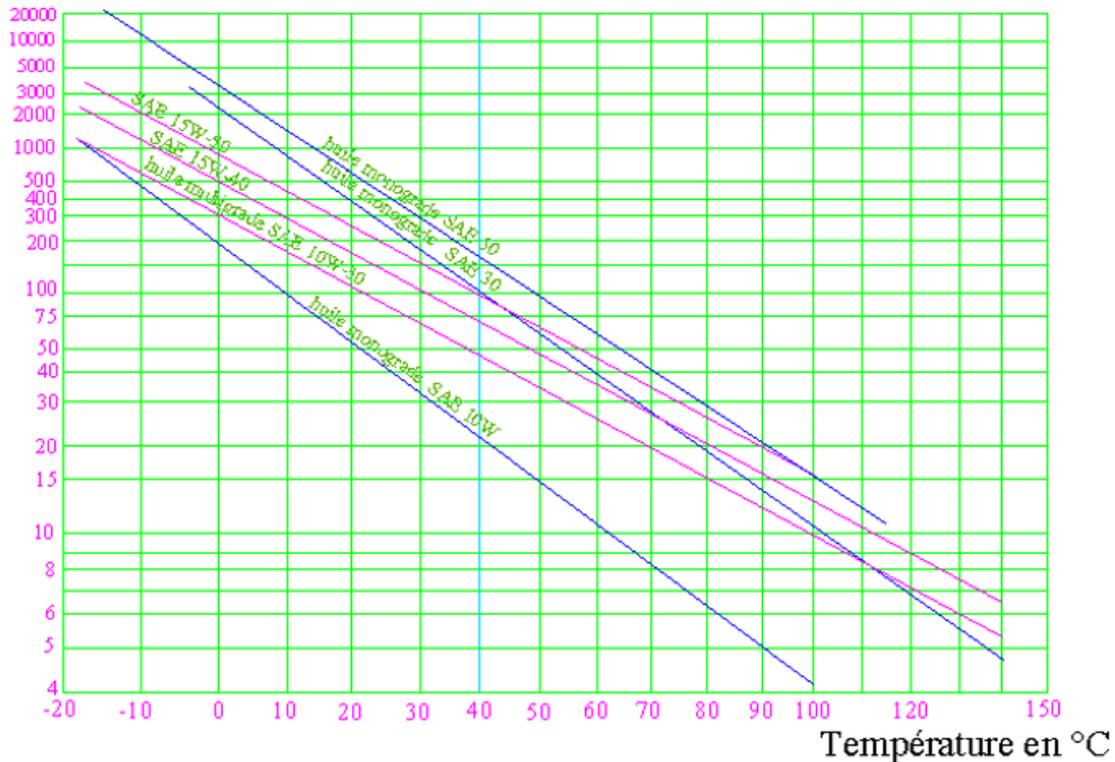


Figure 1.6 : Viscosité cinématique en mm^2/s à 40°C pour les huiles mono-grades et multigrades [21].

1-2-4.2 La classification selon le service

En automobile on utilise également une classification complémentaire API/ASTM/SAE et CCMC ou selon le service concernant les huiles pour moteurs. Nous pouvons énumérer entre autres :

- les huiles pour moteurs à essence (SA, SB, SC, SD, SE et SF) ;
- les huiles pour moteurs Diesel (CA, CB, CC, CD, CE et CF).

Les classifications SA, SB... et CA, CB... (Sévérité croissante en allant de SA à SF et de CA à CF) tiennent compte des conditions de service.

1-2-5. Déclassement des huiles lubrifiantes pour moteurs

Pour remplir sa fonction, le lubrifiant doit avoir des caractéristiques physico-chimiques déterminées. Hors ces caractéristiques se trouvent modifiées sous l'action de phénomènes de contamination et dégradation qui finissent par rendre l'huile inapte à son emploi.

1-2-5- 1. Contamination des huiles moteur:

Elle se manifeste essentiellement sous deux formes :

a) Contamination liquide :

- la plus souvent constatée est l'eau et elle est la plus destructrice de l'huile. Au fur et à mesure que l'espace des vidanges augmente, la teneur en eau augmente et sans oublier l'intrusion de celle-ci. Elle se manifeste par une augmentation de température. D'une part l'eau peut provoquer l'oxydation, et diminuer la viscosité, et la corrosion des surfaces métalliques. D'autre part, cette eau peut, bien souvent, réagir avec certains additifs du lubrifiant, en particulier ceux qui apportent la réserve d'alcalinité, pour les déstabiliser et les rendre plus ou moins insolubles. La limite admise est 0,2 % (à 1000 km) [22];

- la dilution : une dilution exagérée de l'huile en service par l'essence ou par le gasoil peut avoir de sérieuses conséquences sur le graissage et la sécurité des moteurs, par suite de la chute de la viscosité, du point d'inflammation et de la qualité d'ensemble de l'huile. En général, une huile devrait être vidange lorsque sa teneur en diluant dépasse 5 % [21].

b) Contamination solide :

- les contaminants provenant des frottements des éléments mobiles en formants des particules d'usures des métaux comme l'aluminium, l'acier, la fonte, le cuivre, le nickel, chrome et d'autres éléments ;

- poussières atmosphériques lors de l'ouverture du réservoir pendant la vidange ou contrôler le niveau de l'huile ;

- les résidus de combustion et autres particules: matière carbonneuse provenant de la décomposition des lubrifiants ; silice, etc.

Cette pollution solide peut être :

- ✓ générée (usure, décomposition des lubrifiants) ;
- ✓ ingérée (durant l'entretien : démontage, pleins, vidange... ou par l'environnement: manque d'étanchéité, reniflard inefficace) ;
- ✓ dû à la construction (usinage, soudure, peinture).

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

1-2-5-2. Dégradation des huiles moteur

Cette partie sera consacré à la manière dont les lubrifiants se dégradent ; en d'autres mots, aux mécanismes de l'épuisement et de la dégradation des additifs.

La dégradation est due à l'oxydation se produisant sous l'action conjuguée de l'oxygène et de la température ; aux conditions d'utilisation (température, durée, efforts, filtration...)

1-2-5-2-1. Influence de la température

Elle varie suivant le type de l'huile. Par exemple, les huiles minérales à base paraffinique ont des propriétés lubrifiantes moins bonnes que les autres huiles aux basses températures car les paraffines ("cires") qu'elles contiennent cristallisent et l'huile fige. Le déparaffinage est possible. Pour des températures supérieures à 90°C, les huiles minérales s'oxydent rapidement. En pratique, la durée de service d'une huile minérale peut être fixée à 30 ans à 30°C, cette durée passe à 15 ans à 40°C. La durée est divisée par deux pour chaque augmentation de 10°C. À 100°C, elle descend à 3 mois. Au-dessus de 100°C, il est préférable d'utiliser les huiles synthétiques [23].

Tableau 1.3 : Influence de la température sur la durée de service des huiles minérales

Température de service de l'huile	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	>100°C
Durée de vie indicative de l'huile minérale	30 ans	15 ans	7 ans et 6 mois	3 ans et 9 mois	1 an et 9 mois	12 mois	6 mois	3 mois	Utiliser des huiles de synthèse

1-2-5-2-2. Phénomène d'oxydation:

L'oxydation peut provoquer une modification fondamentale de l'huile de base du lubrifiant et c'est la raison pour laquelle les huiles, même très propres et très bien entretenues, finissent par s'user et doivent être changées. L'oxydation est la réaction entre

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

l'huile de base du lubrifiant (et ses additifs) et l'oxygène qui se trouve dans l'atmosphère. De plus lors de la phase de compression, les gaz s'échappent par des passages entre les segments et les chemises, pour se trouver dans le carter qui contient de l'huile de lubrification, avec une haute température. Ces gaz contiennent environ 20% de dioxygène, ce qui résulte une oxydation d'huile qui évolue avec le temps, et la présence des particules métalliques, qui se comportent comme des catalyseurs qui accélèrent ce phénomène d'oxydation. Non seulement ces deux derniers provoquent l'oxydation, mais aussi l'influence des gaz d'échappement (EGR), qui conduisent à la formation d'une quantité importante de suie dans la chambre de combustion, qui se condense et avec le temps, croître puis se solidifié, et cela provoque une oxydation des parties métalliques. Et tout cela fait appel à une dégradation de l'huile de lubrification moteur [6-23].

1-2-5-2-3. Phénomène de rouille et de corrosion

La rouille et la corrosion sont deux phénomènes qui conduisent à une élévation de l'usure et la destruction des métaux non ferreux, par l'attaque de l'acide organique provenant de l'oxydation des huiles ou du carburant. D'où la rouille des métaux ferreux est par l'humidité qui est le résultat de l'action conjuguée de l'eau et l'oxygène de l'air.

I-2-6. La périodicité de la vidange moteur

La vidange du moteur suit un planning d'entretien en fonction de :

- l'année de mise en circulation du véhicule ;
- du nombre de kilomètres parcouru depuis la dernière visite et du kilomètre global ;
- du type de moteur (essence ou diesel) ;
- du type de conduite (ville ou à la campagne) ;
- et du type d'huile, car chaque huile vient avec son kilométrage fixé.

CONCLUSION

En somme la lubrification est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux éléments en contact et en mouvement l'un par rapport à l'autre. Dans les moteurs, l'élément essentiel de la lubrification est l'huile, composé de lubrifiant de base qui peut être d'origine minérale, synthétique, semi-synthétique ou végétale auquel sont ajoutés de nombreux additifs pour améliorer les propriétés physico-chimiques. Pendant le fonctionnement du moteur, l'huile perd ses qualités lubrifiantes par dégradation ou par contamination, d'où la nécessité d'analyser sa qualité pendant le fonctionnement. Ces derniers retiendront notre attention au prochain chapitre.

CHAPITRE II : DIFFERENTES METHODES D'ANALYSES

INTRODUCTION

La caractérisation des échantillons et la détermination de leur paramètres physico-chimiques est aujourd'hui l'une des préoccupations majeures des laboratoires du monde entier. C'est le cas des échantillons d'huile moteur qui sont le plus souvent soumis à différentes analyses (indice d'acide, viscosité, teneur en contaminants...). Ces analyses obéissent à des méthodes qui vont des plus simples aux plus complexes. La précision et la rapidité de ces tests font partie des critères de choix de la méthode. Dans ce chapitre, nous allons principalement développer quelques méthodes d'analyse d'huile moteur et terminer par une synthèse des travaux existants.

2-1. METHODES D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'HUILE MOTEUR

En général, les analyses peuvent être globales (détection par rapport à un seuil) ou par élément (diagnostic). Non seulement l'analyse d'huile en service renseigne sur son comportement dans les mécanismes lubrifiés, mais aussi donne une indication sur les particules véhiculées. L'analyse physico-chimique permet de connaître la composition chimique des échantillons, la concentration des particules présentes dans le lubrifiant (la teneur en métaux, la dilution avec le carburant, etc.) et les propriétés du lubrifiant telles que : la viscosité, la teneur en eau, le TAN-TBN et la densité.

2-1-1. Chromatographie

2-1-1-1. Description

La chromatographie d'absorption est une technique de séparation des composés basée sur la différence d'affinité existant entre ces composés. Il existe deux phases dans le processus, la phase mobile qui entraîne les composés et la phase stationnaire. En effet selon la plus ou moins grande affinité entre les solutés et la phase stationnaire ou mobile, les

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

constituants du mélange migrent à des vitesses différentes et sont ainsi séparés. La chromatographie sur colonne utilise une phase stationnaire introduite dans une colonne de verre ; technique utilisée pour séparer et purifier les différents constituants d'un mélange. Elle fut découverte en 1906 par le botaniste russe Mikhail Tswett qui montra qu'on pouvait séparer les colorants végétaux en faisant passer leur solution dans l'éther de pétrole à travers une colonne remplie de carbonate de calcium [24].

On peut classer les méthodes chromatographiques d'après la nature des phases utilisées :

- la chromatographie en phase liquide (CPL): la phase mobile est un liquide ;
- la chromatographie en phase gazeuse (CPG): la phase mobile est un gaz ;
- la chromatographie en fluide supercritique (CFS): fluide supercritique.

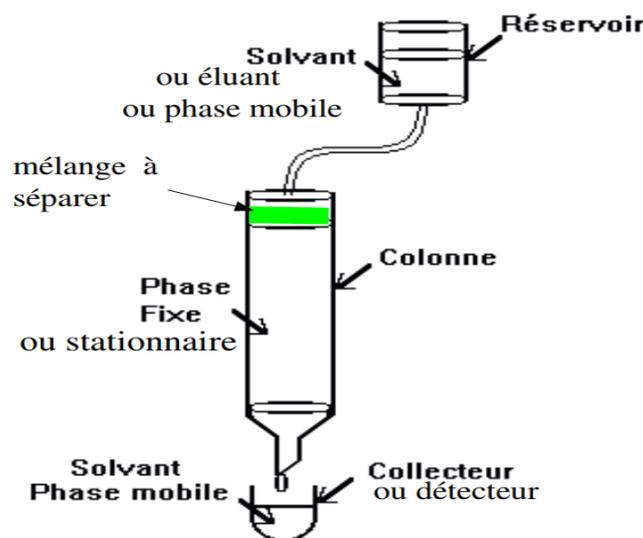


Figure 2.1 : Chromatographie d'éluion sur colonne [24]

2-1-1-2. Application sur l'huile usagée

On place un morceau de coton au fond de la colonne que l'on recouvre d'éluant afin d'éliminer l'air emprisonné dans le coton, on ajoute un demi centimètre de sable environ au-dessus du coton afin que la phase stationnaire (solution de silice) ne puisse pas s'échapper de la colonne considérant que le sable n'a pas les propriétés absorbantes, en suite on remplit la colonne avec la phase stationnaire en réalisant une suspension de silice dans le premier éluant qui est l'eau salée. Le gel ainsi formé est introduit dans la colonne à l'aide d'un entonnoir, on rince avec l'éluant et on laisse s'écouler, puis on verse en tête de colonne un

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

demi centimètre de sable au-dessus de la surface du silice, cette couche permet de réaliser les dépôts et d'ajouter de l'éluant sans perturber la surface de silice ce qui empêcherait une bonne séparation tout en évitant de sécher la phase stationnaire par la présence régulière de l'éluant. On ramène le niveau de l'éluant au niveau de la surface du sable. On peut alors déposer délicatement l'huile moteur en haut de colonne à la pipette pasteur afin de ne pas perturber la surface de silice, ainsi, on ouvre le robinet pour que l'huile arrive au niveau de la silice. On rajoute quelques millilitres d'éluant et on ouvre de nouveau le robinet afin de s'assurer que toute la solution soit en tête de silice. Après avoir récupéré le carburant. On change de d'éluant pour récupérer l'eau.

2-1-2. Méthode colorimétrique

La colorimétrie est la mesure de l'intensité de coloration de certains corps. C'est une méthode utilisée lorsque l'on veut contrôler des niveaux de pollution relativement élevé dans les échantillons (en particulier pour de l'huile de lubrification) et lorsqu'une très grande précision n'est pas requise. L'analyse peut se faire sur le site [24].

L'analyse consiste à filtrer à travers une membrane, un volume connu et toujours identique du fluide à contrôler (généralement 100 ml) et on y ajoute un réactif spécifique qui réagit avec l'échantillon en lui donnant une couleur caractéristique. Pour connaître le taux de polluant, il suffit de comparer la couleur obtenue à une couleur étalon réalisé préalablement. Plus ce polluant est important plus la couleur est intense.

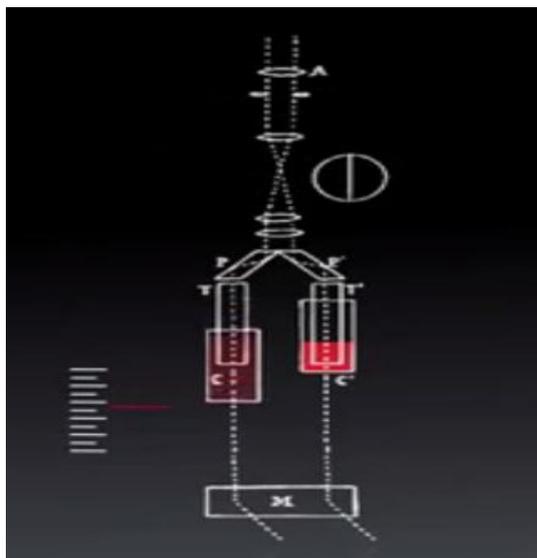
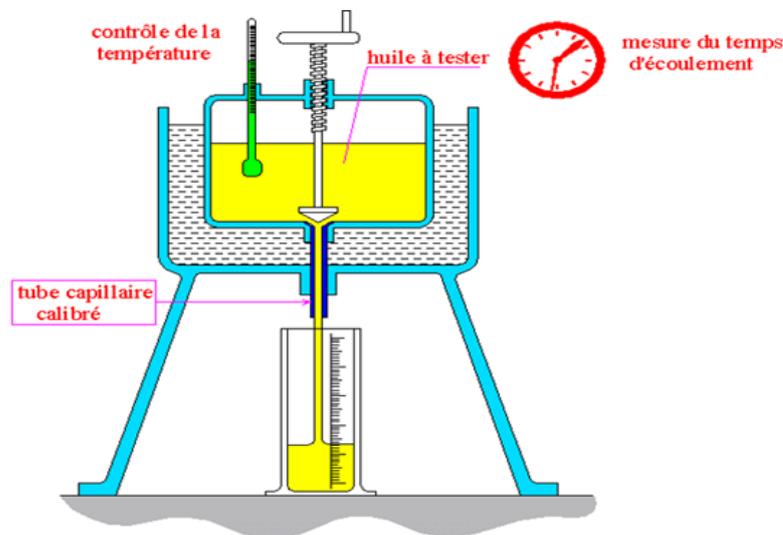


Figure 2.2 : Schéma de principe colorimétrique [7]

2-1-3 Viscosimétrie

La viscosité est une propriété qui conditionne l'emploi de l'huile dans la majorité des cas. Sa notion implique celle du mouvement d'un fluide, car elle peut être cinématique ou dynamique. La Viscosité cinématique (ν) est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (tube calibré ou tube capillaire) de dimensions normalisées [7].



La viscosité dynamique (μ) varie en fonction de la pression p . Elle caractérise les couches de lubrifiant à frotter ou à glisser les unes sur les autres, c'est aussi le produit de la viscosité cinématique ν par la masse volumique du fluide ρ :

$$\mu = \rho \nu \quad (2.1)$$

2-1-4. Méthode spectroscopique

La spectroscopie est une technique d'analyse des molécules qui repose sur les interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique. Elle présente les avantages de nécessiter de petites quantités, elle est non destructive et très précise.

2-1-4-1. L'évolution de la spectroscopie

Isaac Newton est le fondateur de la spectroscopie. Il a été le premier à comprendre en 1666 que l'étalement des couleurs, constituant les sept couleurs de l'arc en ciel, par un prisme, est lié à la nature de la lumière. Ces couleurs sont en fait une succession de radiations visibles de longueurs d'onde continuellement variables. Le premier spectroscope fut construit par Isaac Newton. En 1800, William Herschel a découvert les effets thermiques du rayonnement infrarouge. En 1803, Inglefield suggéra qu'il pouvait y avoir des rayons invisibles au-delà du violet. L'existence de ces rayons ultraviolets fut démontrée par Ritter et Wollaston. La spectroscopie a réellement débuté avec Bunsen et Kirchhoff (1824-1887). Une des premières applications de la spectroscopie fut d'essayer de mettre en exergue la composition chimique du Soleil et des étoiles. Au début du XXe siècle, le développement des appareillages a permis une grande utilisation de la spectroscopie pour diverses applications [25].

2-1-4-2. Importance de la spectroscopie

Les techniques de spectroscopie sont utilisées pour :

- ❖ l'identification des composés chimiques dans un échantillon
- ❖ détermination des groupes fonctionnels de la molécule
- ❖ détection d'un contaminant dans une solution et vérifier la pureté du produit
- ❖ évaluation de la concentration des substances

2-1-4-3. Les approches utilisées

• La spectroscopie d'émission

Un système d'énergie E_j peut émettre spontanément un photon pour descendre sur un niveau inférieur E_i tel que :

$$h\nu = E_j - E_i \quad (2. 2)$$

• La spectroscopie d'absorption

Si un système matériel est soumis à l'action d'un faisceau de lumière d'énergie donnée, un photon peut être absorbé. Le système passe du niveau d'énergie E_j au niveau E_i :

$$h\nu = E_j - E_i$$

(2. 3)

- **La spectroscopie de diffusion**

Le choc entre la matière et une radiation de fréquence ν peut renvoyer le photon dans une autre direction, avec ou sans modification de son énergie ; on dit qu'il y a diffusion.

Lorsque l'énergie n'est pas changée, le choc est dit élastique. Ceci correspond à la diffusion Rayleigh ou diffusion élastique, qui conserve la fréquence de l'onde incidente (ν_0 fréquence de l'onde diffusée) [26].

Lorsque le photon emprunte ou cède de l'énergie au système, qui passe d'un état E_i à un état E_j , le choc est dit inélastique. Ce phénomène porte le nom de diffusion Raman [27].

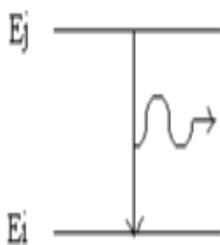


Figure 2.4.a : Emission

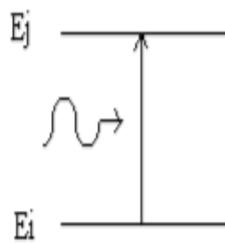


Figure 2.4.b : Absorption

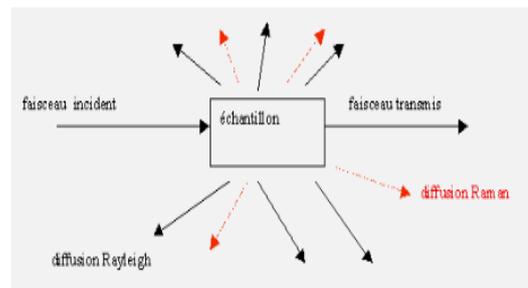


Figure 2.4.c : Diffusion

2-1-4-1. Spectromètre

Le spectromètre (ou spectrophotomètre) est un appareil qui enregistre l'absorption d'une radiation. L'appareil est conçu de façon à ce qu'une radiation de longueur d'onde bien déterminée traverse l'échantillon étudié. La fréquence de ce faisceau incident est modifiée progressivement et l'intensité de la lumière transmise est mesurée, par rapport à un faisceau de référence, par un détecteur. En l'absence d'absorption : ligne droite appelée ligne de base. A chaque fois que l'échantillon absorbe la lumière incidente, il apparaît un « pic ».

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

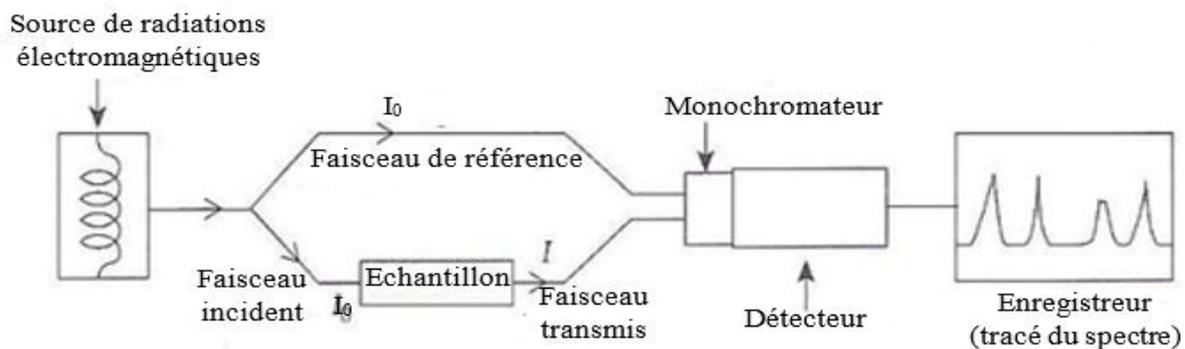


Figure 2.5 : Principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre à double faisceau [27]

2-1-4-2. Le spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique représente la répartition des ondes électromagnétiques allant des rayons x aux ondes radio en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie associé aux méthodes spectroscopiques en Figure 2.6.

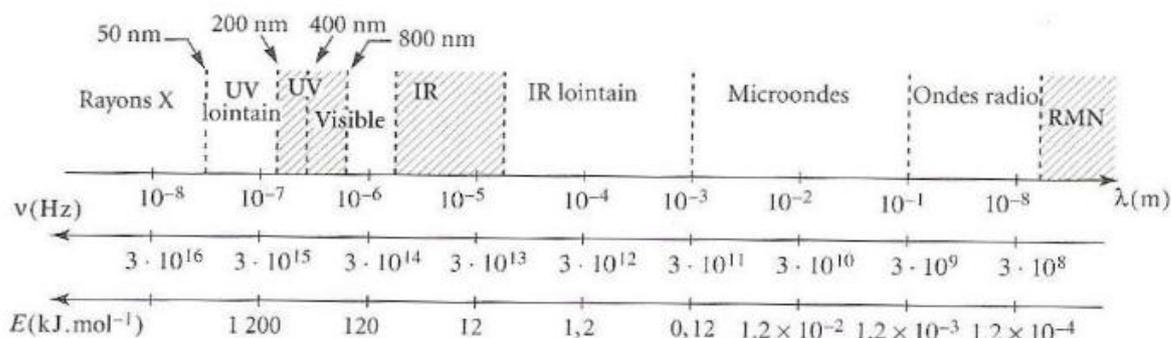


Figure 2.6 : Spectre électromagnétique [25]

2-1-4-3. Les principales méthodes spectroscopiques d'absorption

Les principales méthodes spectroscopiques sont les suivantes :

- ✓ la spectroscopie ultraviolette-visible (UV-Vis) : pour l'analyse d'une molécule ou d'un ion connu (détermination de la concentration de la molécule par exemple) ;
- ✓ la spectroscopie infrarouge (IR) : pour la détermination des groupes fonctionnels de la molécule ;

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- ✓ la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN): pour l'identification de la structure du composé (formule développée et stéréochimie de la molécule) ;
- ✓ la spectroscopie de masse (SM): pour la détermination de la masse de la molécule et sa composition atomique. [27]

2-1-4-4. Spectrométrie de détection des métaux

Cette analyse permet de connaître l'état de pollution d'une huile par la détermination de teneurs en particules présentes (nickel, aluminium, fer, chrome, molybdène, cuivre, plomb...). La concentration des différents éléments présents dans l'huile est exprimée en PPM (1PPM=0,0001%).

2-1-4-4-1. Spectroscopie d'émission atomique de flamme (AES) et d'absorption atomique de flamme (AAS)

Parmi les méthodes spectroscopiques, l'AES et l'AAS sont particulièrement utiles pour effectuer des analyses des huiles. Il s'agit de méthode relativement peu coûteuse, qui présente une sensibilité suffisamment élevée pour la détermination des principaux métaux dans la plupart des systèmes de lubrification [26].

Dans les deux cas, l'échantillon est aspiré à travers un capillaire à l'aide d'un gaz (l'air) ou comburant. Le capillaire amène la solution dans le nébuliseur dont le rôle est de produire un aérosol (solution-gaz) dans lequel les gouttes sont les plus fines possible. L'aérosol est mélangé ensuite avec un complément d'air et combustible (couramment acétylène) dans une chambre de pré-mélange. Ce mélange arrive à la base du brûleur et pénètre ensuite dans une flamme laminaire où s'effectuera l'atomisation. Lorsque la solution est pulvérisée dans la flamme, l'eau et le solvant s'évaporent, les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme (2500 °K).

Dans le cas de l'AAS, c'est l'absorption d'une source de lumière à la longueur d'onde caractéristique de l'élément mis à l'état d'atomes neutres en phase vapeur. La source de lumière qui traverse la flamme est constituée par une lampe à cathode creuse, dont la longueur d'onde de l'émission correspond à l'élément à doser. Le rapport des intensités

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

incidente et transmise, est proportionnel à la quantité d'atomes de l'élément à doser et permet de déterminer sa concentration dans la solution par rapport à la gamme de calibration.

Dans le cas de l'AES, il n'y a pas de source lumineuse. C'est la mesure de l'intensité de l'émission spontanée des espèces excités qui permet d'en déduire la concentration par étalonnage préalable.

2-1-4-4-2. Spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (ICP-AES)

a) Émission de plasma

Le plasma constitue le quatrième état de la matière. Ce n'est autre qu'un gaz ionisé contenant les électrons libres, des photons, des ions et des espèces atomiques ou moléculaires neutres. Ces particules chargées du plasma peuvent interagir entre elles à grande distance, la force de répulsion ou d'attraction coulombienne étant la principale interaction entre les particules. Un plasma est caractérisé par sa température, sa densité électronique et sa pression. Au cours de sa vie, le plasma émet des radiations et le spectre de ces radiations est différent selon l'instant d'observation [28].

b) La spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (ICP-AES)

Les matériaux solides sont préalablement soumis à une dissolution. L'analyse par ICP-AES mesure les radiations émises par les atomes excités ou ionisés. Le rayonnement émis est spécifique d'un élément donné et son intensité est proportionnelle à sa concentration. Pour être excité, l'échantillon est nébulisé sous argon puis injecté dans une torche plasma où l'application d'un champ issu d'un générateur radio fréquence permet la création d'un plasma. Les températures atteintes par le plasma sont de l'ordre de 5000 à 10000 °K. Dans les cas d'échantillons contenant des matières en suspension ou pour des sédiments une mise en solution est nécessaire. Le principal avantage de l'ICP-AES est d'être pratiquement insensible aux effets de matrice. Cette technique multi-élémentaire se caractérise aussi par une très grande sensibilité jusqu'au µg/L [30]. Les principales composantes d'un ICP-AES sont:

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- un système d'introduction d'échantillon;
- une torche ICP ;
- un générateur radio fréquence ;
- un système optique qui permet d'acquérir des spectres d'émission du plasma ;
- un système de traitement de signal qui permet l'analyse qualitative et quantitative à partir du rayonnement émis.
- interférences entre pics : le pic de l'élément à analyser est situé à proximité d'un pic d'un autre élément ;
- interférence pic/fond : l'élément interférent provoque une montée du fond dans la zone où se trouve le pic.

2-1-4-4. La Spectroscopie de plasma induit par laser LIBS « Laser-Induced Breakdown Spectroscopy »

Elle consiste à concentrer l'énergie d'un laser sur le matériau à analyser afin d'obtenir des éclaircissements (densité surfacique de puissance) de l'ordre du GW/cm^2 . Ceci est réalisé en focalisant un faisceau laser pulsé dont l'énergie est temporellement concentrée sur une durée courte de quelques nanosecondes (ns) à la femtoseconde (fs). Si l'éclaircissement dépasse le seuil d'ablation du matériau, il se produit une éjection de matière au niveau de l'interaction laser/surface. Dans le cas des lasers de durée nanoseconde, une interaction laser/matière-ablatée se produit contribuant à exciter et ioniser la matière. Cette interaction permet d'initier un plasma électriquement neutre composé d'atomes et d'ions excités. Lors de son expansion dans le gaz environnant, le plasma se refroidit en émettant des rayonnements caractéristiques des atomes et des ions présents dans le plasma. Le spectre d'émission UV-visible ainsi émis lors de cette phase est collecté puis transmis par une optique de transfert vers un spectromètre optique permettant d'analyser la lumière collectée. Les raies d'émission de ce spectre permettent l'identification des éléments et la quantification est possible après un étalonnage [31].

2-2. CONCEPT DE L'IMAGE

La définition d'une image avec sa notion connexe de résolution définit le niveau de détails qui seront visibles dans l'image. Pour une taille donnée, plus il y aura de pixels, plus

il y aura de détails fins visibles. On dit que plus une image a de pixels, plus elle est de grande qualité. Une image numérisée avec une définition de 640×480 pixels (donc contenant 307 200 pixels) apparaîtra très approximative et sous forme d'un pavage de petits carrés de couleur, par comparaison à une image de 1280×1024 px (1 310 720 pixels) [34].

2-2-1. Les caractéristiques de l'image

2-2-1-1. Pixel

Le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression [34].

2-2-1-2 HISTOGRAMME

Un histogramme peut être graphique ou numérique, il indique la fréquence de répétition d'une valeur radiométrique dans une image et donne l'allure générale sur la dynamique de l'image et sert à déterminer les seuils pour future étalement de la dynamique [35].

2-2-1-3 Histogramme cumulé

L'histogramme cumulé d'une image est le calcul du taux (pourcentage) de pixels ayant une valeur inférieure à un niveau de couleur donné, pour chaque niveau de couleur (ou de gris) d'une image, et ce pour chaque canal Rouge Vert Bleu de l'image [36].

2-2-1-4 Le Contraste

Le contraste est une opposition entre deux choses, Le contraste est un caractère de la répartition lumineuse d'une image ou entre deux points d'une image (ou « pixels », en photographie numérique) [35].

2-2-1-5 L'étalement dynamique de l'image

L'étalement de la dynamique permet de faire étaler la dynamique entre 0 et 255 d'une image qui a une dynamique réduite (mauvaise interprétation). Il sert surtout pour une amélioration de contraste (interprétation aisée) ou pour d'autres traitements comme la composition colorée, les classifications, etc.

Prenons comme exemple l'étalement linéaire de la dynamique, elle se résume par la formule suivante :

$$\mathbf{ImC(i, j)} = (\mathbf{ImB(i, j)} - \mathbf{Min} / \mathbf{Max} - \mathbf{Min}) * 255 \quad (2.4)$$

ImC(i, j) : image étalé

ImB(i, j) : image brute

Min : minimum de pixel de l'image

Max : maximum de pixel de l'image

2-2-2. Filtrage

Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image, généralement dans le but d'améliorer son aspect. En pratique, il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine. [35]

L'objectif principal du filtrage est d'améliorer la qualité visuelle de l'image ou extraire des attributs de l'image, en modifiant la valeur de niveau du gris d'un pixel en fonction de la valeur de ses voisins, les éléments significatifs de l'image doivent être préservés au mieux.

Les voisinages du pixel à traiter est fonction de la forme du masque choisi par le filtre.

La figure suivante donne quelques exemples de masques (les cases en vert : le pixel central, les cases oranges : les pixels voisins)

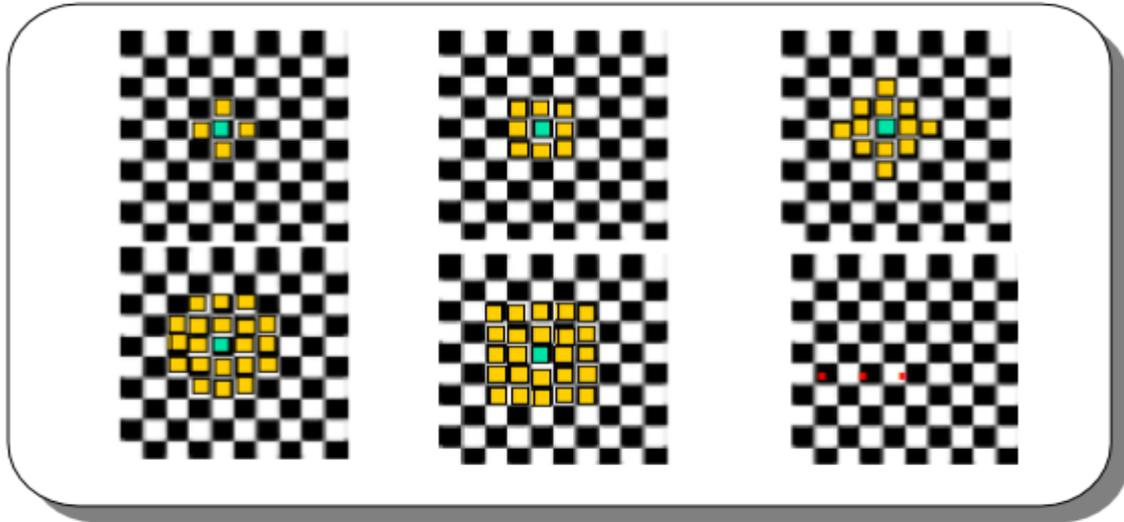


Figure 2.7 : Exemple de forme de masque.

2-3. SYNTHÈSE DES TRAVAUX EXISTANTS

2-3-1. Travaux sur la viscosité par traitement d'image

2-3-1-1. TEUMA DJIELA Edouard [*STUDY OF THE DEGRADATION OF USED ENGINE OIL VISCOSITY BY IMAGE PROCESSING, 2014*] et **MANGOUA MANGOUA Alex Paulin, KENGUE Florent** [*IMPROVEMENT OF STUDY OF THE DEGRADATION OF USED ENGINE OIL VISCOSITY BY IMAGE PROCESSING, 2015, 2016*]

a) Présentation des travaux

Dans le cadre de leur projet de fin d'étude à l'ENSET de BAMBILI de l'université de BAMENDA, ils se sont proposé de déterminer la viscosité cinématique de l'huile moteur à travers le traitement d'image microscopique via le logiciel *MATLAB*. Ils utilisent la relation entre la viscosité du laboratoire et les paramètres de texture de l'image pour prédire la viscosité d'une huile moteur. Et la méthode utilisée dans ces travaux est une estimation basée sur les méthodes d'analyse statistique des descripteurs de textures faite à partir d'un seul type d'huile moteur: le QUARTZ 5000 SAE 20W50. Ceux-ci procèdent à la corrélation entre les différents paramètres de l'image et la viscosité cinématique et ils relèvent que l'énergie et la moyenne sont les paramètres qui ont la meilleure corrélation.

b) Présentation des limites des travaux de TEUMA, MANGOUA et KENGUE

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Bien que la détermination de la viscosité par le traitement d'image microscopique ouvre d'autres horizons à la surveillance des huiles moteur, ces travaux présentent néanmoins des limites non négligeables dont les plus importantes sont les suivantes :

- Les images analysées sont celles obtenues par le microscope et qui ne rendent pas compte des effets spectroscopiques (interaction lumière-matière)
- Ces études de viscosimétrie n'ont pas été affichées au tableau de bord pour informer le conducteur sur la qualité d'huile et la période de vidange.

2-3-1-2. AGOSTON ET AL [*PRESENT IN THE VISCOSITY SENSORS FOR ENGINE OIL CONDITION MONITORING-APPLICATION AND INTERPRETATION OF RESULTS*, 2005] (Les capteurs de viscosité pour la surveillance de l'état de l'huile moteur - Application et interprétation des résultats).

a) Présentation des travaux de AGOSTON ET AL

AGOSTON ET AL examinent divers principes de capteurs pour la surveillance en ligne du vieillissement thermique des huiles moteur. L'un des paramètres étudiés est la viscosité de l'huile de lubrification, qui peut être mesurée efficacement à l'aide de capteurs micro acoustiques. Comparés aux viscosimètres conventionnels, ces capteurs explorent un domaine rhéologique différent, qui doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats de mesure. Ce comportement spécifique est examiné en recherchant systématiquement les huiles moteur avec et sans additifs ajoutés à un processus de vieillissement artificiel défini.

b) Présentation des limites des travaux de AGOSTON ET AL

Certes, Les capteurs micro acoustiques explorent un domaine rhéologique différent, elle présente les limites suivantes :

- L'absence de précision dans la mesure de la viscosité (utilisation d'une aiguille non graduée)
- Système dépendant des capteurs acoustiques ultrasensibles

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

2-3-1-3. JOSE CARLOS DIAZ ROSADO [Étude et développement de la spectroscopie d'émission optique sur plasma induit par laser pour la réalisation d'analyses de terrain: application à l'analyse en ligne de métaux dans les liquides, 2013]

a) Présentation des travaux de JOSE CARLOS DIAZ ROSADO

Dans ses travaux de thèse à l'université Paris Sud, il étudie les potentialités de la spectroscopie sur plasma induit par laser (LIBS) pour l'analyse des métaux dissous ou en suspensions dans les eaux. Pour cela il réalise un protocole d'optimisation du système pour l'analyse des éléments : Al, Cu, Cr, Pb. En se basant sur la variation du rapport S/B (signal/bruit) des raies d'émission les plus intenses, non interférées et non auto-absorbées, il optimise les conditions opératoires en fixant un retard optimal entre le tir laser et l'acquisition du signal de 1 μ s et une porte de mesure de 2 μ s. Les résultats montrent que, malgré la bonne corrélation entre la concentration en aluminium total et l'intensité du signal, les pentes des droites d'étalonnages diminuent lorsque le diamètre nominal des particules augmente.

b) Présentation des limites des travaux de JOSE CARLOS DIAZ ROSADO

En dépit du fait que la spectroscopie des plasmas induits par Laser permette d'analyser les échantillons sans préparation préalable ce qui constitue un gain en temps d'analyse et la possibilité de réaliser des analyses à distance et des mesures *in situ*, quelques limites peuvent être observées :

- Le matériel utilisé est onéreux ce qui ne facilite pas son acquisition
- L'expérience faite a été porte sur les métaux en dissous ou suspendus dans l'eau, alors qu'une telle étude peut être étendue aux huiles moteur

2-3-1-4. JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR [NEW RAPID METHOD FOR THE DETERMINATION OF TOTAL ACID NUMBER (TAN) OF BIO-OILS, 2015]

a) Présentation des travaux de JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR

Dans cette article publié dans COLUMBIA INTERNATIONAL PUBLISHING le journal américain de la biomasse et de la bioénergie le 17 juin 2015, **JINGAI SHAO AND**

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

FOSTER A AGBLEVOR utilisent la méthode ASTM D664 (déclanchement de la vidange lorsque le taux d'acide devient très important) pour la détermination du TAN dans laquelle l'hydroxyde de potassium (0,1 M KOH) dans une solution alcoolique et d'acétone a été utilisé comme titrant standard comme spécifié dans la méthode ASTM. Quatre échantillons de bio-huile ont été analysés pour leur TAN la méthode ASTM à des fins de comparaison.

b) Présentation des limites des travaux de JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR

L'usage de la méthode ASTM D664 est très répandu, pour la précision de ses mesures, mais nous pouvons y relever quelques limites :

- Protocole expérimental complexe
- Dispositif onéreux

2-3-1-5. **DONGMO KEMGUI MICHEL LOÏC** [Etude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'image 2020]

a) Présentation des travaux

Dans le cadre de son mémoire de fin d'étude à l'ENSET d'Ebolawa de l'université de Yaoundé 1, il sait proposer d'étudier la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'image sur MATLAB, analyse des propriétés physico-chimiques. Plusieurs analyses ont été faites à l'instar de la viscosité, la TBN, les teneurs en eau, suie, carburant, particules en métaux et les additifs. Par la suite il a interprété les résultats physico-chimiques du laboratoire et calculé le facteur de dégradation prépondérant ce qui lui a permis de ressortir les caractéristiques physico-chimiques présentant un grand facteur de dégradation (viscosité, particules en métaux)

b) Présentation des limites des travaux de DONGMO KEMGUI MICHEL LOÏC

Bien que l'étude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'image sur MATLAB ouvre d'autres horizons à la surveillance des huiles moteur, ces travaux présentent néanmoins des limites non négligeables dont les plus importantes sont les suivantes :

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- Le système n'est pas intégré sur le véhicule
- L'utilisation nécessite une certaine compétence
- Pas accessible à tous

CONCLUSION

Après avoir cité les différentes méthodes d'analyse et présenter les travaux existant sur l'étude des huiles moteur, nous allons mettre sur pied un analyseur physico chimique d'huile moteur qui semble plus indiquée pour la détection de la dégradation progressive d'huile incorporé sur véhicule. La conception de cet analyseur d'huile nous permettra de visualiser la dégradation progressive d'huile, en fonction de sa viscosité, la densité, la coloration et le taux d'impureté. Ces caractéristiques seront déterminées au chapitre suivant après dimensionnement.

CHAPITRE III :

ETUDE DE CONCEPTION DE L'ANALYSEUR D'HUILE

INTRODUCTION

Une utilisation régulière et correcte des huiles lubrifiantes peut augmenter considérablement la longévité et la rentabilité d'une machine [47]. C'est fort de cette raison que ce chapitre présente la conception que nous pouvons définir comme étant une manière d'analyser les éléments, les concevoir, avoir une pensée de production. Ayant pour but de la réaliser. Notre l'analyseur est un ensemble d'éléments électrique nécessaire à informer au conducteur et l'agent de maintenance sur la dégradation progressive de l'huile moteur de façon analogique et lumineux. Ou à chaque augmentation de la viscosité à une certaine température le conducteur aurait un signal d'information de dégradation progressive d'huile moteur à la vidange, pour mettre cela sur pied nous avons besoin de plusieurs éléments que nous citerons par la suite et leurs fonctions. Pour la conception de notre prototype, nous nous baserons de trois caractéristiques d'huile à savoir : la viscosité, la densité et les particules de l'huile moteur et la présentation du capteur rhéonic.

3. la conception

3.1 La viscosité

La viscosité est la caractéristique la plus importante d'un fluide, et surtout pour les huiles moteur. Elle est définie comme le rapport de la force de cisaillement et l'épaisseur des films d'huile. La viscosité se caractérise par la résistance du fluide à l'écoulement aux fortes températures [18].

3.1.1. Index (ou indice) de viscosité [21]

L'index ou indice de viscosité (IV ou VI) caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température et permet de juger la tenue à chaud et à froid des huiles. Un IV de 100 indique une très faible variation de la viscosité, un IV de 0, une très grande variation ou une grande sensibilité à la température.

Pour une huile moteur, un IV élevé est un bon indicateur pour des démarrages faciles et des mises en régime rapides aux basses températures. L'IV est un coefficient obtenu en comparant la viscosité à 40°C de l'huile testée, en cSt, à celles de deux huiles de référence, l'une asphaltique et l'autre paraffinique, ayant toutes deux mêmes viscosités à 100°C que l'huile testée.

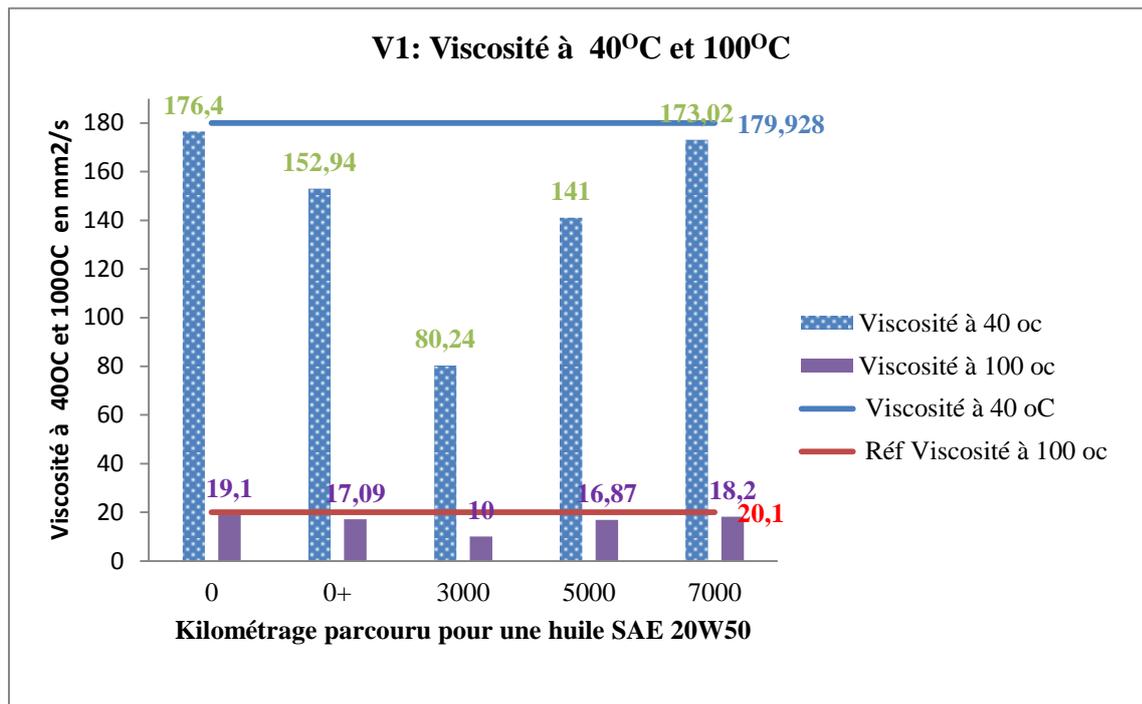


Figure 3.1 : viscosité v1 [21]

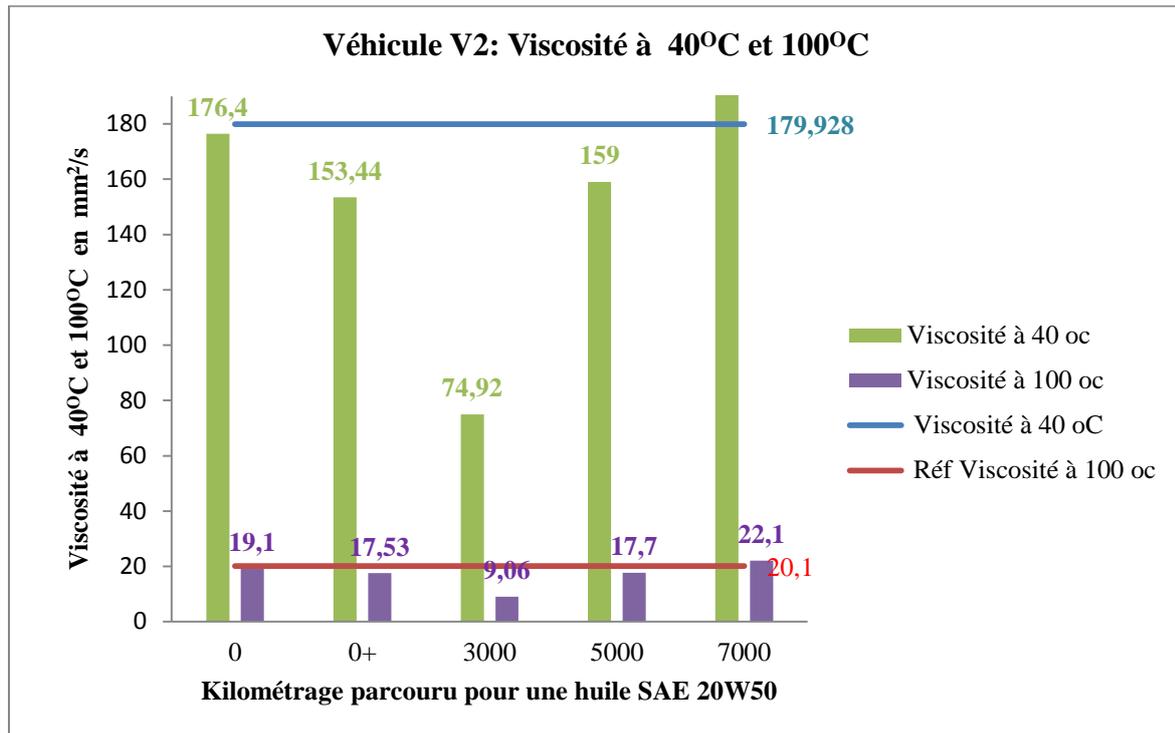


Figure 3.2 : viscosité V2 [21]

3.1.1.1. Interprétations des courbes

Sur la **figure**, nous observons les viscosités de l'huile usagée à 40 et 100. Il est toujours important de noter ces températures auxquelles la viscosité est mesurée, car celle-ci change en fonction de la température. Plus la température augmente plus la viscosité diminue. La viscosité en cours de service d'une huile peut alors rester stable, augmenter ou diminuer. Ces viscosités diminuent de 0 à 3000 Km pour ce véhicule et augmentent rapidement au-delà de cette valeur traverse le seuil de vidange de $20,1 \text{ mm}^2/\text{s}$ (**figure 3.2**) pour le cas des viscosités à 100 et $179,928 \text{ mm}^2/\text{s}$ pour ce qui est des viscosités à 40.

3.1.1.2. Conclusion d'interprétation

Entre 0 et 3000 km, la viscosité de l'huile usagée diminue. Cette diminution peut être le fait de la dilution de l'huile par le carburant, une petite quantité ayant un effet sensible sur la chute de viscosité. Elle peut aussi provenir, mais pour une faible part, de la dégradation des additifs d'indice de viscosité utilisés à teneur élevée. Au-delà de 3000 km, nous

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

assistons à une augmentation de la viscosité qui pourrait être due à la présence de produits d'oxydation, des particules métalliques et de matières carbonneuses.

3.2 Densité

La densité est le rapport entre la masse volumique du produit à une température donnée, et la masse volumique du corps de référence qui est en générale celle de l'eau, à une température standard.

3.3 Teneur en métaux [21]

Elle constitue l'ensemble des éléments présent dans l'huile moteur usagée pour cela nous nous limitons à trois métaux présent à savoir : le fer, l'aluminium et le cuivre.

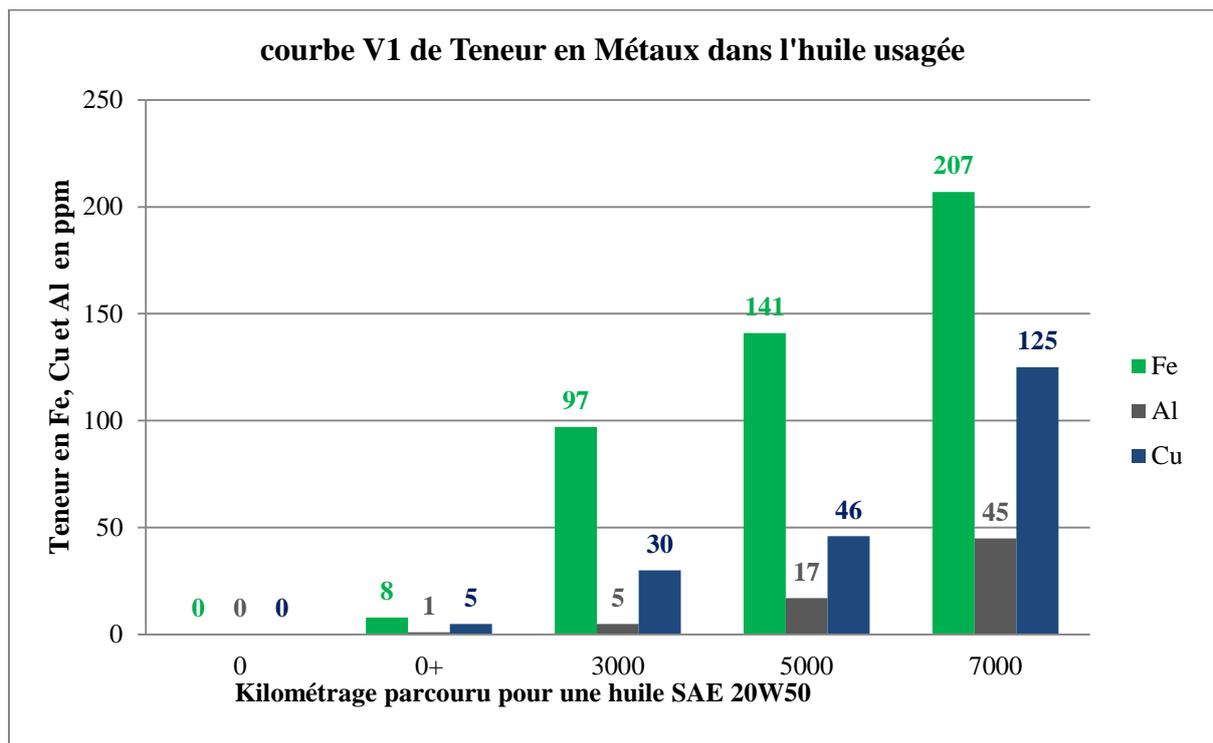


Figure 3.3 : teneur en métaux V1 [21]

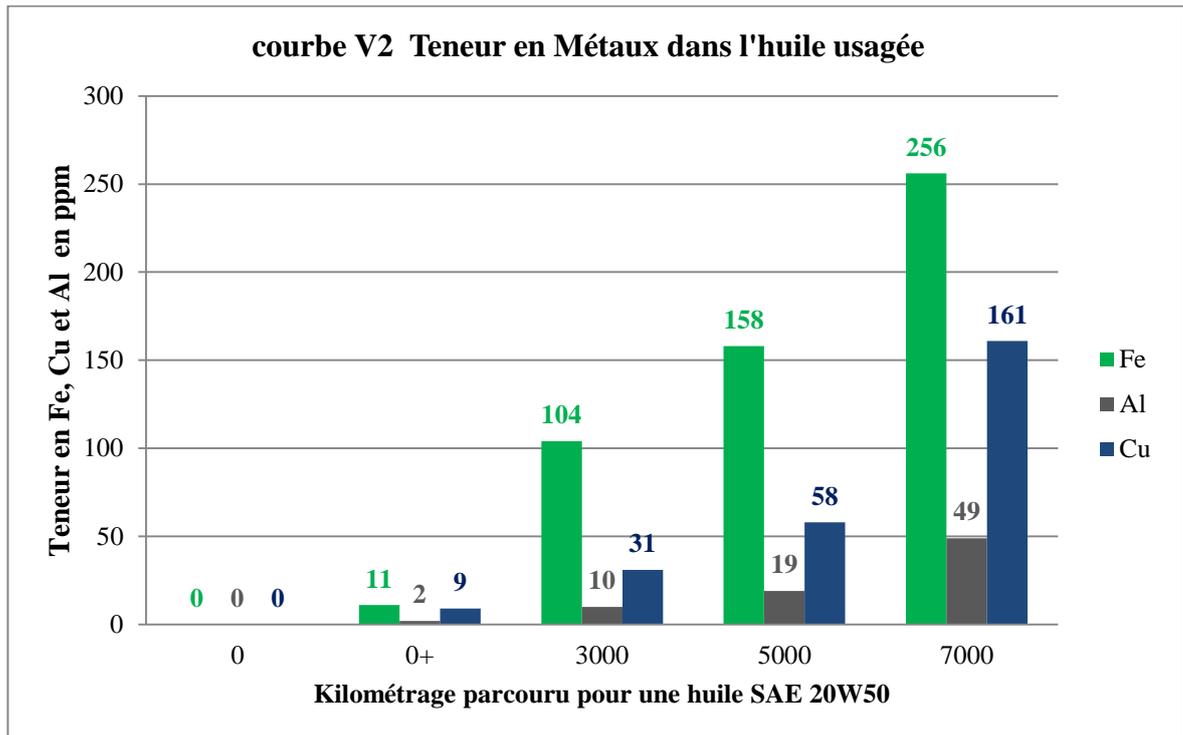


Figure 3.4 : teneur en métaux V2 [21]

3.3.1. Interprétations de la courbe

Pour cette caractérisation, nous avons procédé la détermination de la teneur en métaux (métaux d'usure). les **figures 3.4 et 3.5**, sont des représentations graphiques des mesures de concentration en métaux de contamination Fe, Al et Cu dans l'huile moteur données par le spectroscope d'émission à flamme du centre de physique atomique, moléculaire, optique et quantique de l'université de Douala(CEPAMOQ). Dès lors on observe une augmentation de la teneur en métaux en fonction du kilométrage parcouru et de l'âge du véhicule. En outre, la teneur en métaux est plus grande dans la figure 2 cas le véhicule est plus âgé. Et il apparaît également que le fer est le contaminant le plus abondant dans les échantillons d'huile usagée, suivi du cuivre et enfin l'Aluminium.

3.3.2. Conclusion d'interprétation

A cette analyse des teneurs en métaux et au vu du temps de service de l'huile indiquée (0, 3000, 5000,7000 Km) nous relevons une l'augmentation de la teneur en fer en grande proportion qui proviendrait de l'usure anormale des segments, des soupapes, l'axe de

la bielle et l'arbre à came. La présence de l'Aluminium pourrait s'expliquer par l'usure des chemises du bloc moteur en alliage d'aluminium et de la culasse. La teneur en cuivre serait une résultante de la dégradation des coussinets, des paliers en Bronze.

3.4 Conception de l'analyseur.

La conception est une opération qui consiste à prendre les paramètres de tous les éléments nécessaire à la réalisation du notre prototype, dans notre cas nous allons plus nous baser sur le rayonnement infrarouge, lampe LDR, la carte Arduino, le carter d'huile et l'afficheur LCD.

3.4.1. Le rayonnement infrarouge :

3.4.1.1 Définition [42]

Le nom signifie (du latin infra : <<plus bas>>), car l'infrarouge est une onde électromagnétique fréquence inférieur à celle de la lumière rouge (et donc de longueur d'onde supérieure à celle du rouge qui va de 500 à 780nm). La longueur d'onde de l'infrarouge est comprise entre 780nm à 1000000 nm.

L'infrarouge est subdiviser en IR proche (PIR : 780nm a 1400nm), IR moyen (MIR : DE 1400 à 3000nm) et IR lointain (de 3000nm a 1 000 000 nm). Cette classification n'est cependant pas universelle : les frontières varies d'un domaine de compétence à l'autre sans qu'on ne puis donner raison à qui que ce soit. Le découpage peut être lié à la longueur d'onde (ou à la fréquence) des émetteurs, des récepteurs (détecteurs), ou encore aux bandes de transmission atmosphérique.

3.4.3 Fonctionnement et caractéristiques de la LDR

3.4.3.1 Définition

C'est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de l'augmentation de lumière qui l'atteint.

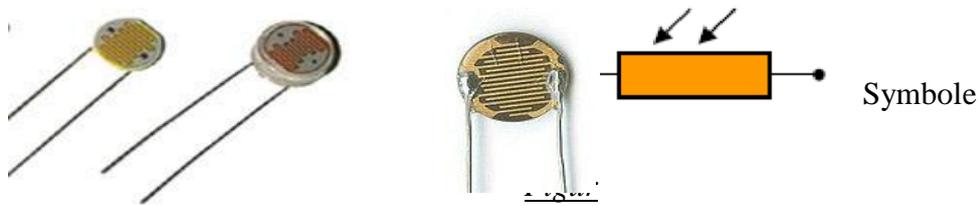


Figure 3.5 : la LDR

Une photo résistance est composée d'un semi-conducteur à haute résistivité. Si la lumière incidente est de fréquence suffisamment élevée, les photons absorbés par le semi-conducteur donneront aux électrons liés assez d'énergie pour sauter dans la bande de conduction, les électrons libres (avec leurs trous d'électron) ainsi produits abaissant la résistance de l'ensemble.

Une résistance est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est de varier à la circulation du courant électrique (mesurée en ohms).

On dit qu'il y a photoconductivité chaque fois que la résistance électrique d'un corps varie lorsqu'on l'éclaire avec des radiations électromagnétiques appartenant à tous les domaines du spectre lumineux (domaine visible, ultra-violet et infrarouge).

Ce phénomène s'observe sur les matériaux semi-conducteurs hautement résistifs. Une lumière avec une fréquence (donc une énergie) suffisante va restituer suffisamment d'énergie aux électrons de la bande de valence pour franchir la bande de conduction. Les électrons résultants et leurs trous associés vont permettre la conductivité électrique, donc la diminution de la résistance.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

3.4.4 Carte Arduino

3.4.4.1 choix de carte Arduino et avantages

Tableau 3.1: comparatif des différentes cartes Arduino [43]

Cartes Arduino Caractéristiques	UNO R3 (classique & CMS)	UNO R3 Ethernet (classique & POE)	Leonardo	Mega 2560	Mega ADK	DUE	Esplora	Mini	Nano	Yun (classique & POE)	Zero PRO
Microcontrôleur	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega2560	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega32u4	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATSAMD21G18
Cadencement Horloge	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	48 MHz
Tension d'entrée	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 9V	7 - 9V	5V	5V
Tension de fonctionnement	5V	5V	5V	5V	5V	3.3V	5V	5V	5V	5V	3.3V
Entrée/Sortie Numérique	14/6	14/4	20/7	54/15	54/15	54/12	⊗	14/6	14/6	20/7	14/12
Entrée-Sortie (PWM) Analogique	6/0	6/0	12/0	16/0	16/0	12/2 (DAC)	⊗	8/0	8/0	12/0	6/1 (DAC)
Mémoire vive (Flash)	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko	256 Ko	512 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko
Mémoire vive (SRAM)	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	8 Ko	8 Ko	96 Ko	2,5 Ko	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	32 Ko
Mémoire morte (EEPROM)	1 Ko	1 Ko	1 Ko	4 Ko	4 Ko	⊗	1 Ko	1 Ko	1 Ko	1 Ko	16 Ko
Interface USB	USB-B mâle	USB-B mâle	Micro-USB	USB-B mâle	USB-B mâle & USB-A pour Android	2 ports micro-USB (Native et programming)	Micro-USB	⊗	Mini-USB	Micro-USB	2 ports micro-USB (Native et programming)
Port UART	1	1	1	4	4	4	⊗	⊗	1	1	2
Carte SD	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Ethernet	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Wi-Fi	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Dimensions	68x53mm	68x53mm	68x53mm	101x53mm	101x53mm	101x53mm	165x60mm	30x18mm	45x18mm	68x53mm	68x53mm

Comme on peut le voir sur le tableau ci-dessus, certaines cartes sortent du lot. Les caractéristiques en rouge sont les paramètres clés pour affiner votre choix sur la carte Arduino à choisir. Tout d'abord, si vous voulez commencer à programmer à moindre coût, alors l'UNO est idéale. Si vous préférez brancher une multitude de capteurs, utiliser plusieurs périphériques en série, alors la Mega est parfaite pour ça, si vous voulez les mêmes propriétés que la Mega mais avec une puissance de calcul supérieure alors c'est plutôt la DUE qu'il vous faut ! Si vous cherchez à miniaturiser votre système, optez pour une Mini ! Enfin, si vous cherchez un véritable ordinateur embarqué comparable à une Raspberry™, la Yun est le choix le plus évident. Remarque : Attention, presque toutes cartes Arduino fonctionnent en 5V sauf l'Arduino DUE et l'Arduino Zero PRO qui fonctionnent en 3.3V.

Notez bien : notre choix porte sur la carte Arduino UNO classique car sa programmation est aisée, le coût d'acquisition est aisé et elle supporte le programme.

3.4.4.2 *présentation de la carte arduino uno [44]*

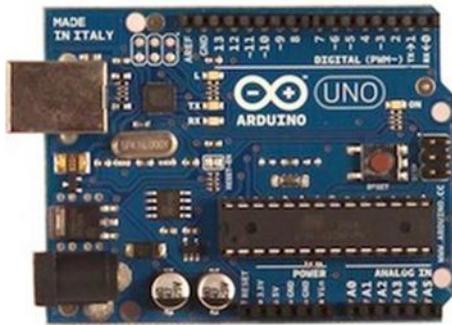


Figure 3.6 : de la carte Arduino

La carte Arduino UNO est une carte à **microcontrôleur** Pour pouvoir l'utiliser, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB, l'alimentation étant fournie par le port USB (on peut aussi l'alimenter avec un adaptateur secteur ou un jeu de piles via le connecteur jack).

Le microcontrôleur est donc un véritable petit ordinateur :

microprocesseur cadencé à 16MHZ mémoire flash \Leftrightarrow disque dur mémoire RAM \Leftrightarrow mémoire vive (RAM) Mémoire EEPROM \Leftrightarrow mémoire morte (ROM) broches Entrée/Sortie \Leftrightarrow ports de communication

Tableau 3.2 : caractéristiques de la carte Arduino UNO

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Consommation maxi admise sur port USB (5V)	500 mA avant déclenchement d'un fusible
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM pour commander les moteurs)

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables aussi en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA par sortie, mais ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Mémoire Programme Flash	32 Ko
Mémoire RAM (mémoire volatile)	2 Ko
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 Ko
Vitesse d'horloge	16 MHz

3.4.4.3 cartes Arduino UNO ces composantes, rôles et fonctionnement [45]

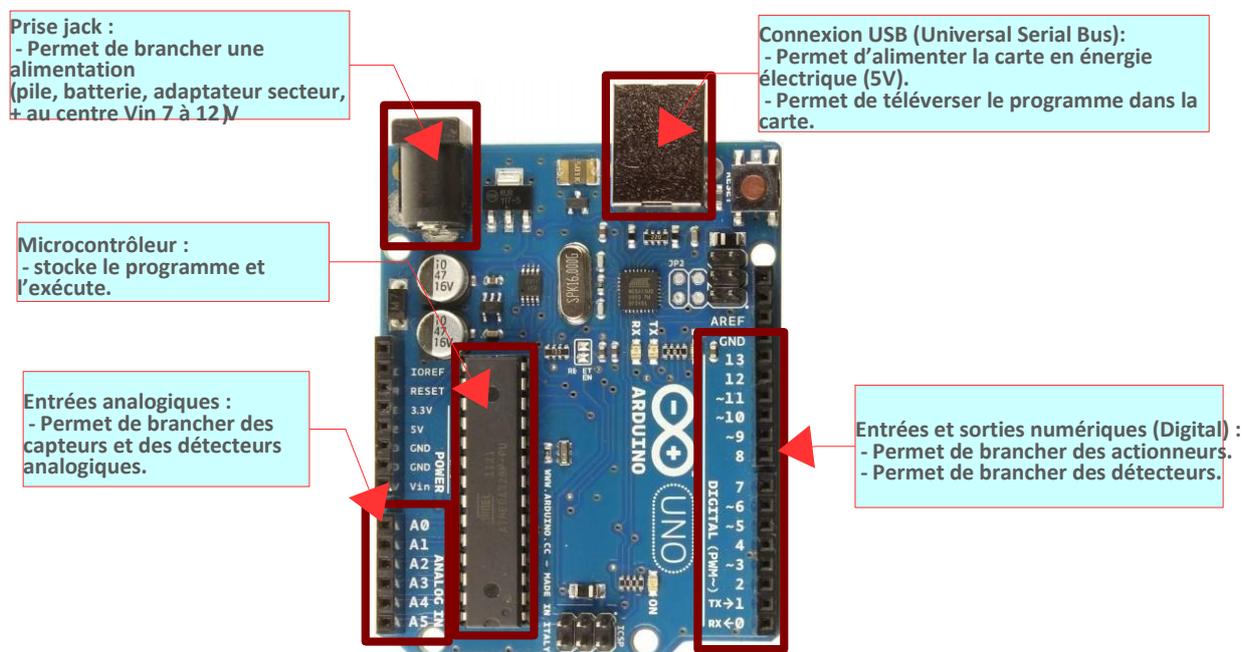


Figure 3.7 : composantes de la carte

3.4.4.4 Les entrées/sorties numériques : de D0 à D13



Figure 3.8 : des entrées/sorties [45]

Chacun des connecteurs D0 à D13 peut être **configuré par programmation en entrée ou en sortie**, nous pouvons donc avoir par exemple les connecteurs 2 et 3 configurés comme des entrées et les connecteurs 7, 8 et 9 configurés comme des sorties.

Il est par conséquent possible de connecter côte à côte des capteurs logiques (interrupteurs par exemple) aux connecteurs 2 et 3 et des actionneurs aux connecteurs 7, 8 et 9.

Les signaux véhiculés par ces connecteurs sont des signaux logiques, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent prendre que deux états : HAUT (5 Volts) ou BAS (0 Volt), par rapport au connecteur de masse GND, qui lui est toujours, par définition, à 0 Volt.

Attention : les connecteurs ne peuvent pas fournir en sortie un courant supérieur à 40 mA, ce qui interdit de brancher directement un moteur sur une sortie logique. Remarquez le signe ~ sur les connecteurs 3, 5, 6, 9 10 et 11, nous verrons plus tard sa signification (PWM) et son importance.

Vocabulaire : on qualifie parfois ces entrées/sorties de numériques, de logiques ou de digitales, ces trois adjectifs sont ici considérés comme synonymes.

3.4.4.5 Les entrées analogiques A0 à A5

Contrairement aux entrées/sorties numériques qui ne peuvent prendre que deux états HAUT et BAS, ces six entrées peuvent admettre un millier de valeurs (1024 exactement) analogiques comprises entre 0 et 5 Volts.

Nous pourrions donc avoir des valeurs de tension précises à 5 mV près ($\approx 5V/1024$).

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

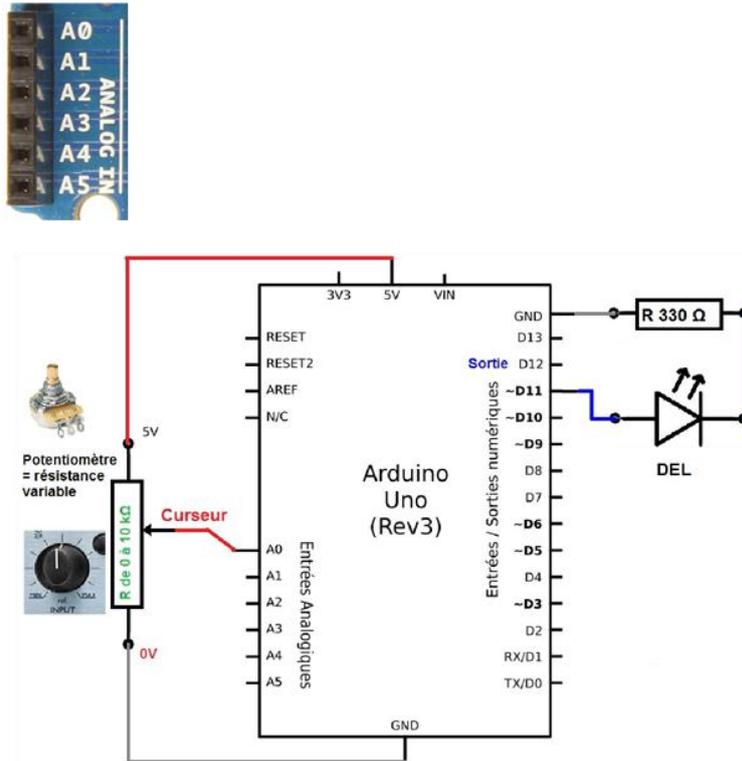


Figure 3.9 : entrées/sorties Arduino [45]

3.4.4.6 LE MICROCONTROLEUR ARDUINO [46]

Un microcontrôleur est un système qui ressemble à un ordinateur : il a une mémoire, un processeur, des interfaces avec le monde extérieur. Les microcontrôleurs ont des performances réduites, mais sont de faible taille et consomment peu d'énergie, les rendant indispensables dans toute solution d'électronique embarquée (voiture, porte de garage, robots, ...). La carte Arduino n'est pas le microcontrôleur le plus puissant, mais son architecture a été publiée en open-source, et toute sa philosophie s'appuie sur le monde du libre, au sens large.

3.4.5 Câblage de la carte Arduino UNO

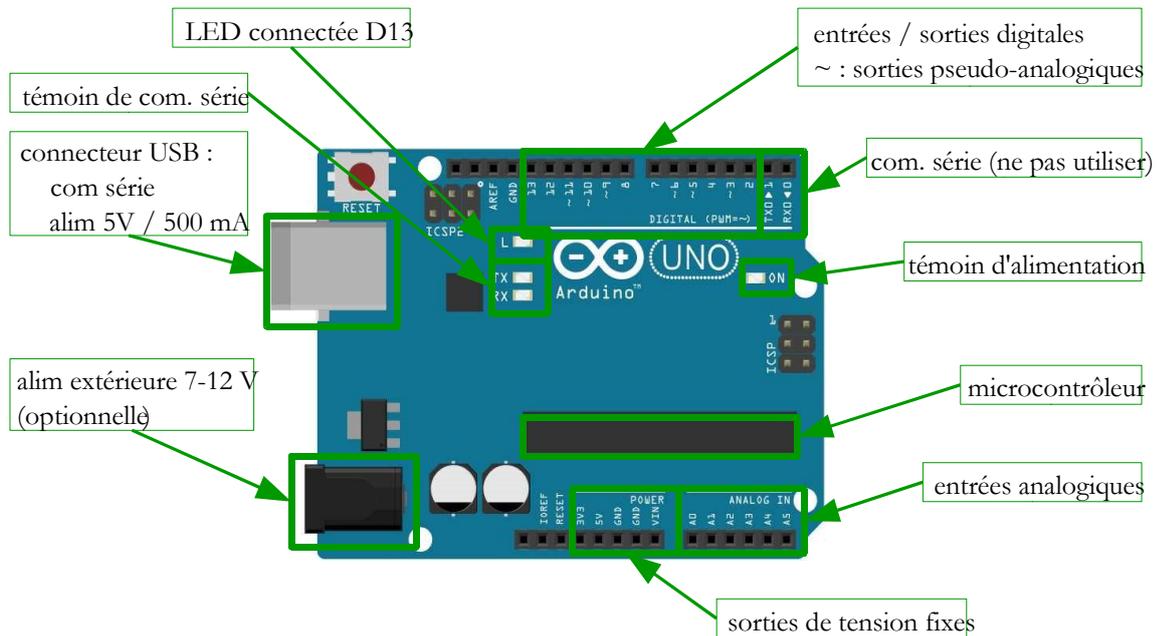


Figure 3.10 : des composantes de la carte [46]

La carte Arduino se relie à un ordinateur par un câble USB. Ce câble permet à la fois l'alimentation de la carte et la communication série avec elle.

Attention : il y a quelques précautions à suivre pour ne pas endommager le matériel. Ne pas respecter ces consignes peut entraîner la perte de la carte, et potentiellement celle du port USB de l'ordinateur. Respectez-les !

3.4.5.1 LA PLATINE D'EXPERIMENTATION (BREADBOARD)

Pour faire des montages électriques rapidement, on utilise une platine d'expérimentation appelée breadboard dans laquelle on peut planter des fils ou des composants sans avoir besoin de soudure. Ces platines contiennent deux bandes latérales de chaque côté, qu'on réserve en général aux tensions d'alimentation (0 V et 5 V). La partie centrale est séparée en deux bandes distinctes (voir les connections cachées qui relient les différentes entrées du breadboard ci-dessus).

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

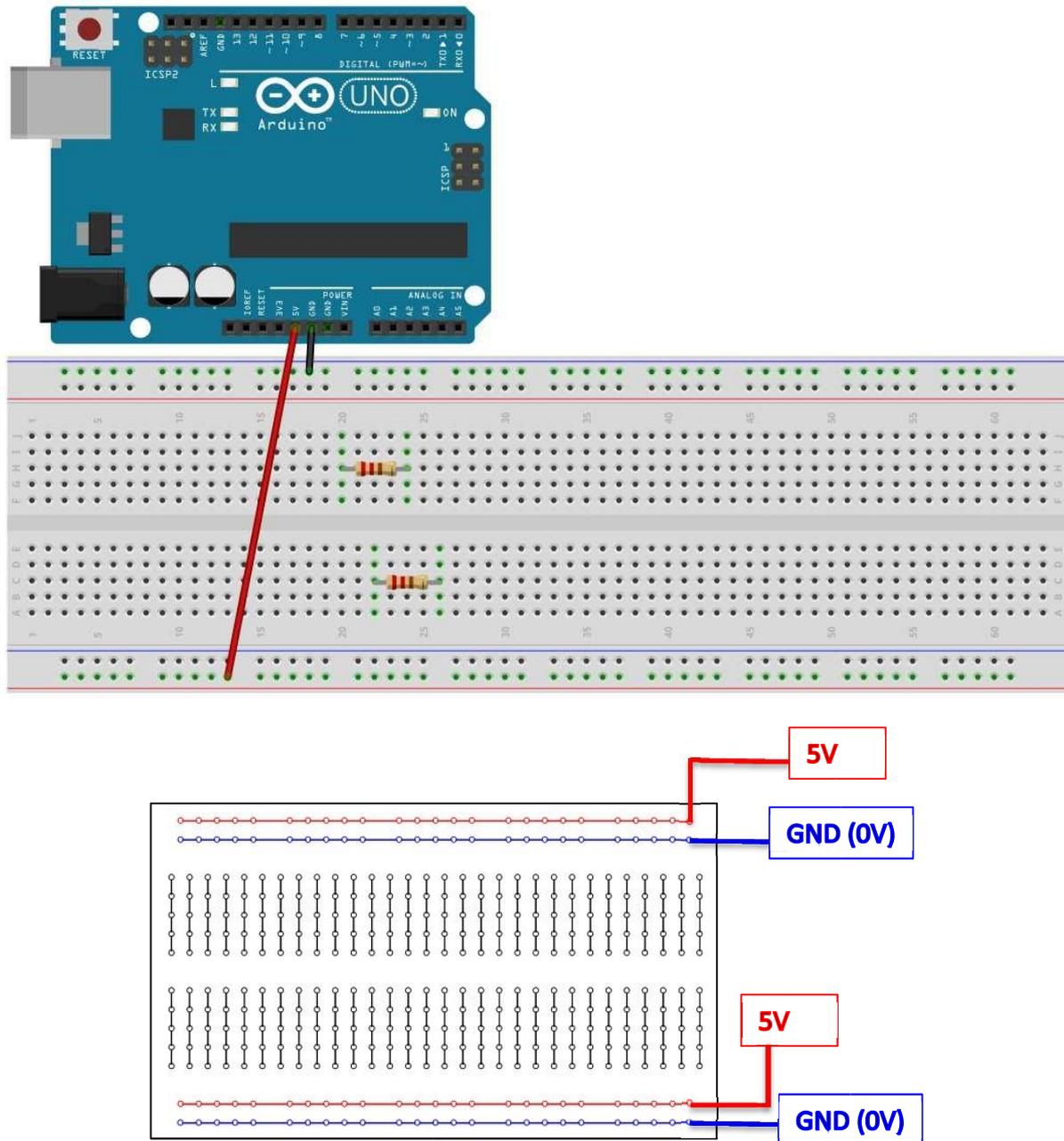


Figure 3.11: la platine [46]

3.4.5.2 LES ENTREES / SORTIES

Les entrées / sorties (I/O – input/output) représentent le moyen qu'a la carte arduino d'interagir avec l'extérieur. Les sorties sont contrôlées par la carte, cela permet au programme du microcontrôleur de déclencher des actions (allumer ou d'éteindre une LED ,

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

un afficheur, un moteur). Les entrées sont lues par le microcontrôleur, ce qui lui permet de connaître l'état du système auquel il est relié.

Il y a deux sortes d'I/O : les I/O numériques, et les I/O analogiques.

3.4.5.3 LES ENTREES / SORTIES NUMERIQUES

Les entrées / sorties numériques ne peuvent prendre que deux valeurs, la valeur LOW (~ GND, 0 V), et la valeur HIGH (~ 5 V). La valeur d'un port numérique peut donc être codée sur un bit, 0 ou 1, true ou false.

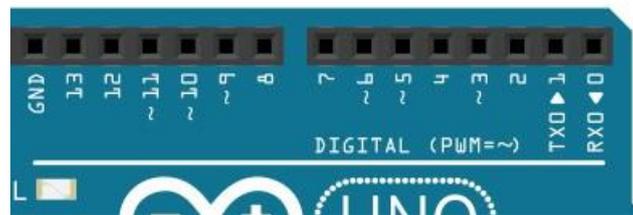


Figure 3.12 : entrées/sorties

La carte Arduino comporte 14 I/O numériques (appelées DIGITAL sur la carte), numérotées de 0 à 13 (voir le schéma ci-dessus), et appelées D0, D1, D2, ... D13. Chacun de ces ports peut-être déclaré comme étant une entrée ou comme une sortie dans le programme du microcontrôleur. Les deux premiers ports (D0 et D1) sont réservés à la communication série, il ne faut pas les utiliser. Le dernier port, D13, possède un indicateur lumineux, une LED qui s'allume quand le port est HIGH, et qui s'éteint quand le port est LOW.

Le port GND est la masse de la carte (0 V).

3.4.5.4 LES SORTIES NUMERIQUES

Chacun des 14 ports numériques de la carte peuvent être utilisés en sortie. Si un port est déclaré comme une sortie, le microcontrôleur contrôle la valeur de ce port.

Attention, le courant que peut délivrer un port digital en sortie est limité à 40 mA : en demander plus peut endommager la carte ! Ce genre de situation peut arriver si un port, déclaré comme une sortie, est directement relié à la masse (port GND) avec une résistance

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

très faible (un fil), et que le programme bascule la sortie en HIGH (5 V). L'inverse est également dangereux (une sortie numérique reliée au port 5 V et basculée sur la valeur LOW).

Les sorties numériques ne peuvent pas fournir une grande puissance électrique (40 mA max sur 5 V). On les utilise pour échanger des informations (par exemple les ports D0 et D1 servent à la communication série avec l'ordinateur), ou pour déclencher des actions : par exemple allumer une LED.

Voici un montage simple pour contrôler l'état de la LED :

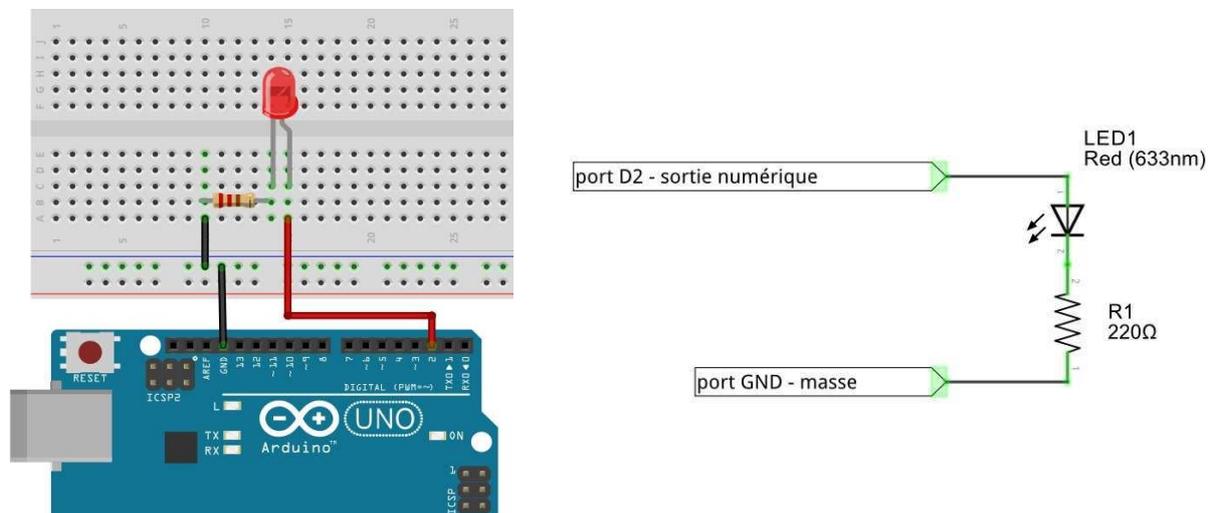


Figure 3.13 : exemple de montage [46]

Le programme téléversé sur le microcontrôleur définit le port D2 comme une sortie. Quand le programme bascule la valeur de ce port à LOW, la LED est éteinte. Quand le programme bascule la valeur de D2 à HIGH, la LED s'allume. La résistance R1 sert à limiter le courant, ce qui protège à la fois le microcontrôleur et la LED (qui a également un courant critique au-delà duquel elle fume). Si la LED est montée en sens inverse, elle ne s'allumera jamais (c'est une diode).

Instructions de programmation utiles :

- pinMode (2, OUTPUT) ; // définit le port D2 comme une sortie;-
- digitalWrite (2, HIGH) ; // bascule l'état du port D2 à HIGH ;

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- `digitalwrite (2, LOW); // bascule l etat du port D2 a LOW.`

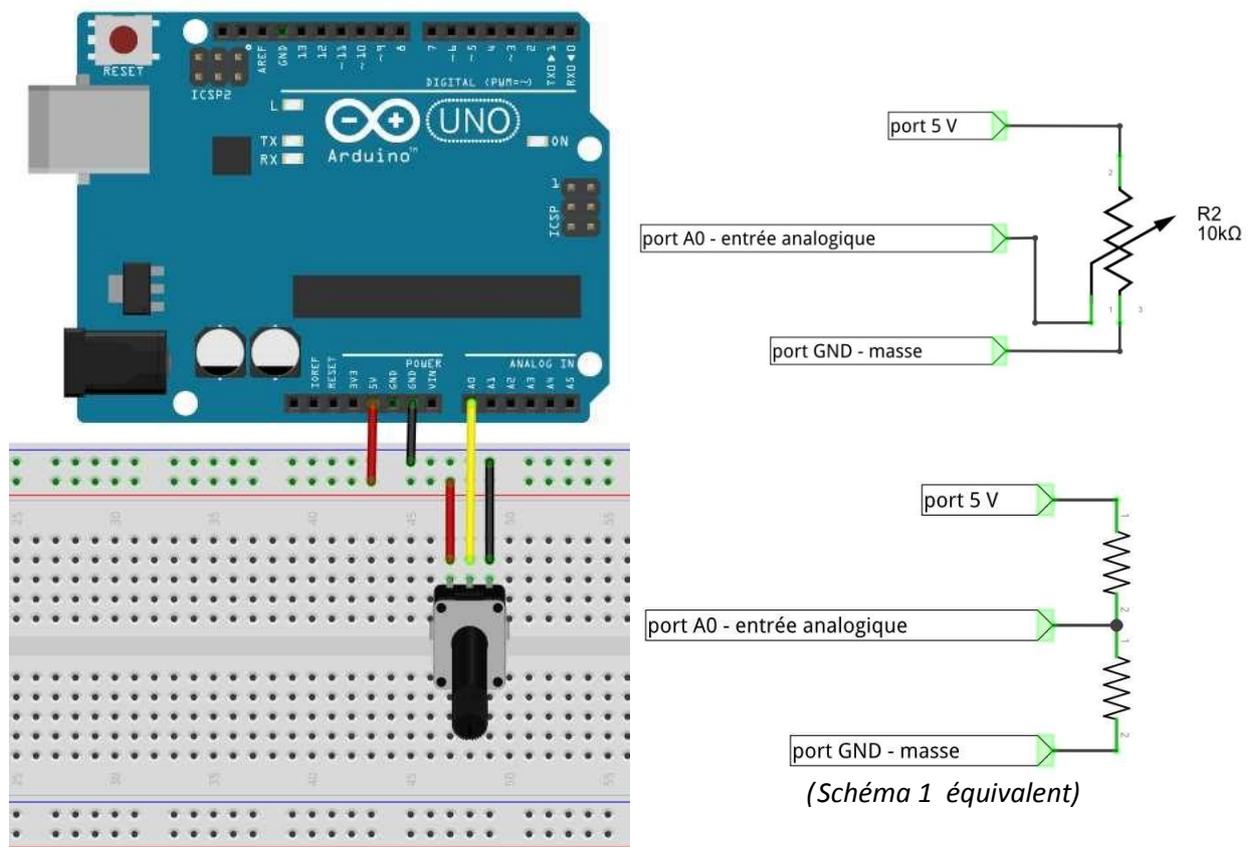


Figure 3.14 : montage sur platine [46]

Le montage ci-dessus permet de mesurer une tension modifiée par un potentiomètre. Ce montage est équivalent à un pont diviseur de tension (voir le schéma équivalent). À la place du port 5 V de la carte arduino, on peut aussi utiliser une source externe pour alimenter le potentiomètre. Il faut alors faire attention à bien définir une masse unique dans le circuit. C'est le cas du montage ci-après :

Instructions de programmation utiles :

```
sensorValue = analogRead(A0); // fonction qui retourne un entier compris entre 0 et 1023, selon la tension appliquée sur le port A0.
```

3.4.5.5 LES SORTIES ANALOGIQUES

La carte Arduino ne possède pas de vraie sortie analogique, capable de produire une tension d'une valeur arbitraire choisie par l'utilisateur. Certains ports numériques peuvent cependant servir de sortie analogique en utilisant la technique de PWM (Pulse Width Modulation) : il s'agit des ports 3, 5, 6, 9, 10 et 11 (signalés par un ~ sur la carte). Ces ports peuvent simuler une tension entre 0 et 5 V en basculant rapidement entre leur état LOW (0 V) et HIGH (5 V). La valeur moyenne de la tension est alors 2.5 V si le port passe autant de temps dans un état que dans l'autre, mais en changeant ce rapport, la valeur moyenne de la tension peut être contrôlée de 0 à 5 V.

La carte Arduino est capable de faire varier la valeur moyenne de ces ports avec une sensibilité de 8 bits : on fournit un chiffre entier compris entre 0 et 255 (= 2⁸ - 1), et le port délivre une tension moyenne entre 0 et 5 V (0 = 0 V, 255 = 5 V).

Tension moyenne = 0 V

Tension moyenne = 1.25 V

Tension moyenne = 2.5 V

Tension moyenne = 3.75 V

Tension moyenne = 5 V

Pour certaines applications, une sortie PWM convient tout à fait. Par exemple, pour alimenter un moteur, ou pour faire varier la puissance d'une LED. Le circuit ci-après permet de faire varier l'intensité de la LED en fonction de la valeur demandée au port D3 défini par le programme comme une sortie analogique.

Si on a besoin d'une vraie tension analogique continue, il faut alors mettre un filtre passe-bas qui éliminera les hautes-fréquences et ne gardera que la valeur moyenne.

Instructions de programmations utiles

- analogWrite (3, 127); // envoie sur le port D3 une tension moyenne de 2.5 V.

3.4.5.6 LES TENSIONS DE REFERENCES

La carte Arduino fournit des ports permettant d'accéder à certaines tensions de référence.

GND est la référence de la carte Arduino par rapport à laquelle toutes les différences de tension sont mesurées. Si la carte est reliée à l'ordinateur par un câble USB, cette tension est celle de la terre.

Les ports 5V et 3V3 donnent accès aux tensions de 5 V et de 3.3 V. Ces tensions sont normalement régulées et précises. Une exception : quand la carte est branchée sur un port USB sans alimentation externe, le port 5 V ne provient plus de la carte Arduino mais directement du câble USB, la tension de référence 5 V n'est alors plus aussi bien régulée.

VIN est la tension de l'alimentation externe, quand il y en a une.

Attention : si vous reliez directement le port 5 V au port GND (ou le port 3V3 au port GND, ou le port 5V au port 3V3), vous provoquerez un court-circuit qui endommagera la carte !

3.4.5.7 LE PORT USB

Le port USB permet à la fois l'alimentation de la carte Arduino et la communication série entre la carte et l'ordinateur. Une fois connectée, la carte Arduino apparaît dans le gestionnaire de matériel de votre ordinateur, connecté à un port série (COM1, COM4, ...). Vous devez vérifier que l'IDE (le programme fourni par Arduino) est bien configuré pour dialoguer sur le bon port COM (et pour le bon type de carte Arduino !). L'IDE permet de scanner le port COM et de récupérer les messages éventuels de la carte. Utiliser toujours cet outil pour debugger votre programme quand il y a des informations qui circulent sur le port série : Outils / Moniteur série.

3.4.5.8 TRANSFERER UN PROGRAMME A LA CARTE

La façon dont le microcontrôleur gère ses entrées / sorties est fixée par un programme, contenu dans le microcontrôleur. Ce programme doit être écrit par l'utilisateur. En pratique, l'utilisateur écrit le programme en langage C, en utilisant un environnement de

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

développement spécialisé (IDE) installé sur un ordinateur. Ce programme est ensuite compilé et téléversé dans le microcontrôleur par liaison série (USB).

Nous utiliserons l'IDE standard Arduino (arduino.exe). Il suffit de taper le code dans la fenêtre dédiée, de compiler et de téléverser le programme sur la carte Arduino. La carte doit être reliée à l'ordinateur par un câble USB. La modèle de la carte Arduino (il y a plusieurs type de carte) ainsi que le port série sur lequel elle est branchée doivent être déclarés dans le menu de l'IDE Outils/type de carte et Outils/port série.

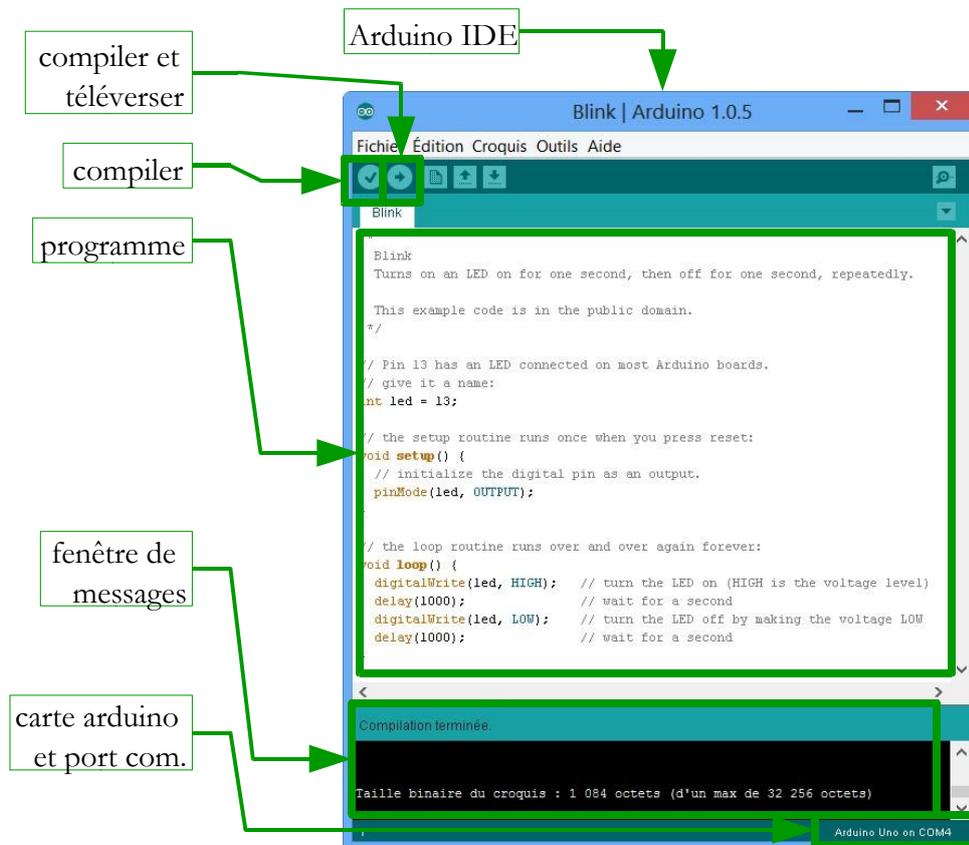


Figure 3.15 : orientation de programmation [46]

Une fois téléversé dans le microcontrôleur, le programme s'exécute. La fonction setup() s'exécute une seule fois, la fonction loop() s'exécute en boucle.

De nombreux exemples de programmes sont disponibles via le menu Fichier/Exemples de l'IDE, classés par thèmes. N'hésitez pas à vous inspirer de ces exemples pour vos propres programmes. N'hésitez pas non plus à regarder sur internet les nombreux sites d'exemples et

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

de conseils liés à Arduino, mais essayez de bien comprendre la logique des exemples que vous utiliserez.

3.5 Un afficheur LCD 16x2

Notre afficheur ici permet d'informer le conducteur sur la dégradation progressive d'huile moteur, sous forme alphanumérique. Nous avons choisi dans le cadre de notre travail un afficheur

Donc les caractéristiques sont les suivantes :

LCD 16x2 (16 colonnes et 2 lignes).

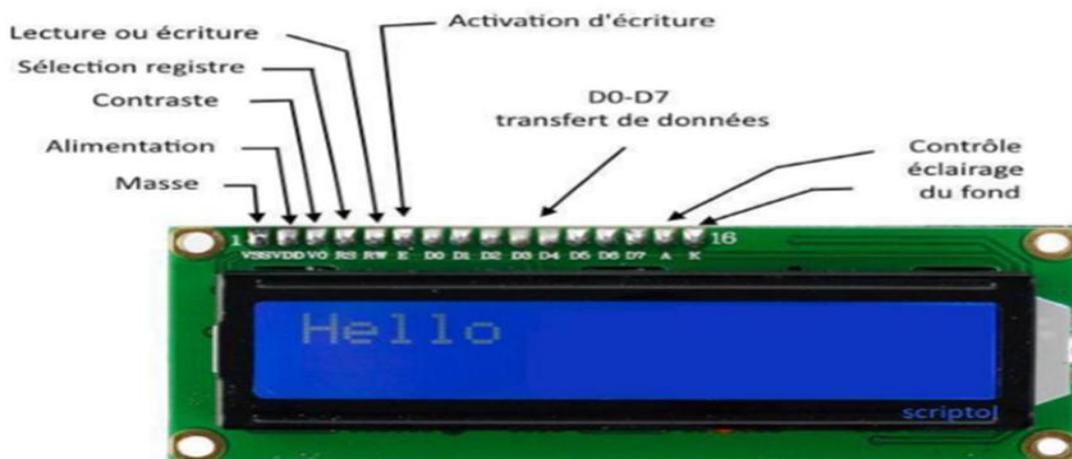


Figure 3.16 : afficheur LCD. [47]

Ce schéma est résumé comme suite :

Tableau 3.3: caractéristique de l'afficheur LCD

1	VSS	Masse
2	VDD	+5V
3	V0	Réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre
5	RW	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 a D7	Bits de données

15	A	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode de rétroéclairage (masse)

3.6 Sonde de température d'huile moteur [47]

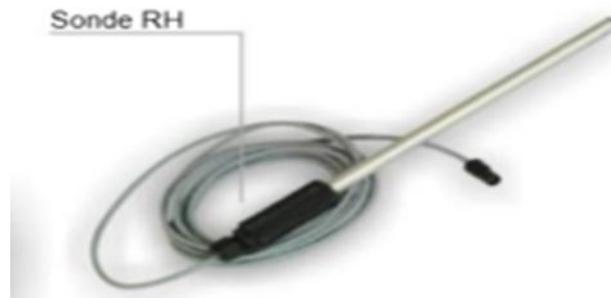


Figure 3.17 : Sonde d'huile moteur [10]

Fonctionnement

La sonde combinée niveau et température est équipée d'un capteur de température Pt1000 suivant EN 60751, Cl. B en technique 2 fils. Des exécutions avec des capteurs de température Pt100 ou Pt500 ainsi qu'avec des capteurs CTN et à semi-conducteurs sont également possibles. Le signal du fil chaud (tension) et le signal du capteur de température (résistance) sont transmis séparément au circuit électronique du véhicule pour analyse. En fonction de la demande du client, il est possible d'utiliser un boîtier en acier inoxydable, acier ou matière synthétique de haute performance. La sonde combinée niveau et température est conçue pour la plage de température de -40 à $+140$ °C en régime permanent. [10]

3.7 - CAPTEURS RHEONICS [48]

Rhéonique : viscosimètre et densimètre

Surveillance en temps réel de l'état de l'huile moteur

Solutions Rheonics

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

La mesure automatisée de la viscosité en ligne en temps réel est essentielle pour la surveillance de l'état de l'huile. Rheonics propose les solutions suivantes, basées sur un résonateur à torsion équilibré, pour le contrôle et l'optimisation de processus dans la surveillance en temps réel de l'état de l'huile moteur:

En ligne Viscosité des mesures: Rhétorique SRV est un dispositif de mesure de viscosité en ligne à large plage avec mesure de température de fluide intégrée et capable de détecter les changements de viscosité dans n'importe quel flux de processus en temps réel.

En ligne Viscosité et densité des mesures: Rhétorique SRD est un instrument de mesure simultané en ligne de la densité et de la viscosité avec mesure de la température du fluide intégrée. Si la mesure de la densité est importante pour vos opérations, SRD est le meilleur capteur pour répondre à vos besoins, avec des capacités opérationnelles similaires à celles du SRV ainsi que des mesures de densité précises.

La mesure automatisée de la viscosité en ligne via SRV ou un SRD élimine les variations dans les techniques de prélèvement d'échantillons et de laboratoire utilisées pour la mesure de la viscosité par les méthodes traditionnelles. Le capteur est situé en ligne de sorte qu'il mesure en permanence la viscosité du lubrifiant (et la densité en cas de DDR). L'utilisation d'un SRV / SRD en temps réel permet de contrôler la qualité de l'huile, d'améliorer la productivité et d'accroître les marges bénéficiaires. Les deux capteurs ont un facteur de forme compact pour une installation OEM simple et ultérieure. Ils ne nécessitent aucune maintenance ou reconfiguration. Les deux capteurs offrent des résultats précis et reproductibles, quel que soit le lieu où le lieu de montage, sans avoir besoin de chambres spéciales, de joints en caoutchouc ou de protections mécaniques. N'utilisant aucun consommable, SRV et SRD sont extrêmement faciles à utiliser.

Facteur de forme compact, pas de pièces mobiles et ne nécessite aucun entretien.

Les SRV et SRD de Rheonics ont un facteur de forme très réduit pour une installation OEM simple et ultérieure. Ils permettent une intégration facile dans tout flux de processus. Ils sont faciles à nettoyer et ne nécessitent aucun entretien ni reconfiguration. Leur faible encombrement permet l'installation Inline dans n'importe quelle ligne de processus, évitant ainsi tout espace supplémentaire ou tout besoin en matière d'adaptateur.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Haute stabilité et insensible aux conditions de montage: toute configuration possible

Les SRV et SRD de Rheonics utilisent un résonateur coaxial breveté unique, dans lequel deux extrémités des capteurs se tordent dans des directions opposées, annulant ainsi les couples de réaction sur leur montage et les rendant ainsi totalement insensibles aux conditions de montage et aux débits d'encre. Ces capteurs peuvent facilement faire face à une relocalisation régulière. L'élément capteur se trouve directement dans le fluide, sans boîtier spécial ni cage de protection requise.

Relevés instantanés précis des conditions d'huile - Vue d'ensemble complète du système et contrôle prédictif

Le logiciel de Rheonics est puissant, intuitif et facile à utiliser. La viscosité de l'encre en temps réel peut être surveillée sur un ordinateur. Plusieurs capteurs sont gérés à partir d'un seul tableau de bord réparti dans l'usine. Aucun effet de la pulsation de pression du pompage sur le fonctionnement du capteur ou la précision de la mesure. Insensible aux chocs, aux vibrations ou aux conditions d'écoulement.

Installation facile et aucune reconfiguration / recalibration nécessaire

Remplacez les capteurs sans remplacer ou reprogrammer l'électronique, remplacez les capteurs et l'électronique sans aucune mise à jour du micrologiciel ou changement de coefficient d'étalonnage. Montage facile. Se visse dans le filetage NPT 3/4" du raccord de ligne d'encre. Pas de chambres, joints toriques ou joints. Facilement enlevé pour le nettoyage ou l'inspection. SRV disponible avec bride et connexion tri-clamp pour un montage et un démontage faciles.

Basse consommation énergétique

Alimentation CC 24V avec une consommation de courant inférieure à 0.1 A en fonctionnement normal

Temps de réponse rapide et viscosité compensée en température

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

L'électronique ultra-rapide et robuste, associée à des modèles informatiques complets, fait des dispositifs Rheonics l'un des plus rapides et des plus précis du secteur. SRV et SRD fournissent des mesures en temps réel et précises de la viscosité (et de la densité pour les SRD) toutes les secondes et ne sont pas affectées par les variations de débit!

Large capacité opérationnelle

Les instruments Rheonics sont conçus pour effectuer des mesures dans les conditions les plus difficiles. SRV dispose de la plage opérationnelle la plus large du marché des viscosimètres à process en ligne:

Plage de pression jusqu'à 5000 psi

Plage de température de -40 à 200 ° C

Plage de viscosité: 0.5 cP à 50,000 cP

SRD: Instrument unique, triple fonction - viscosité, température et densité

Le SRD de Rheonics est un produit unique qui remplace trois instruments différents pour les mesures de viscosité, de densité et de température. Il élimine la difficulté de co-localiser trois instruments différents et fournit des mesures extrêmement précises et reproductibles dans les conditions les plus difficiles.

Obtenir des informations précises sur la qualité de l'huile par des mesures directes, réduire les coûts et améliorer la productivité

Intégrez un SRV / SRD dans la ligne de processus pour planifier les intervalles de vidange de manière optimale et réaliser des économies de coûts significatives. Comparées à l'approche indirecte consistant à utiliser des algorithmes pour prédire l'état réel, les mesures de la viscosité de l'huile permettraient d'obtenir une image réelle de l'état de l'huile, ce qui permettrait de détecter d'éventuelles défaillances du moteur ou des états anormaux. Et au bout du compte, cela contribue à de meilleurs résultats et à un meilleur environnement!

Conception et technologie de capteur supérieures

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Des composants électroniques sophistiqués et brevetés de la génération 3rd pilotent ces capteurs et évaluent leur réponse. SRV et SRD sont disponibles avec des raccords de process standard tels que like "NPT et 1" permettant aux opérateurs de remplacer un capteur de température existant dans leur chaîne de traitement par SRV / SRD, fournissant ainsi des informations précieuses et exploitables sur les fluides de process, telles que la viscosité, en plus d'une mesure précise. de température en utilisant un Pt1000 intégré (DIN EN 60751 classe AA, A, B disponible).

Électronique construite pour répondre à vos besoins

Disponible à la fois dans un boîtier de transmetteur antidéflagrant et dans un montage sur rail DIN compact, le système électronique du capteur permet une intégration aisée dans les canalisations de processus et dans les armoires d'équipement des machines.

Installez directement le capteur dans votre flux de processus pour effectuer des mesures de viscosité et de densité en temps réel. Aucune ligne de dérivation n'est requise: le capteur peut être immergé en ligne, le débit et les vibrations n'affectent pas la stabilité et la précision de la mesure. Optimisez le processus de prise de décision en fournissant des tests répétés, consécutifs et cohérents sur le fluide.

NB : Les capteurs rheonics RSD et RSV étant nécessaires au contrôle en ligne de la viscosité et de la densité d'huile moteur, facile à intégrer et une très grande précision mais impossible de l'avoir car le magasin a été fermé à cause du covid 19, le site de vente étant inactif, nous avons procédé à la conception de notre propre analyseur d'huile moteur à partir des éléments locaux tel que le microcontrôleur Arduino, la lampe LDR, la LED infrarouge et un afficheur ou LED.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons caractérisé la viscosité d'une variété d'huile dans deux voitures différentes et avons constaté que l'huile de la voiture la plus ancienne avait une viscosité très croissante au fonctionnement ainsi que le taux des métaux dans l'huile (Fe, Cu et Al), la densité ; à cela nous avons constaté que la température est un facteur important

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

dans la viscosité. À la suite nous avons vu les différentes caractéristiques et fonctionnement des éléments de l'analyseur tel que la LED infrarouge, la lampe LDR le microcontrôleur Arduino, la manipulation du microcontrôleur et l'afficheur LCD. A la fin de ce chapitre, nous avons présenté le capteur rheonics que nous n'avons pas pu entrer en possession. Tous les paramètres étant présents, nous procéderons à la suite par l'étude de la fabrication de notre analyseur d'huile moteur.

CHAPITRE 4: REALISATION DE L'ANALYSEUR

Introduction

L'un des plus grands domaines d'innovation dans l'industrie automobile est la surveillance de l'état de l'huile moteur. Le développement rapide de systèmes de surveillance de l'état de l'huile moteur a eu lieu pour déterminer le niveau de dégradation du lubrifiant moteur en réduisant les pertes de puissance inutiles et les coûts de maintenance. Il existe un besoin critique de déterminer la qualité de l'huile à la demande et de fournir des informations complémentaires sur l'état de l'huile. Il existe plusieurs avantages motivationnels du point de vue des coûts, de l'environnement et de la logistique pour améliorer les moyens de surveillance du lubrifiant et le rendre extrêmement fiable. Pour cela nous mettons sur pied notre analyseur d'huile moteur.

4.1 Applications

Les lubrifiants pour moteurs sont des fluides complexes et hautement techniques qui effectuent une variété de tâches protectrices et fonctionnelles - fournissent un film hydrodynamique entre les composants en mouvement, y compris la distribution de chaleur, la suspension des contaminants, la neutralisation des acides et la prévention de la corrosion, etc. L'huile de graissage dans les moteurs est exposée à diverses contraintes en fonction de la qualité du carburant, des conditions ambiantes et des paramètres de fonctionnement qui modifient ses propriétés physiques et chimiques et finissent par se dégrader. Afin d'éviter une panne moteur, l'huile doit être changée avant qu'elle ne perde complètement ses propriétés protectrices. Dans le même temps, un changement d'huile inutile est indésirable pour des raisons environnementales et économiques. Afin de planifier l'intervalle de vidange d'huile de manière optimale, l'état physique et chimique réel de l'huile doit être surveillé.

L'état de l'huile moteur donne un aperçu de l'état réel du moteur et soutient ainsi la détection précoce d'éventuelles pannes de moteur.

La viscosité est considérée comme l'un des paramètres les plus importants pour les propriétés de lubrification de l'huile et son inclusion dans les systèmes de surveillance en ligne a été recommandé par plusieurs études. Généralement, la détérioration chimique de l'huile (par exemple due à l'oxydation) est associée à une augmentation de la viscosité tandis que l'usure mécanique («craquage» des molécules de la chaîne organique) et la dilution du carburant entraînent une diminution de la viscosité. Par conséquent, la connaissance de la viscosité en temps réel offre un avantage significatif pour mesurer le vieillissement de l'huile, la pénétration de contaminants pendant les opérations commerciales et empêcher une défaillance mécanique naissante due à la perte des propriétés de lubrification à l'huile.

4.2 Défis liés aux techniques traditionnelles de surveillance des huiles

Dans la pratique courante, l'huile moteur est changée à un moment ou à un kilométrage constant, conformément aux recommandations des fabricants d'huile de lubrifiant ou des équipementiers. Cette méthode de vidange d'huile ne repose pas sur l'état réel de l'huile du moteur spécifique et peut être remplacée avant la fin de sa vie utile ou après que sa vie utile a été dépassée. Ce n'est pas économique, ce sera un gaspillage et détériorera également le moteur.

Dans certaines techniques de surveillance de lubrifiant, de tels intervalles de vidange d'huile flexibles sont déterminés en surveillant en continu les paramètres caractéristiques du moteur et de conduite (tels que, par exemple, la distance parcourue, la vitesse et la température d'huile). L'intervalle de vidange d'huile approprié est ensuite estimé par des algorithmes correspondants traitant ces paramètres. Ces algorithmes sont développés empiriquement au moyen d'études approfondies sur le terrain. Les algorithmes utilisent essentiellement lesdits paramètres pour estimer l'état de l'huile de manière indirecte. Ces techniques ne surveillent pas directement les propriétés physiques du lubrifiant, par conséquent des problèmes critiques tels que la contamination du carburant peuvent être négligés. Une contamination excessive du lubrifiant peut entraîner des changements

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

dramatiques dans les propriétés du lubrifiant, empêchant le lubrifiant de remplir ses fonctions requises. Cependant, dans l'idéal, l'évaluation de l'état de l'huile devrait être uniquement basée sur des paramètres mesurés directement dans l'huile elle-même.

4.3 REALISATION DE NOTRE ANALYSEUR [1]

4.3.1 Matériels



Figure 4.1 : Gang de protection



-Tuyau
-Seringue

Figure 4.2 : Seringue de prélèvement



Figure 4.4 : ordinateur de travail



Figure 4.5 : huile de référence

4.4 Dessin de montage du prototype

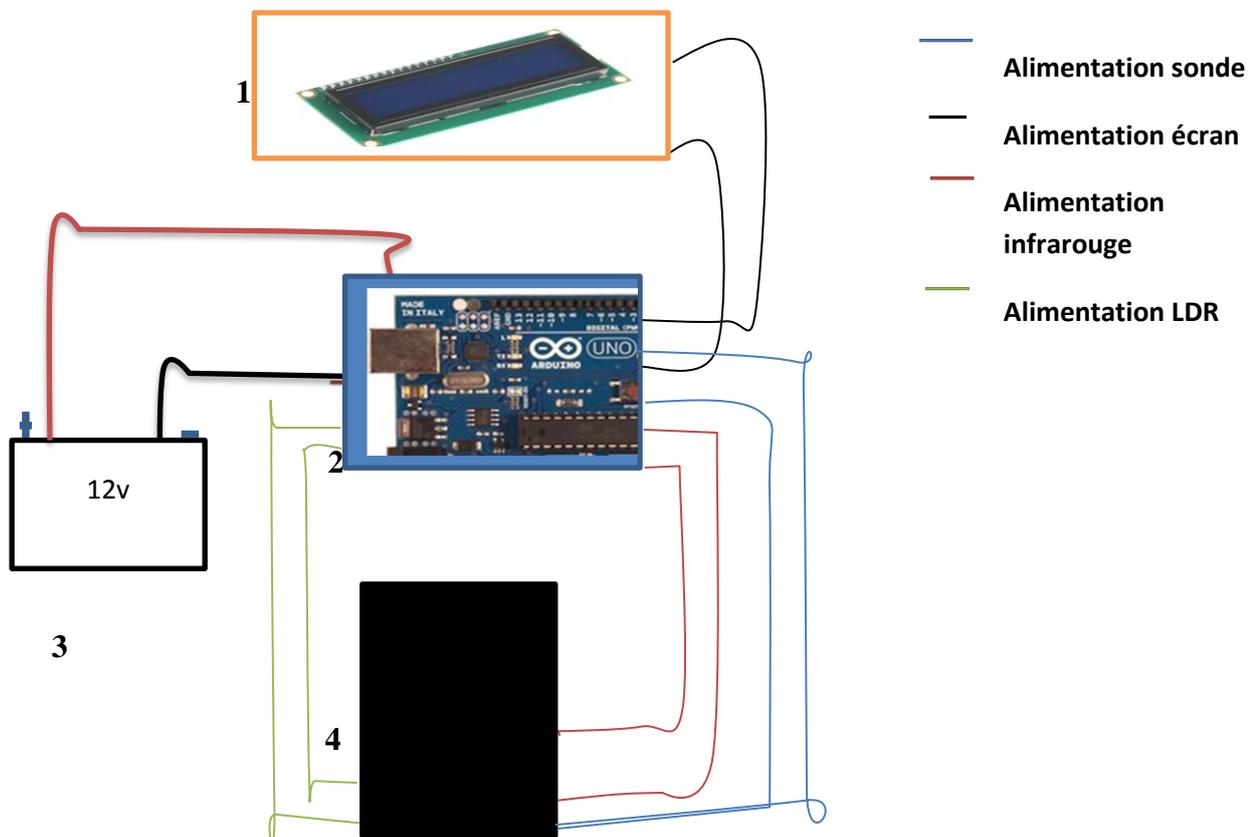


Figure 4.4 : prototypage

Tableau 4.1 : désignations du prototype

Repères	Noms	Rôles
1	afficheur	Affiche les différentes informations
2	Carte Arduino	Reçoit les informations de la LDR les traite, renvoie à l'afficheur, alimente tout le système hors mis la batterie
3	batterie	Alimente la carte
4	Carter d'huile	Contient l'huile, l'infrarouge et la LDR

4.4.1 Disposition du prototype sur véhicule

- L'afficheur(1) doit être intégré au tableau de bord de la voiture ;

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- la carte Arduino (2) placé derrière la boîte à gang côté passager ;
- la LDR et l'infrarouge vont rester face à face à une distance d'un centimètre en contact indirect avec l'huile à travers deux écrans transparents, afin d'avoir une bonne communication, ils peuvent être installés dans une canalisation d'huile, dans le carter ou un secteur d'huile permanemment en mouvement ;
- la sonde de température d'huile moteur qui doit être plongé dans l'huile afin d'informer sur la température.

4.4.1.1 L'huile utilisée dans notre prototype

Pour cela nous avons eu besoin de deux variétés d'huile à savoir :

- l'huile de propre (scellée) dont les caractéristiques sont de :

- viscosité à 100oc est de 19,1 mm²/s et à 176,4 pour 40oc

l'huile dégradée dont les caractéristiques sont :

- viscosité à 100oc est de 20,1 mm²/s et à 40oc on a 179,928mm²/s

4.4.1.2 La LDR

C'est une lampe qui varie en fonction de la résistance et est alimentée en 5v, dont serait placer face à l'infrarouge pour faciliter la visibilité d'huile dans le carter en toute circonstance (sombre, impureté...) afin de restituer au module les variations de visibilité, elle est constitué de deux fils d'alimentation ou un fil va a VCC et le deuxième est partager avec une résistance, un a la partie commande (A0) et l'autre a la masse(GND).



Figure 4.5 : présentation de la LDR

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

4.4.1.3 Afficheur de bord LCD 16x2

A la sortie de notre carte arduino, nous avons un afficheur LCD qui permet de voir les taux de viscosité et la température d'huile moteur, il est constitué de 4 fils de branchement sur notre carte à savoir :

- le premier fil GND va sur la GND (masse) de la carte,
- Le deuxième VCC (alimentation) va au 5volts de la carte,
- Le troisième SDA pour les informations est connecté sur la broche A4 de la carte,
- Le quatrième SCL pour les informations la broche A5.

A la suite nous avons deux LED, une qui s'allume pour signaler la période proche de la vidange et une autre pour signaler la vidange.

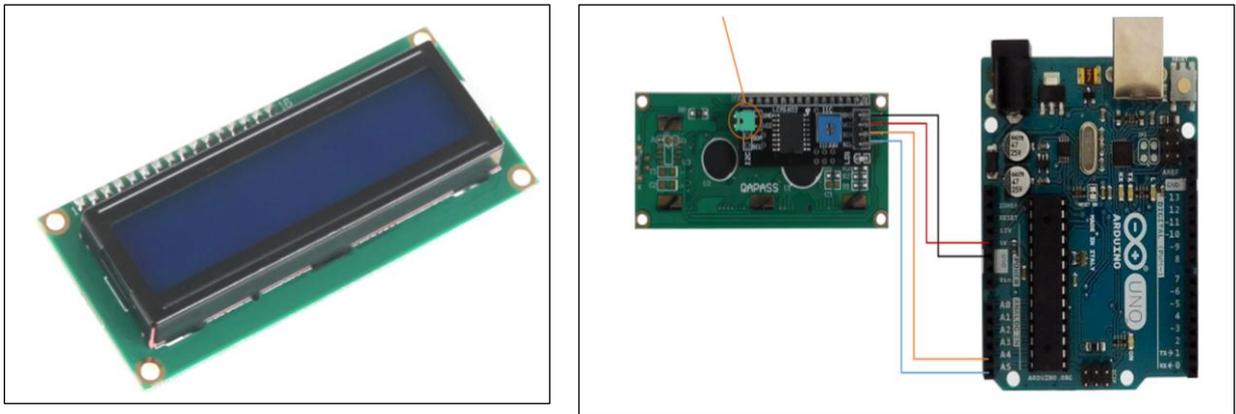


Figure 4.6 : afficheur LCD et branchement.

4.4.1.4 branchement carte arduino

Pour le branchement des différents éléments sur la carte, on doit respecter certaines précautions à savoir :

Attention : il y a quelques précautions à suivre pour ne pas endommager le matériel. Ne jamais connecter une tension supérieure à 5 V sur les ports d'entrée de la carte ;

- ne jamais faire débiter à la carte plus de 40 mA par port, et 200 mA au total. Donc ne jamais envoyer une sortie de la carte vers un circuit de trop faible résistance.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Si vous devez relier une sortie à la masse (entre D13 et GND par exemple), il faut donc que votre circuit contienne une résistance d'au moins 125 Ω , ce qui correspond à un courant de 40 mA.

Une résistance de 200 Ω est préférable – soit 25 mA – pour garder une marge de sécurité.

- Ne jamais relier directement une sortie digitale à la masse ;
- Ne jamais relier directement deux sorties digitales ;
- Bien vérifier la polarité d'une alimentation externe avant de l'allumer (ou via un multimètre avant de brancher) ;
- Ne pas envoyer de tension dans ports des sorties fixes (ceux intitulés 5V 3V3 GND VIN) ; Ne jamais envoyer plus de 5.5 V dans une entrée, analogique ou digitale ;
- Toujours vérifier les courants demandés par le circuit, et les comparer aux limites de la carte.
- Toujours mettre une résistance en série à une diode branchée à une sortie digitale pour ne pas cramer la diode.

Toutes les différentes tensions sont mesurées par rapport à GND, qui est relié à la masse quand la carte est connectée à un ordinateur par câble USB. « Ne pas dépasser une tension de 5.5 V sur un port » veut dire « ne pas dépasser une différence de tension de 5.5 V entre un port et le GND ».

4.4.1.5 ce qu'il ne faut pas faire n°1 : un courant trop fort

La façon la plus simple de détruire une sortie numérique est de lui faire débiter un courant électrique trop élevé. Une résistance inférieure à 100 Ω entre le port numérique et la masse (port GND) demandera un courant supérieur à 50 mA si le port bascule en HIGH. Un fil, qui a une résistance quasi-nulle, fera un court-circuit et imposera un courant énorme.

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

➤ CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE N°2 : UN COURANT TOTAL TROP FORT

Une façon un peu plus compliquée de détruire les sorties numériques est de respecter la limite des 40 mA par ports, mais de dépasser la limite des 200 mA que peut débiter la

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

carte Arduino. Si une résistance de 125Ω relie un port numérique à la masse, 40 mA circulent quand le port est basculé en HIGH, ce qui n'abime pas le port (même si il vaut mieux ne pas trop s'approcher des 40 mA en pratique). Mais si six ports numériques basculent en même temps, le courant total délivré par la carte dépassera les 200 mA, et le microcontrôleur sera endommagé.

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

➤ **CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE N°3 : UN COURT-CIRCUIT**

Si on relie deux ports numériques l'un à l'autre, tous deux définis en sortie, l'un étant basculé en HIGH, l'autre en LOW. Un court-circuit s'établit entre les deux ports, et la carte brûle.

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

➤ **CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE N°4 : UN AUTRE COURT-CIRCUIT**

N'importe quel court-circuit est dangereux pour la carte : relier le port 5 V (ou le port 3.3 V) directement au port GND, ou relier le port 5 V au port 3.3 V.

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

➤ **CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE N°5 : UN COURANT TROP FORT MALGRE TOUT**

Une sortie analogique peut être détruite de la même façon qu'une sortie numérique, si un courant plus élevé que 40 mA est demandé. La sortie D3 est utilisée pour produire une tension de valeur moyenne 0.5 V, il faut quand même une résistance de 125Ω minimum entre ce port et le port GND : la tension moyenne est de 0.5 V, mais la tension réelle varie sans arrêt entre 0 et 5 V.

Une résistance de 15Ω n'est pas suffisante pour limiter le courant en dessous de 40 mA, même si une tension de 0.5 V seulement est demandée.

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

➤ **CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE N°6 : UNE TROP FORTE TENSION**

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Il suffit de brancher une tension supérieure à 5 V sur un port de la carte (numérique ou analogique).

NE FAITES JAMAIS CE MONTAGE !

4.4.1.6 CARACTERISATION DE LA CARTE ARDUINO [49]

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. L'ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C/C++.

L'intérêt principal des cartes ARDUINO (d'autres modèles existent : Mega, Nano...) est leur facilité de mise en œuvre. Un environnement de développement (IDE), s'appuyant sur des outils open-source, est fourni. En outre, charger le programme compilé dans la mémoire du microcontrôleur se fait très simplement (via par port USB) dans cet IDE. Enfin, beaucoup de bibliothèques de fonctions sont également fournies pour l'exploitation des entrées-sorties courantes : E/S TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM, exploitation de bus TWI/I²C, exploitation de servomoteurs, d'afficheurs LCD ...

L'objectif du cours Microcontrôleurs n'est pas simplement de savoir utiliser la carte Arduino UNO. C'est surtout l'occasion d'aborder des problèmes de programmation de bas niveau (la valeur binaire des variables manipulées importe alors beaucoup) et d'apprendre à utiliser le langage C pour cette programmation bas niveau, notamment en sachant gérer des registres/variables "au niveau du bit". Donc quand on se complique la tâche, alors qu'une fonction Arduino existe, dites-vous que c'est voulu.

L'objectif de ce document est de mettre en évidence certaines informations techniques concernant l'exploitation des périphériques intégrés, en particulier lorsqu'on n'utilise pas les fonctions "clé en main" d'ARDUINO, dans l'objectif de comprendre comment ça marche !

4.4.1.7 Schéma simplifié de la carte Arduino UNO

Les broches du microcontrôleur sont reliées à des connecteurs selon le schéma ci-dessous.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

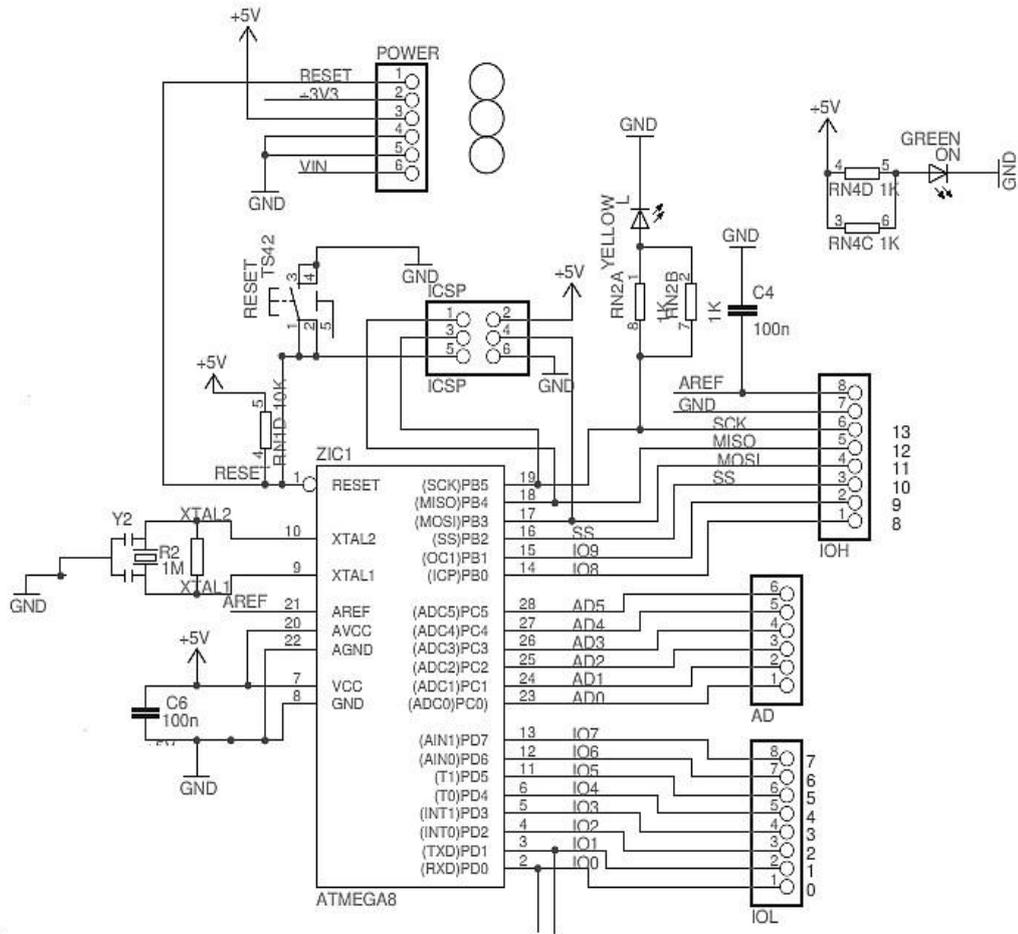


Figure 4.7 : schéma simplifié de Arduino [49]

Vue du dessus, la carte fournit les informations suivantes:

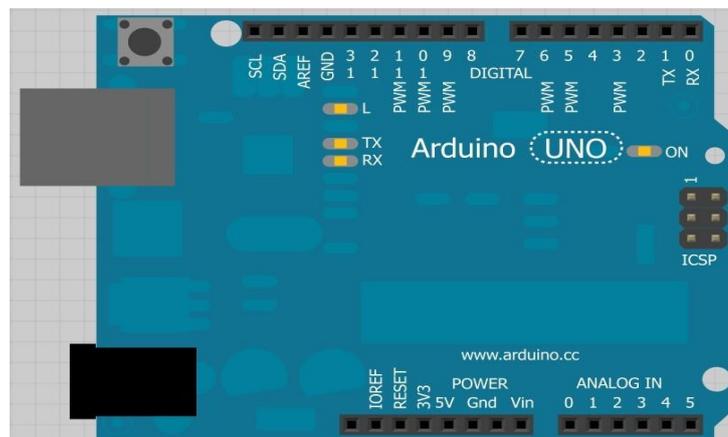


Figure 4.8 : vue de face de Arduino

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

En recoupant avec le schéma précédent, on a les équivalences suivantes :

(connecteur) Numéros 0 à 7	↔	Broches PD0 à PD7 (microcontrôleur)
(connecteur) Numéros 8 à 13	↔	Broches PB0 à PB5 (microcontrôleur)
(connecteur) ANALOG IN 0 à 5	↔	Broches PC0 à PC5 (microcontrôleur)

ATTENTION : avec les fonctions Arduino (pinMode, digitalRead, digitalWrite ...), les signaux sont repérés selon la numérotation des connecteurs (partie gauche). En revanche, lorsque l'on programme en bas niveau, on utilise le nom des registres/des broches du microcontrôleur (partie droite).

`digitalWrite(10,HIGH); //Arduino` ↔ met la sortie PB2 du microC. à l'état HAUT
`analogRead(1); //Arduino` ↔ lit l'entrée analogique sur PC1

4.4.1.8 Microcontrôleur ATMEL ATmega328

Le microcontrôleur de la carte Arduino UNO est un ATmega328. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits. Les principales caractéristiques sont :

FLASH = mémoire programme de 32Ko

SRAM = données (volatiles) 2Ko

EEPROM = données (non volatiles) 1Ko

Digital I/O (entrées-sorties Tout Ou Rien) =

3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O)

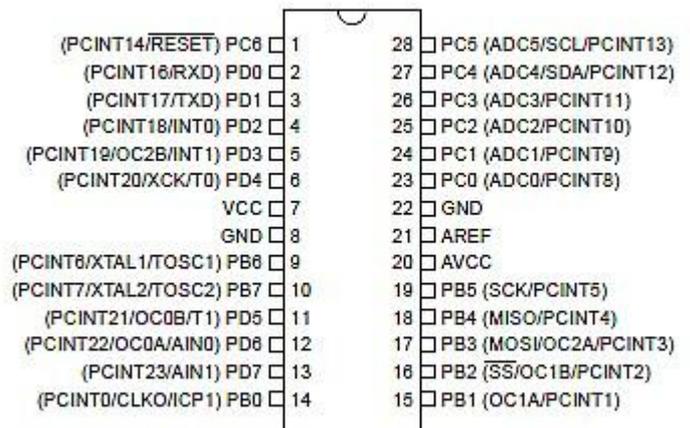
Timers/Counters : Timer0 et Timer2

(comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16bits)

Chaque timer peut être utilisé pour générer

deux signaux PWM. (6 broches OCxA/OCxB) *Plusieurs broches multi-fonctions* : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes, choisies par programmation. Elles ont alors plusieurs noms sur le brochage (voir ci-avant)

Par exemple, les broches PB1, PB2, PB3, PD3, PD5, PD6 peuvent servir de sortie PWM (Pulse Width Modulation), c'est-à-dire des sorties qui joueront le rôle de sorties analogiques.



CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Elles correspondent aux broches des connecteurs 3,5,6,9,10 et 11. Cet autre rôle possible est lié aux timers et ces broches sont alors appelées OCxA ou OcxB dans la documentation. Ce sont les mêmes broches, mais pour une autre fonction. Si vous regardez à nouveau le brochage, vous constaterez que toutes les broches sont multi-fonctions.

PWM = 6 broches OC0A(PD6), OC0B(PD5), OC1A(PB1), OC1B(PB2), OC2A(PB3), OC2B(PD3)

Les broches du PORTC peuvent être converties par un convertisseur Analog to Digital.

Analog to Digital Converter (résolution 10bits) = 6 entrées multiplexées ADC0(PC0) à ADC5(PC5)

Gestion bus I2C (TWI Two Wire Interface) = le bus est exploité via les broches SDA(PC5)/SCL(PC4).

Port série (USART) = émission/réception série via les broches TXD(PD1)/RXD(PD0)

Comparateur Analogique = broches AIN0(PD6) et AIN1 (PD7) peut déclencher interruption Watchdog Timer programmable.

Gestion d'interruptions (24 sources possibles (cf interrupt vectors)) : en résumé

- Interruptions liées aux entrées INT0 (PD2) et INT1 (PD3)
- Interruptions sur changement d'état des broches PCINT0 à PCINT23
- Interruptions liées aux Timers 0, 1 et 2 (plusieurs causes configurables)
- Interruption liée au comparateur analogique
- Interruption de fin de conversion ADC
- Interruptions du port série USART
- Interruption du bus TWI (I2C)

4.4.1.10 Fonctionnement du prototype

Notre prototype d'analyseur d'huile moteur est alimenté avec un courant de 12 volts (batterie) 75A. Nous avons un carter d'huile moteur ayant à ces extrémités l'infrarouge à droite et la LDR à gauche sur des tubes cylindriques vitrés aux extrémités en contact avec l'huile et sont alimentés par la carte arduino ; Face l'un de l'autre, l'infrarouge donne l'éclat pour permettre

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

à la LDR de bien analyse l'huile et d'envoyer l'information a la carte, qui analyse ses informations et restitue a l'afficheur sous forme numérique, la viscosité et la température d'huile moteur à travers la sonde de température, la carte commande aussi deux lampes du tableau où l'une annonce la vidange proche et l'autre déclenche la vidange.

CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de décrit de compte en compte notre prototype à savoir son application, les défis liés aux techniques traditionnel, le matériels, le dessin de prototypage, la disposition sur le véhicule, le câblage de chaque élément, les précautions à prendre, la caractérisation de la carte arduino et enfin présentation et fonctionnement du prototype. A la suite nous verrons comment l'utiliser, sa maintenance, les coûts et les difficultés rencontrés lors de la conception et de la réalisation du prototype.

CHAPITRE 5 ; EXPLOITATION, FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE, COUT ET DIFFICULTÉS RENCONTRES

Introduction

L'analyseur de l'huile moteur est un dispositif électronique permettant de donner les informations sur la dégradation progressive d'huile moteur en fonctionnement, et de déclencher la vidange ainsi que le contrôle du bon fonctionnement moteur au niveau des cylindres, des coussinets... . D'optimiser les couts d'entretiens, de maintenances et assurer le bon fonctionnement du moteur. Composer de plusieurs éléments à savoir : le microcontrôleur, la lampe infrarouge, la lampe LDR un afficheur les LED et les câbles. La maintenance étant un ensemble de processus permettant de garder un bien en bon état pendant une certaine période et les coûts consistes à l'ensemble des dépenses effectué pour mettre sur pied notre prototype.

5.1 EXPLOITATION DE L'ANALYSEUR

Ce prototype est conçu pour être utilisé sur des véhicules automobiles de toute marque et de toutes dimensions telles que les voitures de tourisme, les carminions et les camionnettes. Pouvant supporter une tension de 5 à 24 volts conçu afin que le conducteur ou l'argent de maintenance puis voir sur le tableau de bord la dégradation progressive d'huile de vidange au point de déclenchement de la vidange.

5.2 FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE

Notre analyseur d'huile moteur fonctionne sous énergie électrique, composé d'un afficheur LCD, qui donne en première ligne le pourcentage de dégradation d'huile moteur et la température en seconde ligne.

- 100/100 carter d'huile vide,

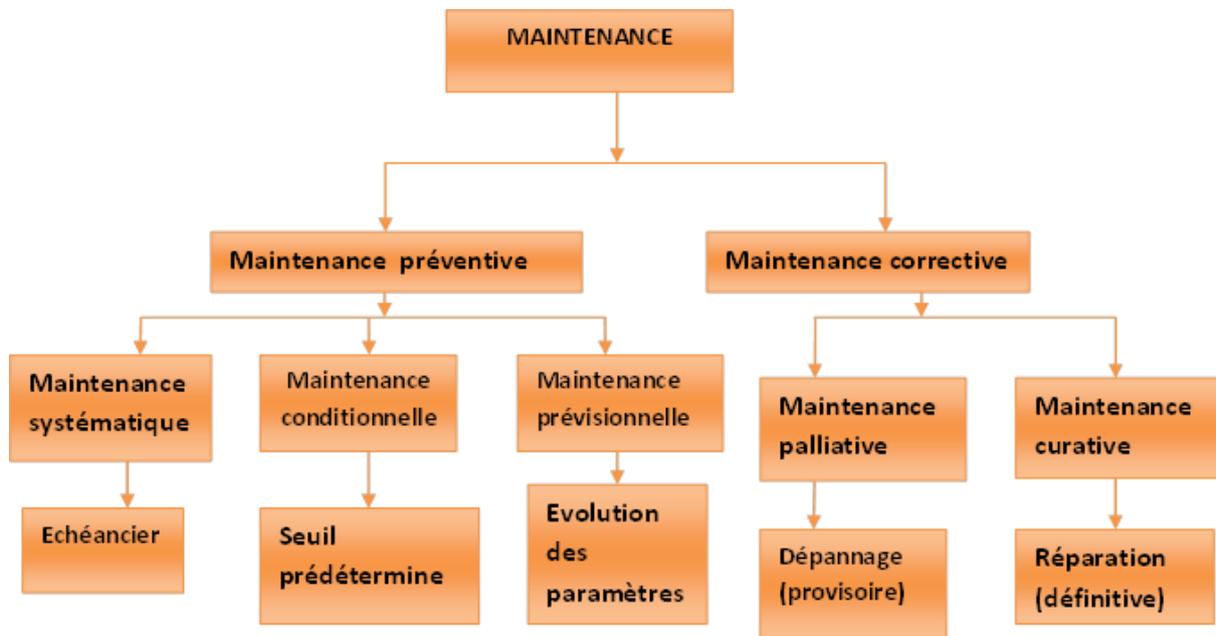
CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- 0/100 huile en très mauvaise état (dégradé plus),
- 25 a 10/100 huile dégradé, une LED sur le tableau de bord s'allume pour annoncer l'approche de la prochaine vidange,
- 10/100 les deux LED restent allumer pour annoncer la vidange immédiate.

La deuxième ligne nous présente la température d'huile moteur grâce à notre sonde.

5.3 MAINTENANCE DE NOTRE ANALYSEUR

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administrative et de management effectuer durant le cycle de vie d'un bien et destiner à le maintenir ou à le rétablir dans un état ou il peut accomplir une fonction requise. Comment donc assurer la maintenance de notre dispositif ? Répondre à cette interrogation vas nous permettre de ressortir celles qui sont appropriées à notre prototype, Comme tout système, pour assurer un fonctionnement en continue il est judicieux de le maintenir. Cette maintenance se déroule suivant plusieurs étapes représentées par l'organigramme suivant :



5.3.1 Maintenance préventive

Cette maintenance a pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un système ou bien. Pour bien la mener, on la subdivise comme en trois types qui sont :

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- Maintenance systématique : c'est la maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi et bien défini.
- Maintenance conditionnelle : ici, il existe des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service.

Pour ces deux types de maintenance il est conseillé pour notre système de débarrasser la surface du capteur, du laser et de l'afficheur de tous dépôts de tartre sur les parois régulièrement, cette action nous permet d'assurer la bonne qualité des résultats obtenus en réduisant au maximum possible les erreurs.

- Maintenance prévisionnelle : c'est la maintenance préventive subordonné à l'analyse de l'évolution surveillé des paramètres significatifs de l'état de dégradation du bien permettant de rétablir et de planifier les interventions.

Pour notre dispositif on peut avoir comme exemple la tension d'alimentation et la connexion des câbles.

5.3.2 Maintenance corrective

C'est l'ensemble des activités réaliser après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise au moins provisoirement. Elle est subdivisée en deux types dont on a :

- La maintenance palliative : elle est destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction requise généralement appeler dépannage.
- La maintenance curative : elle a pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifique ou lui permettre d'accomplir une fonction requise (changer une pièce défectueuse) .

5.4 COUTS DE L'ANALYSEUR

C'est l'ensemble des dépenses effectuées pour mettre sur pied notre analyseur d'huile moteur.

Dans cette partie nous allons donner les coûts exacts des matériels et travaux qui nous ont permis de mettre sur pied notre dispositif.

Tableau 5 : Coût de conception et réalisation du prototype d'analyseur d'huile

N ^o	DESIGNATION	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (FCFA)	PRIX TOTAL (FCFA)
01	Etude de faisabilité	/	/	30 000
02	Enceinte du système	01	25 000	25 000

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

03	Carte Arduino	01	50 000	50 000
04	afficheur	01	20 000	20 000
05	Carter d'huile	01	6 000	6 000
06	Câble éclectique	5 mètres	800	4 000
07	Logiciel Arduino	01	5 000	5 000
08	La LRD	01	3 000	3 000
09	infrarouge	01	4000	4000
10	caisse	01	2000	2000
11	Main d'œuvre	15 heures	3 000	45 000
12	Divers	/	/	50265
MONTANT				259265

D'après le récapitulatif, nous avons fait une dépense de deux cent cinquante-neuf mille deux cent soixante-cinq franc pour réaliser notre prototype.

5.5 Difficultés rencontrés

Les difficultés consistent à tous problèmes rencontrés avant pendant et après la conception et réalisation de notre prototype, pour cela nous avons rencontrés plusieurs difficultés à savoir :

- La possession de notre capteur rhéonique, à cause de covid 19 le magasin a fermé ces portes et nous n'avons pas pu entrer en possession,
- Le choix de l'analyseur adaptable aux véhicules automobiles,
- Le dimensionnement de la carte Arduino,
- Les multiples voyages,
- La programmation du prototype,
- Le choix d'installation fonctionnel des éléments,

Conclusion

Au terme de notre chapitre, nous avons donné l'utilisation de notre analyseur d'huile moteur et avons constaté qu'il peut être utilisé sur tous types de véhicule automobile, son fonctionnement étant aisé et facile à gérer, jute distinguer l'affichage au tableau de bord. Sa maintenance est facile si on maîtrise son fonctionnement, les différents couts effectues sont un peu élever à causer des petites erreurs effectuer au début qui ont été la cause de la destruction

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

de plusieurs matériel et des déplacements. Et les difficultés rencontrées la principale était la persévérance d'être livré par la maison rhéonique pour le compte de la conception et de la réalisation du prototype.

Conclusion générale

Arriver au terme de notre rédaction ou il a été question pour nous de CONCEVOIR ET REALISER UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR adaptable (EMBARQUE) SUR VEHICULE AUTOMOBILE. Nous avons commencé par répartir notre travail en cinq chapitre à savoir, le premier est porté sur la généralité des lubrifiants et les huiles moteur et le second sur l'analyse des différentes méthodes d'analyse d'huile ou dans ce chapitre nous avons parlé des différentes compositions d'une huile moteur et ces additifs, au troisième chapitre de l'étude, conception de l'analyseur d'huile, qui a consisté à présenter les différents schémas électriques des circuits, assemblés formeront le module, le capteur, l'infrarouge et l'afficheur qui débouchera à notre analyseur par défaut de notre capteur rhéologique commande à l'étranger et n'avons pas pu avoir, Nous avons utilisé les matériels locaux pour notre prototype. Le quatrième chapitre qui est l'avant dernier avait pour titre l'étude de fabrication, qui a consisté à présenter chaque élément du prototype avec son fonctionnement et l'assemblage de ces éléments, ainsi que la sonde de température qui est un facteur très important dans la dégradation d'huile moteur. Et enfin le chapitre cinq qui a consisté à l'utilisation, le fonctionnement, la maintenance, les coûts et les difficultés rencontrées pour la conception et réalisation du prototype. Nous avons constaté que la dégradation d'huile moteur est plus basée sur la viscosité et les impuretés, nous avons réalisé l'analyseur d'huile moteur qui était constitué d'une LDR et un infrarouge qui filment l'huile et renvoie les informations au module, il les traite et renvoie le signal au tableau de bord en terme de pourcentage ainsi que la température d'huile.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

[1] DONGMO KEMGUI Michel Loïc, *Etude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'images*, 2020 ENSET Ebolowa.

[2] : Nader BENSALÉM, Lubrification et graissage, 2010. (*Support de cours non publié*)

[3] :BOUZERKOUNE Nadjet, LAZIZI Khadidja, Contribution à la mise en place d'une démarche pour le suivi des qualités des huiles lubrifiantes en service, Université M'Hamed BOUGUERRA- Boumerdès, 2017.

[4] :M. ATANGANA Mesmin, dynamique des fluides réels, Université de Yaoundé I, ENSET d'Ebolowa, 2018-2019. (*Support de cours non publié*)

[5] : Dr NKOUMI, THERMIQUE, Université de Yaoundé I, ENSET d'Ebolowa, 2018-2019. (*Support de cours non publié*)

[6] :https://www.researchgate.net/publication/303652715_Generalite_sur_les_moteurs_thermiques

[7] : cor_lubrification.pdf, consulté le 05/10/19 page 2-6.

[8] :asm, Le circuit de lubrification des moteurs diesel.

[9] : Chouchène Mohamed, analyses des huiles industriels, ISET Siliana, chapitre II (*Support de cours non publié*)

[10] : NDIAYISSI et NGONGADAV analyseur des gaz de, ENSET d Ebolowa 2020-2021.

[11] :www.quelle-huile-moteur-choisir.com

[12] : RABHI Mouldi, ISET de GAFSA, Département Génie Mécanique, Contrôle Non Destructif CND,2016-2017. (*Support de cours non publié*)

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

- [13] : lycee de taaone.TMSI, analyse d'huile, 2005. (*Support de cours non publié*)
- [14] : Ashley Mayer, WearCheck, notions de base pour les débutants (partie 2) ou les autres tests et ce qu'ils nous enseignent, TB 20F, mai 2016.
- [16] : A. ELHAJJI, Techniques Spectroscopiques, Chapitre I. (*Support de cours non publié*)
- [17] : Michel Murphy, L'histoire des analyses d'huile-des buvards aux capteurs, 2002/2006.
- [18] : TEUMA DJIELA Edouard, Study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2014.
- [19] : MANGOUA MANGOUA Alex Paulin, Improvement of study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2015.
- [20] : KENGUE KEMTA Florent, Improvement of study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2016.
- [21] : AMINOUE DJALIGUE et EDIMO Malloh Eitel, Système de diagnostic à distance d'huile moteur par spectroscopie électronique imagerie numérique, ENSET de Douala, 2018/2019.
- [22] : JINGAI SHAO-FOSTER A AGBLEVOR, New rapid method for the determination of total acid number (tan) of bio-oils, Columbia international publishing, 2015.
- [23] : AGOSTON-AL, Present in the viscosity sensors for engine oil condition monitoring-application and interpretation of results , 2005.
- [24] : Total lubrifiant, RUBIA S 40, huile monograde pour moteur Diesel, février 2013.
- [25] : Steven Lara-Lee Lumley, WearCheck, les meilleurs programmes d'analyse d'huile commencent par un bon échantillon, TB 49 F, janvier 2016.
- [26] : Mourtada Benazzouz, Université de Tlemcen-Algérie, Segmentation d'images microscopiques basée sur les attributs textures, 20 février 2015.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

[27] : OLIVIER REGNIERS, Méthodes d'analyse de texture pour la cartographie d'occupations du sol par télédétection très haute résolution, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX, 11 décembre 2014.

[28] : Aissaoui Houssem Eddine-Belhabri Mohamed Amine, Analyse de la texture: Filtrage et Matrice de cooccurrence, Université Abou Bakr Belkaid, Département d'Informatique, 2013-2014.

[29] : Hanifi Majdoulayne, Extraction de caractéristiques de texture pour la classification d'images satellites, UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 02/11/2009.

[12] : <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>

[15] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrométrie>.

[30] : <https://www.amazon.fr/fermeture-pochettes-alimentaire-50microns-eco/dp/B008KN18B4>

[31] : <http://www.fiches-auto.fr/articles-auto/huiles-et-lubrification/s-1882-viscosite-de-l-huile-comprendre-et-choisir.php>

[32] : <https://www.trucnet.com/mathworks-matlab-r2015a-x64-120418/amp/>

[33] : www.SpectroInc.com

[34] : <https://www.hellopro.fr/mettler-toledo-laboratoire-35769-1000585-societe.html>

[35] : <http://www.oxford-instruments.com/foundry-master-pro>

[36] : Congrès Français de Mécanique, Caractérisation du pouvoir lubrifiant des huiles en frottement abrasif, 22ème, Lyon, 24 au 28 Août 2015, page. 2.

[37] : Lycée de TAAONE, TMSI, Ressources d'analyse d'huile, page. 6.

[39] : CITE DES EYRIEUX, stratégie de maintenance, analyse des lubrifiants.doc, pp. 2-3.

[40] : decouverte_arduino.pdf

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

[41] : exemple_arduino_phisque.doc

[42] Arduinocottenceau2016

[43] comparatif-technique-cartes-arduino

[44] 5bb9505fb71330f13c2297f07b63f1b4

[45] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Huile>

[46] Frederic.bouquet@u-psud.fr, julien.bobroff@u-psud.fr

[47] tribologue F. AL-BENDER de l'université Catholique de Kuleuven

[48] capteur rheonic

[49] Arduinocoottenceau2016

int LDR = A0;

int LED1 = 4;

int LED2 = 5;

int LED3 = 6;

int LED4 = 7;

int LED5 = 8;

int LED6 = 9;

int LED7 = 10;

int LED8 = 11;

int LED9 = 12;

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
long int Valeur = 0;

void setup() {

    // put your setup code here, to run once:

    Serial.begin(9600); //

    pinMode(LDR,INPUT);

    pinMode(LED1, OUTPUT);

    pinMode(LED2, OUTPUT);

    pinMode(LED3, OUTPUT);

    pinMode(LED4, OUTPUT);

    pinMode(LED5, OUTPUT);

    pinMode(LED6, OUTPUT);

    pinMode(LED7, OUTPUT);

    pinMode(LED8, OUTPUT);

    pinMode(LED9, OUTPUT);

    digitalWrite(LED1,HIGH);

    digitalWrite(LED2,HIGH);

    digitalWrite(LED3,HIGH);

    digitalWrite(LED4,HIGH);

    digitalWrite(LED5,HIGH);

    digitalWrite(LED6,HIGH);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED7,HIGH);

digitalWrite(LED8,HIGH);

digitalWrite(LED9,HIGH);

delay(2000);

digitalWrite(LED1,LOW);

digitalWrite(LED2,LOW);

digitalWrite(LED3,LOW);

digitalWrite(LED4,LOW);

digitalWrite(LED5,LOW);

digitalWrite(LED6,LOW);

digitalWrite(LED7,LOW);

digitalWrite(LED8,LOW);

digitalWrite(LED9,LOW);

void loop() { }

// put your main code here, to run repeatedly:

// lectureLDR

Valeur = analogRead(LDR);

Serial.print(" Valeur lumière = ");

Serial.println(Valeur);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
if(analogRead(LDR) > 920){  
  
    Serial.print(" BOCAL VIDE = ");  
  
    digitalWrite(LED1,LOW);  
  
    digitalWrite(LED2,LOW);  
  
    digitalWrite(LED3,LOW);  
  
    digitalWrite(LED4,LOW);  
  
    digitalWrite(LED5,LOW);  
  
    digitalWrite(LED6,LOW);  
  
    digitalWrite(LED7,LOW);  
  
    digitalWrite(LED8,LOW);  
  
    digitalWrite(LED9,LOW);  
  
    }else if(analogRead(LDR) > 400){  
  
    digitalWrite(LED1,HIGH);  
  
    digitalWrite(LED2,LOW);  
  
    digitalWrite(LED3,LOW);  
  
    digitalWrite(LED4,LOW);  
  
    digitalWrite(LED5,LOW);  
  
    digitalWrite(LED6,LOW);  
  
    digitalWrite(LED7,LOW);  
  
    digitalWrite(LED8,LOW);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED9,LOW);

    }else if(analogRead(LDR) > 368){

digitalWrite(LED1,HIGH);

digitalWrite(LED2,HIGH);

digitalWrite(LED3,LOW);

digitalWrite(LED4,LOW);

digitalWrite(LED5,LOW);

digitalWrite(LED6,LOW);

digitalWrite(LED7,LOW);

digitalWrite(LED8,LOW);

digitalWrite(LED9,LOW);

    }else if(analogRead(LDR) > 336){

digitalWrite(LED1,HIGH);

digitalWrite(LED2,HIGH);

digitalWrite(LED3,HIGH);

digitalWrite(LED4,LOW);

digitalWrite(LED5,LOW);

digitalWrite(LED6,LOW);

digitalWrite(LED7,LOW);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED8,LOW);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW);
```

```
    }else if(analogRead(LDR) > 304){
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED4,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED5,LOW);
```

```
digitalWrite(LED6,LOW);
```

```
digitalWrite(LED7,LOW);
```

```
digitalWrite(LED8,LOW);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW);
```

```
    }else if(analogRead(LDR) > 272){
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED4,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED5,HIGH);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED6,LOW);
```

```
digitalWrite(LED7,LOW);
```

```
digitalWrite(LED8,LOW);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW);
```

```
    }else if(analogRead(LDR) > 240){
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED4,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED5,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED6,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED7,LOW);
```

```
digitalWrite(LED8,LOW);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW)
```

```
    }else if(analogRead(LDR) > 208){
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED4,HIGH);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED5,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED6,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED7,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED8,LOW);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW);
```

```
    }else if(analogRead(LDR) > 176){
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED4,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED5,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED6,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED7,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED8,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED9,LOW);
```

```
    }else {
```

```
digitalWrite(LED1,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED2,HIGH);
```

```
digitalWrite(LED3,HIGH);
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
digitalWrite(LED4,HIGH);

digitalWrite(LED5,HIGH);

digitalWrite(LED6,HIGH);

digitalWrite(LED7,HIGH);

digitalWrite(LED8,HIGH);

digitalWrite(LED9,HIGH);

}

delay(1000);

//fin lecture LDR

}
```

Annexe STRUCTURE D'UN PROGRAMME

//Declaration des variables :

```
int led = 13; // fixe la variable led à 13 byte bytea ; // entier de 0 à 255 int integer1 ; // entier
-32,768 à 32,767 unsigned int uInteger1 ; // 0 à 65,535 float mesure1 ; // reel
```

```
boolean flag=true; // booleen true ou false
```

```
int tableauInt[6] ; //tableau d'entiers a 6 entrées, numérotées de 0 à 5
```

// Initialisation des ports de la carte qui seront utilisés et initialisation du port série

```
void setup() { // cette séquence est réalisée une seule fois, au début
Serial.begin(9600); // initialise le port série pinMode(3, OUTPUT); //
initialise la voie 3 comme sortie pinMode(4, INPUT); // initialise la voie 4 comme
entrée
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
pinMode(led, INPUT);    // si led est une constante de valeur 13, initialise la voie 13  
comme entrée
```

```
} // fin de la procédure setup()
```

// programme principal : une boucle qui tourne à l'infini:

```
void loop() {
```

```
instructions du programme à mettre ici;
```

```
}
```

4.5 INSTRUCTIONS LES PLUS UTILES

Attention : la capitalisation des lettres est importante !

Imposer des tensions aux sorties de la carte (Ecrire) :

```
digitalWrite(3, HIGH); // impose la valeur HIGH au port 3 défini comme OUTPUT
```

(autrement dit, envoie 5 V à la sortie du port D3). On peut mettre LOW et dans ce cas, c'est 0 V.

```
analogWrite(6,100) ; // impose la valeur 100 au port D6 défini comme OUTPUT (il s'agit  
d'une sortie analogique PWM). Cette valeur est définie entre 0 et 255 (255 vaut 5 V et 0 vaut  
0 V donc 100 correspondra ici à une tension moyenne en sortie de D6 de 1,96 V).
```

Lire des tensions aux entrées de la carte :

```
buttonState = digitalRead(4); // lit la valeur HIGH ou LOW du port D4 défini comme  
INPUT (ici buttonState a été défini comme boolean)
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

val = analogRead(5); // lit la valeur analogique au port 5 défini comme INPUT (valeur entière comprise entre 0 et 1023) **affecter une valeur à un tableau** readings[3] = 1 ;

transformation d'un entier en réel ;

nombriereel = float(nombrentier) ; **exemples de calculs simples** (faire attention aux types réel ou entier):

Vmes= average*Vref/1024; temp = (Rmes/100-1)/3.85e-3; **attente en millisecondes:**

delay(1); **mesure du temps écoulé depuis le lancement du programme en millisecondes:**
time = millis(); (définir time comme unsigned long) **envoi sur port série de chaîne de caractère :**

```
Serial.print("Mesure : ");
```

```
Serial.print(variable) ; // ça envoie la valeur de variable
```

```
Serial.println(" toto "); // Envoi d'une chaîne avec retour à la ligne (car « println » et pas « print » indispensable en fin de ligne:
```

une boucle for (ici de 0 à 99) :

```
for (int index=0; index < 100; index++){  instructions de la boucle à executer ;  
  
}
```

autre exemple:

```
for(int x = 2; x < 100; x = x * 1.5){  instructions de la boucle à executer ;  
  
}
```

une boucle while

(ici qui s'exécute tant que index est <3, et à chaque tour on ajoute 1)

```
while (index< 3) {  index = index + 1 ;
```

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

```
} do {
```

```
instruction à faire;
```

```
}
```

une condition if (ici par exemple sur la valeur d'un boolean buttonState:

```
if (buttonState == HIGH) {
```

```
instruction à écrire ici si buttonState vaut HIGH ;
```

```
} else { instruction à écrire ici si buttonState vaut LOW ;
```

```
}
```



CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE

Annexe 0 : Huile ayant une viscosité très élevée due à la surchauffe



Annexe 1 : figure d'analyse des différentes huiles

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ANALYSEUR D'HUILE MOTEUR ADAPTABLE (EMBARQUER) SUR VEHICULE AUTOMOBILE



Annexe 2 Résultat de la programmation



Annexe 3 programmations du prototype