

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO  
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE - DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

SOCIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE AUTOMOBILE MALAGASY

**E.S.P.A. - S.I.C.A.M.**



*Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Industriel*  
Date de soutenance : 24 Avril 2005

PRESENTÉ PAR :

**RABENILALANA Harilandy Zafimaron**

Directeurs de mémoire :

ANDRIANAHAISON Yvon  
RAKOTONDRAASOA Radovola Gabrielson

Antananarivo- ESPA  
2004

## SOMMAIRE

LISTE DES ACRONYMES .....	iv
LISTES DES FIGURES .....	v
LISTES DES TABLEAUX.....	vii

## TABLE DES MATIERES

<b>CHAPITRE I –</b>	
<b>LE MOTEUR THERMIQUE</b>	
I.1.	Généralités .....1
I.1.1.	Principe de fonctionnement .....2
I.1.2.	Classification des machines thermiques.....2
I.1.3.	Classification des moteurs thermiques.....3
I.1.4.	Cycle thermodynamique .....4
I.2.	La combustion .....5
I.2.1.	Définition .....5
I.2.2.	Combustion normale .....5
I.2.3.	Combustion anormale .....6
I.3.	Allumage .....7
I.3.1.	Système d'allumage .....7
I.3.2.	Principe de fonctionnement .....7
I.3.3.	Différents types d'allumage .....8
I.4.	Injection .....12
I.4.1.	Structure d'un système d'injection électronique.....12
I.4.2.	Principe de l'injection électronique .....13
I.4.3.	Type d'injection d'essence.....13
I.4.4.	Détermination de la durée d'ouverture d'un injecteur .....14
I.5.	Performance du moteur.....15
I.5.1.	Interprétation schématique.....15
I.5.2.	Couples moteur .....16
I.5.3.	Puissances .....17
I.5.4.	Consommation spécifique.....18
I.5.5.	Pression moyenne .....18
I.5.6.	Courbes caractéristiques couple, puissance, consommation.....19
I.5.7.	Rendements.....21
I.5.8.	Relation entre rendement et consommation spécifique .....23
I.5.9.	Moyens d'action pour augmenter la performance .....23
I.5.10.	Plages de performance des capteurs - actuateurs en fonctionnement normale .....24
<b>CHAPITRE II</b>	
<b>GESTION ELECTRONIQUE DU MOTEUR SUR PEUGEOT 406</b>	
II.1.	Calculateur numérique .....26
II.1.1.	Introduction.....26
II.1.2.	Structure interne.....26
II.1.3.	Calculateur Bosch Motronic MP5.2 et ses organes périphériques.....27
II.1.4.	Interaction entre capteur – calculateur - actuateur .....27

II.2. Fonctions de base du calculateur .....	29
II.3. Fonctions supplémentaires.....	29
II.4. Capteurs et actuateurs .....	30
II.4.1. Capteurs .....	30
II.4.2. Actuateurs .....	31

## **CHAPITRE III**

### **CONCEPTION DE LA CHAINE D'ACQUISITION DES DONNEES**

III.1. Principe.....	35
III.2. Signaux d'entrées .....	35
III.3. Numérisation du signal d'entrée.....	37
III.3.1. Echantillonneur-bloqueur .....	37
III.4. Circuit de limitation de courant.....	37
III.5. Multiplexeur .....	38
III.6. Conversion analogique - numérique .....	39
III.6.1. Composant électronique .....	39
III.6.2. Qualités et défauts d'un CAN.....	39
III.6.3. Choix du CAN.....	39
III.6.4. Brochage.....	40
III.7. Présentation du boîtier SIMPERF .....	41
III.7.1. Présentation externe.....	41
III.7.2. Présentation interne .....	42
III.7.3. Structure « bus système » .....	43
III.7.4. Module alimentation secteur .....	43
III.7.5. Module Conversion Analogique Numérique.....	45
III.7.6. Module d'acquisition signaux analogiques .....	47
III.7.7. Module de simulation des paramètres d'entrées.....	48
III.8. Micro-ordinateur.....	49
III.8.1. Architecture .....	49
III.8.2. Dialogue entre unité centrale-périphérique .....	50
III.8.3. Ports série .....	51
III.8.4. Ports parallèle .....	52
III.8.5. Processus générale d'acquisition d'une voie analogique .....	55

## **CHAPITRE IV**

### **EXPLOITATION DU LOGICIEL**

IV.1. Synoptique du programme global du logiciel.....	57
IV.2. Installation du Microsoft Visual Studio 6.0.....	58
IV.3. Installation du SIMPERF .....	58
IV.4. Démarrage .....	58
IV.5. Lancement .....	58
IV.6. Visualisation.....	61
IV.7. Performance.....	63
IV.8. Résumé .....	64
IV.9. Mode opératoire d'exploitation de travail .....	66

## **CHAPITRE V ACQUISITION DE DONNEES EN TEMPS REEL**

V.1. L'Oscilloscope numérique.....	67
V.2. Le logiciel de contrôle et de diagnostic .....	69

## **CHAPITRE VI IMPACT DES GAZ D'ECHAPPEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT**

VI.1..Composition et nuisance des gaz d'échappement.....	70
VI.2..Action différée des gaz d'échappement.....	70
VI.3..Influence des différents paramètres sur le gaz d'échappement.....	71
VI.4..Moyens d'action pour réduire la pollution de l'environnement .....	71
VI.5..Réglementation des polluants à l'échappement.....	71
VI.6..Réglementation actuelle.....	71
VI.7..Réglementation future.....	71

## **ANNEXES**

- Annexe II : nomenclature des composants électroniques du boîtier SIMPERF
- Annexe II : plage des paramètres d'E / S d'un calculateur BOSCH MP5.2
- Annexe III : test de performance relevé sur circuit en Finlande saison 2002
- Annexe IV : méthode adoptée pour la mesure de la température
- Annexe V : listing des programmes du logiciel
- Annexe V : dimensionnement de la performance

## LISTES DES ACRONYMES

AD	: Analog Device
ABR	: Anti-Bloquage des Roues
F/A	: Air-Fuel
BOZ :	: Bloqueur d'Ordre Zéro
BPO / UPO	: Bipolaire / Unipolaire
B.T.	: Basse Tension
BVA	: Boîte de Vitesse Automatique
CAF	: Centre d'Apprentissage et de Formation
CAN	: Convertisseur Analogique Numérique
CE	: Chip Enable
CS	: Chip select
CIM	: Corps d'Injection Monopoint
CMOS	: Circuit Metal Oxyde Conductor
CTN	: Coefficient de Température Négatif
CTP	: Coefficient de Température Positif
DCD	: Décodeur
DEMUX	: Démultiplexeur
DLL	: Data Link Library
E	: Echantillonnage
EGR	: Exhaust Gaz Recycled
EPA	: Exhaust Pollution Atmospheric
ESPA: Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo	
E.V.	: Electrovanne
H.T.	: Haute tension
kW	: kiloWatt
LS	: Low Schottky
MUX : Multiplexeur	
P.C.	: Personal Computer
PMB	: Point Mort Bas
PMH : Point Mort Haut	
RAM : Random Accessible Memory	
RD	: Read
ROM : Read Only Memory	
SICAM	: Société Industrielle et Commerciale Automobile Malagasy
SIMPERF	: Simulateur de Performance Moteur
SHED	: Sealed Housing for Evaporate Determination
Tps	: Temps
TTL	: Transistor-Transistor Logic
Therm. Clim.	: Thermostat Climatiseur
UAL	: Unité Arithmétique Logique
V	: Volt
WR	: Write

## LISTES DES FIGURES

<b>Figure I-1</b> : coupe d'un moteur thermique avec ses organes mécaniques.....	1
<b>Figure I-2</b> : principe de fonctionnement d'un moteur à explosion.....	2
<b>Figure I-3</b> : classification des machines thermiques .....	3
<b>Figure I-4</b> : cycle théorique .....	4
<b>Figure I-5</b> : comparaison cycle théorique – cycle réel .....	4
<b>Figure I-6</b> : diagramme de pression avec cliquetis intense .....	6
<b>Figure I-7</b> : structure d'un système d'allumage .....	7
<b>Figure I-8</b> : courbe de la tension secondaire .....	8
<b>Figure I-9</b> : schéma de principe d'un allumage transistorisé à déclenchement par rupteur .....	8
<b>Figure I-10</b> : structure d'un allumage transistorisé à générateur d'impulsion .....	9
<b>Figure I-11</b> : allumeur et générateur d'impulsion inductif.....	9
<b>Figure I-12</b> : allumeur et générateur à effet Hall.....	10
<b>Figure I-13</b> : schéma de principe d'un allumage électronique.....	10
<b>Figure I-14</b> : exemple de cartographie d'allumage .....	10
<b>Figure I-15</b> : allumage électronique intégral à une bougie par cylindre .....	11
<b>Figure I-16</b> : schéma de principe d'un système d'injection BOSCH MP5.2 .....	12
<b>Figure I-17</b> : interprétation schématique de la performance d'un moteur à explosion .....	15
<b>Figure I-18</b> : transformation de la force motrice en couple instantané .....	16
<b>Figure I-19</b> : diagramme représentatif de la variation du couple en fonction vitesse de rotation vilebrequin.....	16
<b>Figure I-20</b> : courbe de couple d'un moteur typé à bas régime.....	19
<b>Figure I-21</b> : courbe de couple d'un moteur sur une large plage de régime .....	19
<b>Figure I-22</b> : courbe de couple d'un moteur ayant son couple maximal.....	19
<b>Figure I-23</b> : évolution des différents types de puissance en fonction du régime .....	20
<b>Figure I-24</b> : courbe de consommation .....	21

<b>Figure I-25:</b> différents types de rendements partiels.....	22
<b>Figure I-26 :</b> plage de fonctionnement des capteurs en fonctionnement normale .....	24
<b>Figure I-27 :</b> plage de fonctionnement des actuateurs en fonctionnement normale.....	25
<b>Figure II-1 :</b> structure interne d'un calculateur numérique .....	26
<b>Figure II-2 :</b> schéma explicatif des liaisons entre capteur – calculateur - actuateur .....	27
<b>Figure II-3 :</b> calculateur et ses organes périphériques .....	28
<b>Figure II-4 :</b> schéma fonctionnel du calculateur avec ses organes périphériques .....	29
<b>Figure III-1 :</b> signal analogique délivré par le potentiomètre papillon.....	36
<b>Figure III-2 :</b> signal logique délivré par la BVA .....	36
<b>Figure III-3:</b> signal fréquentiel délivré par le capteur de PMH .....	36
<b>Figure III-4 :</b> schéma de principe d'un échantillonneur bloqueur .....	37
<b>Figure III-5:</b> échantillonneur bloqueur adopté.....	37
<b>Figure III-6 :</b> circuit de limitation de courant .....	38
<b>Figure III-7 :</b> structure interne du MUX HCT 4051 .....	38
<b>Figure III-8 :</b> gamme de la tension d'entrée du CAN AD670 .....	40
<b>Figure IV-9 :</b> brochage du CAN AD 670.....	40
<b>Figure III-10 :</b> le boîtier SIMPERF vue de l'extérieur .....	41
<b>Figure III-11 :</b> schéma électrique de l'alimentation de chaque module .....	44
<b>Figure II-12 :</b> schéma électrique de la carte principale .....	46
<b>Figure III-13 :</b> schéma électrique du module d'acquisition directe .....	47
<b>Figure III-14 :</b> schéma électrique du module de simulation des paramètres .....	48
<b>Figure III-15:</b> architecture du P.C.....	50
<b>Figure III-16 :</b> port COM.....	51
<b>Figure III-17:</b> brochage.....	51
<b>Figure III-18 :</b> adresse et interruption du port COM .....	51
<b>Figure III-19 :</b> port parallèle .....	52

<u>Figure III-20</u> : brochage.....	52
<u>Figure III-21</u> : registre de données .....	53
<u>Figure III-22</u> : registre d'état .....	53
<u>Figure III-23</u> : registre de commande .....	54
<u>Figure III-24</u> : exemple de langage de lecture / écriture sur le port.....	54
<u>Figure IV-1</u> : algorithme du logiciel .....	57
<u>Figure IV-2</u> : traitement d'information pour la mesure de la température du moteur.....	65
<u>Figure IV-3</u> : schéma de la voiture d'essai Peugeot 406.....	66
<u>Figure V-1</u> : oscilloscope numérique .....	68
<u>FigureV-2</u> : logiciel de contrôle – diagnostic.....	69

#### LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableaux II-1</u> tableau récapitulatif des différents paramètres d'entrées.....	32
<u>Tableaux II-2</u> tableau récapitulatif des différents paramètres de sorties .....	34
<u>Tableaux III-1</u> table de vérité du MUX HCT 4051 .....	38
<u>Tableaux VI-1</u> estimation des sources de pollution prélevé en France en 1994.....	72
<u>Tableaux VI-2</u> résultats des test prélevés au centre de sécurité routière d'Alarobia/mikoja .....	73

## ***REMERCIEMENTS***

Le présent travail a été le fruit des formations que j'ai acquises au sein de l'**Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo**, filière Génie Industriel et divers stages que j'ai pu effectuer au sein des grands concessionnaires de véhicules à Madagascar.

Il a pu être mené à terme grâce à l'aide de plusieurs personnes auxquelles je ne saurais omettre mes sincères remerciements :

❖ à Monsieur **RATOVOHARISOA**, qui a bien voulu présider ce mémoire ;

❖ à Monsieur Yvon **ANDRIANAHARISON** et Monsieur Radovola Gabrielson **RAKOTONDRAZOA**, encadreurs de ce mémoire qui malgré leurs lourdes responsabilités m'ont soutenu matériellement et guidé dans l'élaboration de ce travail ;

❖ à tous les membres de jury qui ont bien voulu examiner ce travail ;

❖ à Monsieur Alain LEBIDEAU, Directeur technique de la Société SICAM et à tout son personnel pour leur collaboration étroite et si efficace à sa réalisation ;

❖ à tous les enseignants et le personnel administratifs de l'ESPA qui ont bien voulu me guider et me former durant ces cinq années d'études ;

❖ à ma famille, mes amis, ainsi qu'à tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*a RABENILALANA Harilandy*

## INTRODUCTION

Chaque époque a ses problèmes technologiques. Pendant les années soixante, la consommation et l'utilisation de carburants à faible indice d'octane étaient à l'honneur.

Aujourd'hui, c'est la question de performance de nos moteurs qui est à l'ordre du jour, soit qu'un particulier cherche à augmenter la puissance de son moteur, soit qu'un constructeur cherche à surclasser un concurrent.

Il est donc tout à fait naturel que les revues techniques consacrent, sans exceptions, des articles sur les moyens de « booster » un moteur dans le but d'augmenter sa performance. Nous avons donc jugé utile de dégager à partir de notre thème : « *Simulateur de performance d'un moteur à injection d'essence* » les différents facteurs qui déterminent la performance d'un moteur « à explosion », travaillant d'après le cycle de « BEAU DE ROCHAS », équipé d'un système d'allumage et d'injection à commande électronique (injection d'essence indirecte de type simultané).

Le principe est très simple : on agit en modifiant manuellement les valeurs délivrées par certaines organes électriques–électroniques transmetteurs d'informations (utilisation du boîtier **SIMPERF** et d'une **boîte à borne**).

Si on recueille un meilleur temps de réponse côté injection et allumage, alors on remplace soit l'organe concerné soit on modifie les paramètres de sorties dans la cartographie d'allumage afin d'obtenir la performance voulue. Une amélioration de la performance est atteinte si on obtient un gain (rapport du résultat de simulation / constructeur) supérieur à « 1 » (résultat affiché numériquement à partir de l'écran d'un micro-ordinateur).

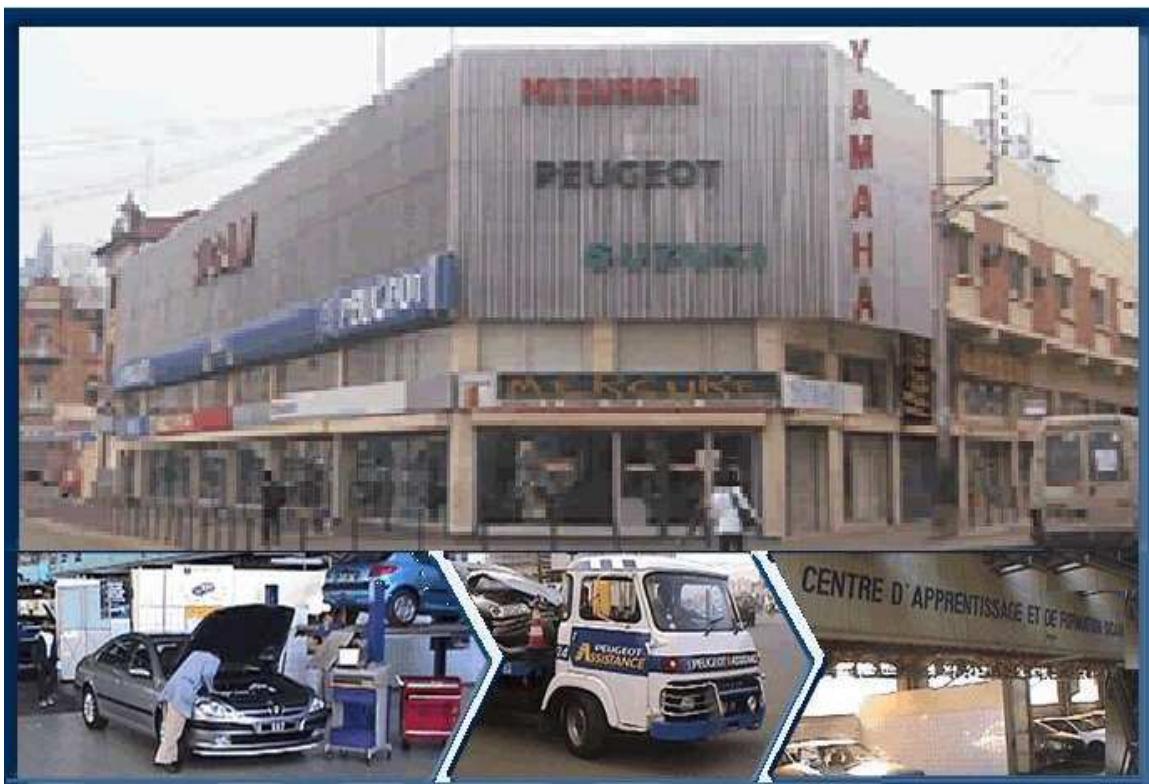
Pour cela il nous faut donc concevoir d'une part une carte d'acquisition des signaux (analogique - numérique) et d'autre part un logiciel de traitement de données en tant qu'interface entre la carte - le calculateur et le micro-ordinateur (affichage numérique).

Etant donné qu'une grande partie de l'étude a été effectuée au sein de la Société **SICAM** par l'intermédiaire de la **CAF**, nous avons alors structuré notre étude en cinq parties majeures:

- après la présentation générale de la société **SICAM** et de ses activités à Madagascar, la première partie détaillera les différents organes (électrique et mécanique) qui interviennent sur le fonctionnement et la performance du moteur à injection électronique – essence ;
- la deuxième partie est consacrée à la description du calculateur numérique et de ses organes périphériques qui assurent la gestion électronique d'un moteur à injection essence.
- la troisième partie s'étale sur la conception et l'exploitation de la carte d'interface que nous avons mis au point pour atteindre ce but ;
- la quatrième partie décrit l'acquisition en temps réel des informations émises par ces capteurs et actionneurs effectués avec la carte **SIMPERF** ;
- la cinquième partie nous informe sur les impacts environnementaux des gaz d'échappement de véhicules.

## PRESENTATION DE LA SOCIETE

### 1. Présentation de la société.



Vers l'année 1960, le groupe Ulysse Gros, représentant de la marque SIMCA s'installait à Madagascar. Après la venue de la marque Citroën, celui-ci a fusionnée avec cette dernière et donne naissance à un nouveau groupe dénommé **SICAM** ou Société Industrielle et Commerciale Automobile Malagasy spécialisée au début dans le montage des petites voitures utilitaires (2CV) et leur commercialisation.

Actuellement, le Groupe SICAM/SOCIMEX/AUSTRAL AUTOMOBILE s'étendent sur plusieurs domaines à savoir :

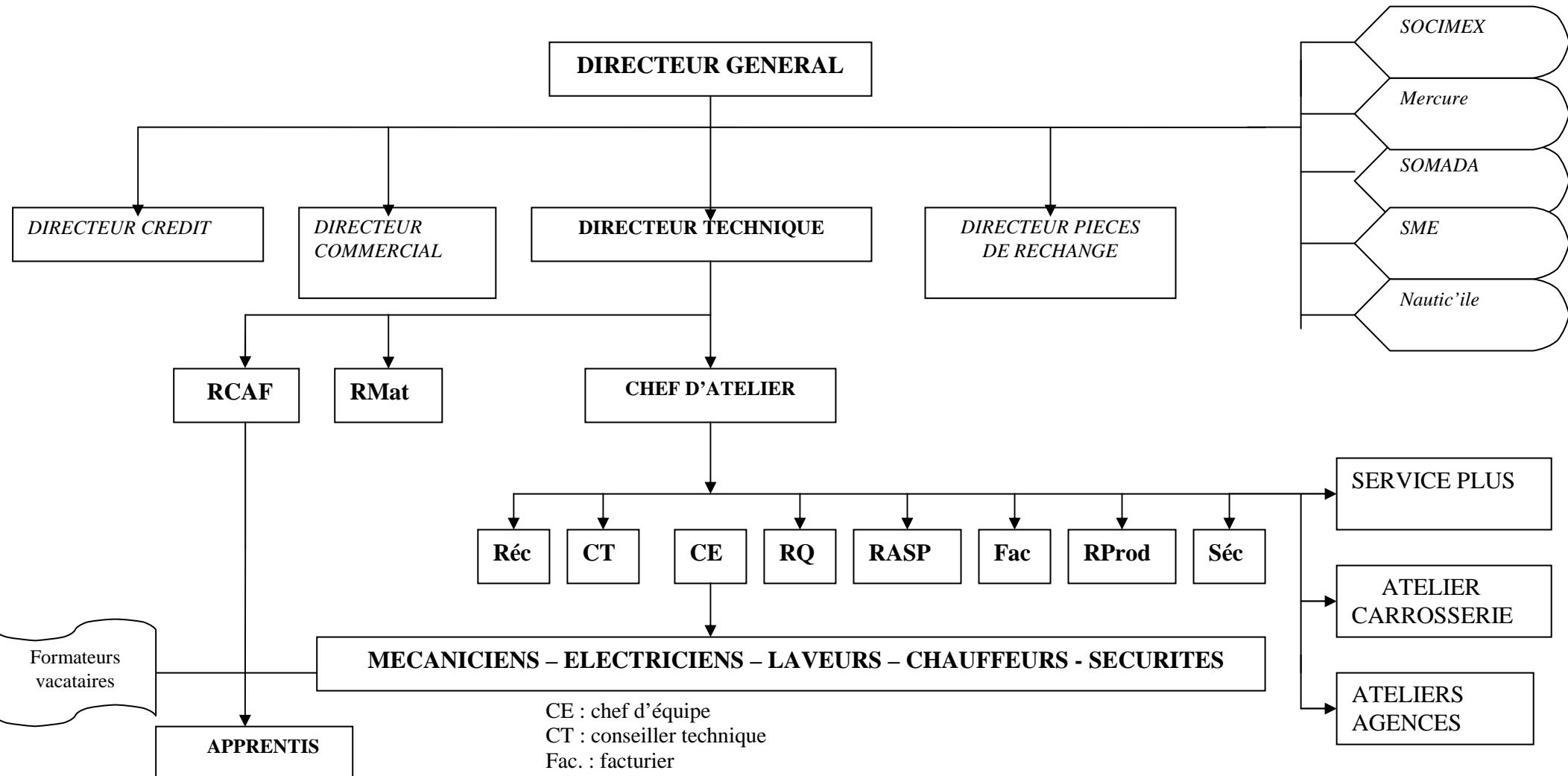
- **SICAM** : concessionnaire de voitures de marque PEUGEOT, SUZUKI, MITSUBISHI ;
- **SOCIMEX** : concessionnaire de voitures de marque HYUNDAI, HONDA, BMW, vente des matériels agricoles , bicyclette, moto et des moteurs hors-bord spécialisées pour les bateaux, et les vedettes rapide ;
- **SOMADA / HERTZ** : location de voiture ;
- **MERCURE** : agence de voyage ;
- **SME** : représentant du canal Satellite à Madagascar.

## **2. La SICAM et ses agences à Madagascar.**

La **SICAM** dispose plusieurs agences repartis dans les provinces de Madagascar, à savoir :

- Toamasina ;
- Mahajanga ;
- Antsiranana.





CE : chef d'équipe

CT : conseiller technique

Fac. : facturier

RASP : responsable achat sur place

RCAF : responsable du centre d'apprentissage et de la formation

Réc : réceptionniste

RMat : responsable matérielle

RProd : responsable productivité

RQ : responsable qualité

Séc : secrétaire

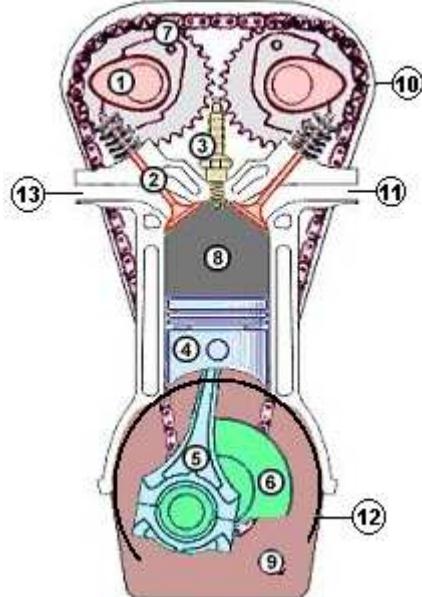
**ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION TECHNIQUE**

# Chapitre 1

## LE MOTEUR THERMIQUE ET SES PERFORMANCES

### I-1 Généralités

Tout d'abord qu'est-ce qu'un moteur ? Un moteur (figure I-1) est une boîte étanche en métal (10) creusée par des tubes, contenant des pistons (4), ceux-ci font un mouvement rectiligne alternatif dû à la transformation de l'énergie chimique du combustible en énergie mécanique « travail », par le biais de l'énergie thermique dans le compartiment (8) ; entraîne ensuite par l'intermédiaire de la bielle (5) une manivelle appellée vilebrequin (6) animé d'un mouvement rotatif, celui ci relié au volant moteur (12) fait tourner un arbre de transmission qui communique à son tour son mouvement aux roues en passant par le différentiel et entraîne le déplacement du véhicule.



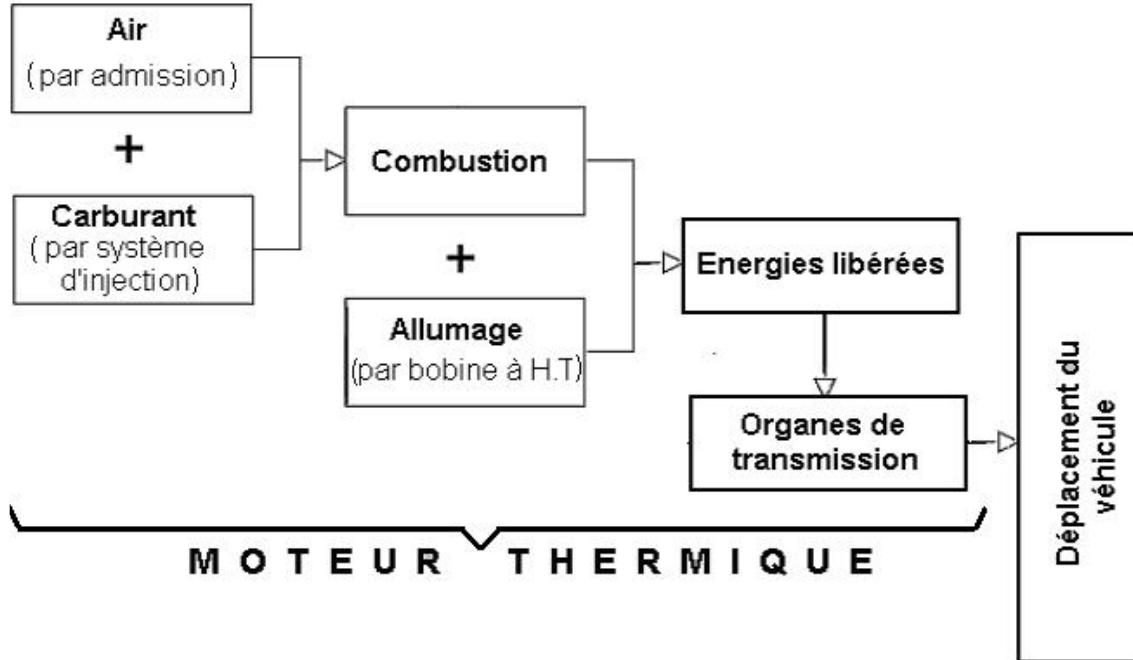
**Figure I-1 : Coupe d'un moteur thermique avec ses organes mécaniques**

Suivant leurs fonctions principales, on distingue :

- un système de distribution (7) formé par la came (1), la soupape(2), le culbuteur et la tige de commande ;
- un système de carburation formé par l'injecteur ou le carburateur ;
- un système d'alimentation chargé d'amener le carburant vers la chambre de combustion ;
- un système d'admission dirigeant le mélange gazeux vers les différents cylindres.
- une tuyauterie d'échappement (13) dirigeant les gaz brûler vers l'extérieur par l'intermédiaire d'un silencieux ;
- un système d'allumage, ici par l'intermédiaire de la bougie (3), chargé de provoquer au moment convenable l'explosion du mélange gazeux comprimé.
- un système de lubrification (9) chargé de réduire les frottements des différentes pièces métalliques en contact les unes sur les autres.

- un système de refroidissement chargé d'empêcher l'échauffement du bloc moteur qui peut nuire au fonctionnement de celui-ci.
- un système de régulation, pour éviter que le moteur ne puisse dépasser le régime admissible dans certaines conditions d'utilisations.

### **I-1-1 Principe de fonctionnement**



**Figure I-2 :Principe de fonctionnement d'un moteur à explosion**

### **I-1-2 Classification des machines thermiques**

Les moteurs thermiques (figure I-3) sont classés dans la famille des machines thermiques. D'une façon générale, les machines se divisent en deux grandes parties (figure I-3) :

- les machines à combustion interne ;
- les machines à combustion externe.

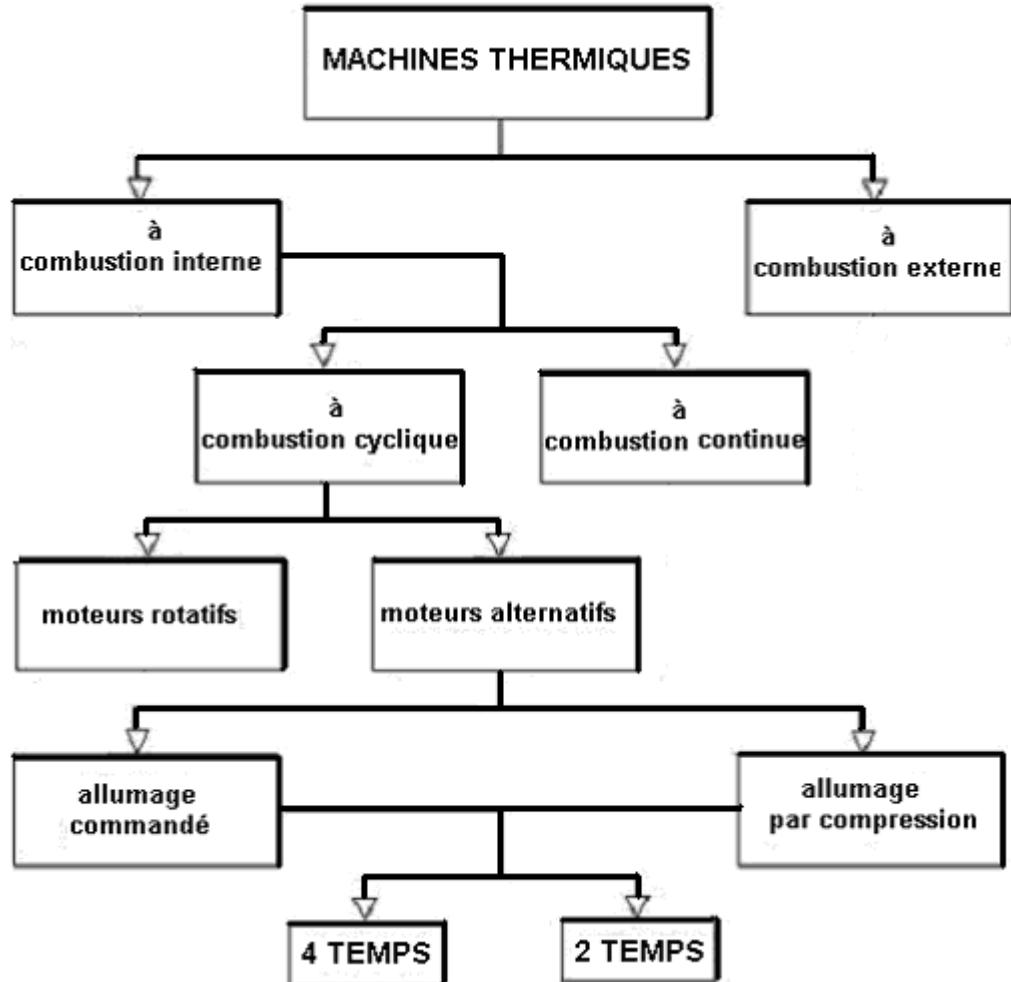


Figure I-3 :classification des machines thermique

Le moteur classique à essence appellé aussi moteur à allumage commandé, inventé par le technicien allemand « Nikolaus August Otto » est donc un moteur à combustion interne utilisé pour la propulsion des automobiles, fonctionnant suivant le cycle à 4 temps.

**Cycle** : c'est l'ensemble des opérations qui se succèdent dans leur moteur avant qu'il se retrouve dans les conditions initiales.

**Temps** : c'est le déplacement d'une course de piston qui correspond à un demi-tour de vilebrequin si ces deux éléments sont liés.

### I-1-3 Classification des moteurs thermique

On peut classer le moteur selon :

- **leur mode d'inflammation**
  - un moteur à allumage commandé ;
  - un moteur à allumage par compression ;
- **leur nombre de phases auxquelles est soumis le mélange**
  - moteur à 2 temps ;
  - moteur à 4 temps ;

### I-1-4 Cycle thermodynamique

Le Français «BEAU DE ROCHAS» propose d'appliquer, dans son brevet d'invention déposé le 16/1/1862, le processus thermodynamique appellé «cycle théorique» (figure I-4) à une masse gazeuse emprisonnée dans un moteur à piston, alors que la première réalisation pratique d'un moteur à piston suivant le cycle à 4 temps a été réussie par «OTTO» chez DEUTZ à Cologne en 1876.

Un cycle à 4 temps comprend:

- admission ;
- compression ;
- explosion et détente ;
- échappement .

Un cycle complet comprend donc 4 courses du piston, si celui ci est lié à un vilebrequin, ce dernier fera 2 tours complets.

Ci-dessous, le graphique de pression (figure I-5) relevé sur un moteur monocylindre du cycle théorique et du cycle réel.

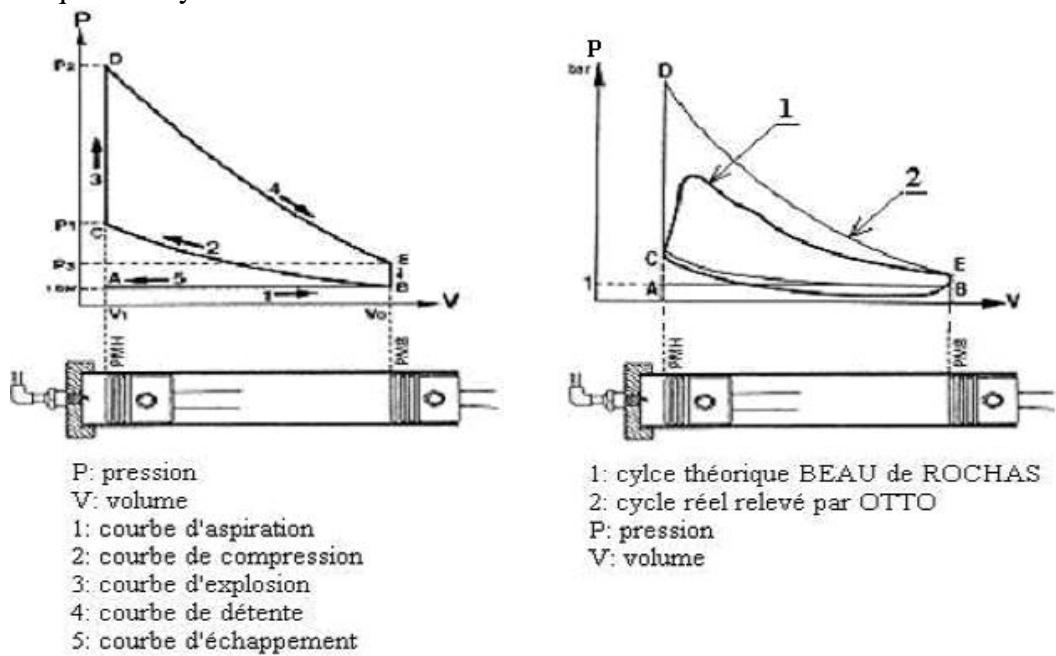


Figure I-4: cycle théorique

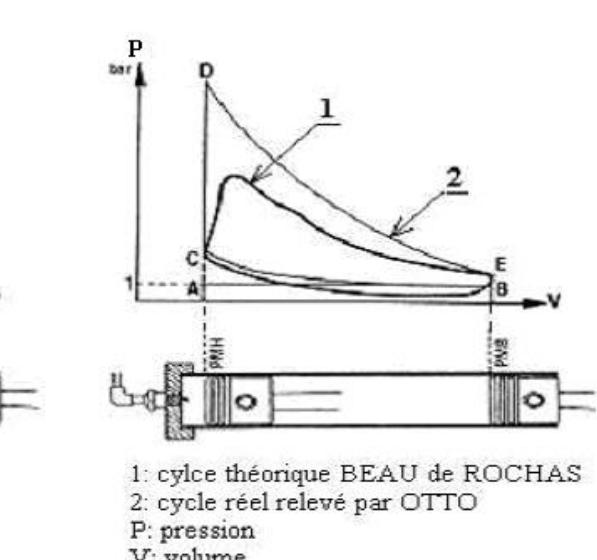


Figure I-5: comparaison cycle théorique- cycle réel

En général, le rendement global des moteurs à allumage commandé par étincelle ne dépasse pas dans la pratique de 30% ; alors que le rendement théorique varie entre 45% à 50%.

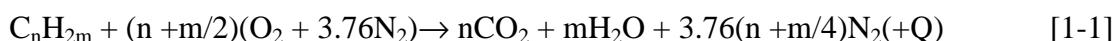
## I-2 LA COMBUSTION

### I-2-1 Définition

La combustion est l'ensemble des phénomènes qui accompagnent la combinaison d'un corps avec l'oxygène.

Le mélange gazeux est formé, d'une part d'un combustible liquide à l'état de vapeur (essence, alcool..) ou d'un gaz (gaz pauvre, acétylène...) et d'autre part d'air ambiant, qui apporte l'oxygène nécessaire. L'air est appelé « **comburant** », et les combustibles liquides constitués par des carbures d'hydrogène est désigné généralement par le nom « **carburant** ».

Equation chimique (aspect thermodynamique) :



Avec :

**C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>** formule chimique d'un hydrocarbure (exemple : essence ordinaire)

**O<sub>2</sub>** : Oxygène

**N<sub>2</sub>** : Azote

**CO** : dioxyde de carbone

**H<sub>2</sub>O**:Eau

**Q** : Chaleur de réaction ou énergie libérée par combustion

D'une manière générale, une combustion peut avoir lieu si on dispose:

❖ simultanément d'une certaine quantité de carburant et de comburant.

❖ d'un niveau de température auquel le mélange doit être porté avec une certaine condition supplémentaire, relative à la composition du mélange.

Une combustion peut être lente, vive, complète ou incomplète.

### I-2-2 Combustion normale (moteur à 4 temps)

L'inflammation du mélange est provoquée par l'étincelle de la bougie d'allumage à la fin de la phase de compression, à un instant donné du cycle avant l'arrivée du piston au « Point Mort Haut » (PMH).

Aussi l'avance à l'allumage, c'est à dire l'initiation de l'inflammation avant l'arrivée du piston au **P.M.H**, permet de corriger la durée de cette inflammation dans la chambre de combustion afin de récupérer le maximum de travail mécanique en bout du vilebrequin.

#### - Définition de la stœchiométrie et de la richesse

La composition en masse du mélange dont la combustion est complète correspond au rapport dit **stœchiométrique**.

Dans la pratique, on parlera plus volontiers de la richesse du mélange que le rapport F/A (Fuel Air-) :

$$R = \frac{(F/A) \text{ réel}}{(F/A) \text{ stoéchiométrique}} \quad [1-2]$$

si :

**R = 1**, le mélange est stoéchiométrique

**R>1**, le mélange est riche

**R<1**, le mélange est pauvre.

### - Influence des paramètres de fonctionnement du moteur sur la combustion

L'étude de la combustion permet de préciser un certain nombre de résultats bien déterminés, à savoir :

- ❖ la température d'inflammation du mélange (air + carburant)
- ❖ le carburant utilisé.
- ❖ le régime de rotation du moteur, l'avance à l'allumage.

### I-3 Combustion anormale

#### - Le cliquetis

Il s'agit d'une auto-inflammation instantanée et en masse d'une partie de la charge non encore brûlée et portée à une température et à une pression élevées par le mouvement du piston qui entraîne un dégagement d'énergie dû à la propagation du front de la flamme (figure I-6).

Il en résulte une augmentation locale de la pression suivie d'une vibration de la masse gazeuse qui réalise l'égalisation de la pression dans la chambre de combustion et crée ainsi le bruit caractéristique du cliquetis.

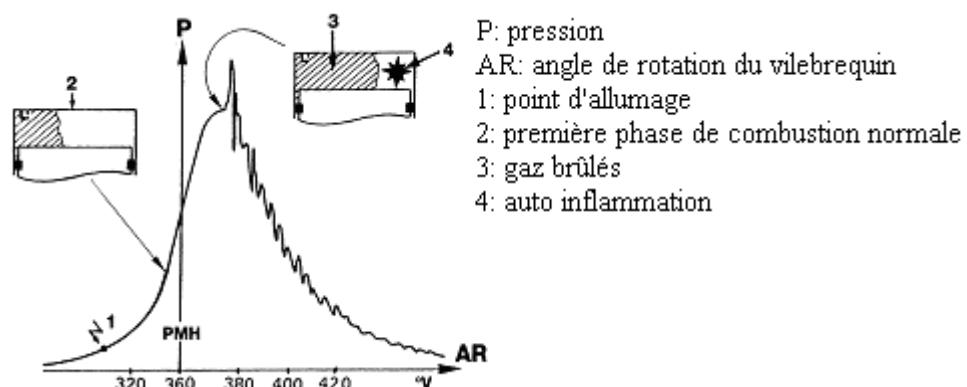


Figure I-6: Diagramme de pression avec cliquetis intense

#### - L'auto-allumage

On distingue deux types d'auto-allumage :

❖ le préallumage : il résulte d'une inflammation puis d'une combustion plus ou moins complète de la charge avant l'allumage normale par étincelle.

❖ le ré-allumage : ce phénomène se rencontre lorsque le moteur continue de tourner pendant un temps variable et à très faible régime (50 à 500tr/min).

## I-3 ALLUMAGE

L'allumage sert à amorcer à un instant très précis, un arc électrique générée entre les électrodes de la bougie, pour favoriser l'inflammation de la combustion du mélange (air-carburant) comprimé dans la chambre de combustion.

### I-3-1 Structure d'un appareil d'allumage.

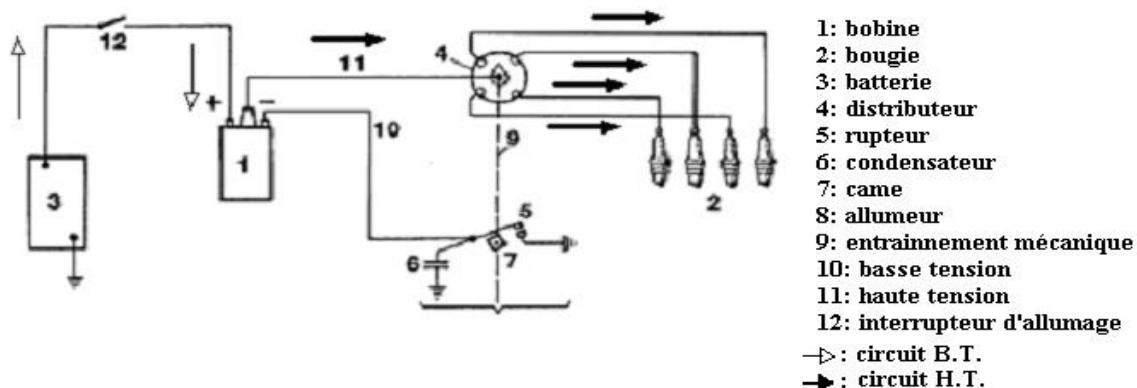
On dispose sur les véhicules une source de courant à basse tension et on l'élève grâce à une bobine d'induction à H.T. Du point de vue électrique on peut distinguer deux circuits, nettement séparés.

Dans le circuit primaire, on trouve:

- un générateur de courant à basse tension formé par une batterie d'accumulateur (source de courant alternatif, type magnéto à basse tension). La force électromotrice de ce générateur est comprise entre 6 et 12 Volts ;
- un enroulement primaire ;
- un système à commande mécanique (rupteur) ou à commande électronique (transistor de commutation) qui peuvent se séparer pour interrompre à un instant précis le courant primaire ;

Dans le circuit secondaire, on distingue l'enroulement secondaire du transformateur, les faisceaux conducteur de H.T. (suivant équipement sur véhicule), les bougies sur lesquelles le courant à haute tension passe, entre ses électrodes, sous forme d'étincelle.

Un appareil d'allumage est toujours organisé d'après le schéma suivant (figure I-7).



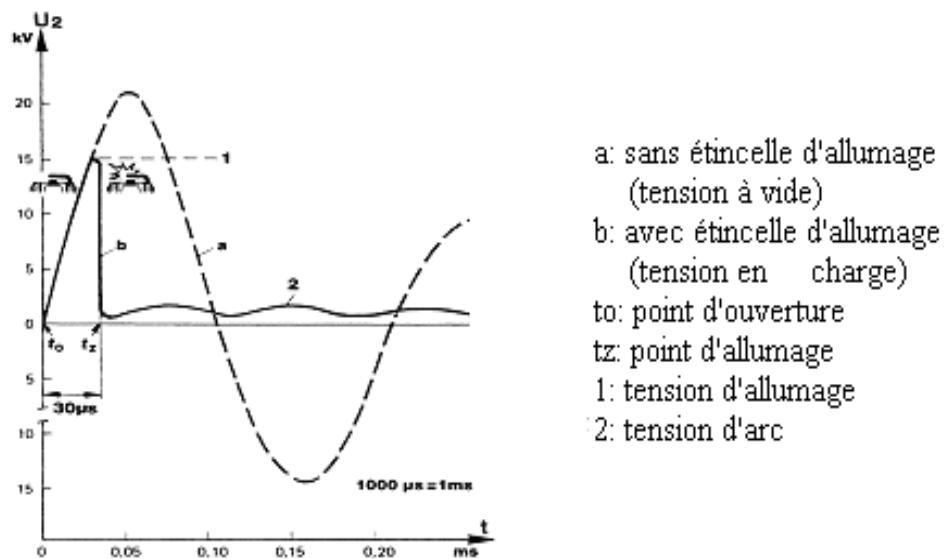
**Figure I-7 : structure d'un système d'allumage**

### I-3-2 Principe de fonctionnement

Dans le système d'allumage par batterie, l'énergie est emmagasinée dans le champ magnétique d'une bobine ; lorsque le processus d'emmagasinage est terminé, le rupteur coupe le circuit au point d'allumage, et bloque ainsi le courant primaire. La disparition du champ magnétique induit une tension dans l'enroulement primaire et dans l'enroulement secondaire.

En outre, l'enroulement secondaire comportant environ cent fois plus de spires que l'enroulement primaire, la tension est par conséquent environ cent fois plus élevée que la tension primaire. Cette tension secondaire, ou haute tension, est utilisée pour l'allumage.

Lorsque la haute tension est atteinte, l'éclateur devient subitement conducteur et l'étincelle jaillit entre les électrodes des bougies (figure I-8).



**Figure I- 8 : courbe de la tension secondaire**

### I-3-3 Les différents types d'allumage

On distingue :

- **l'allumage classique par bobine.**

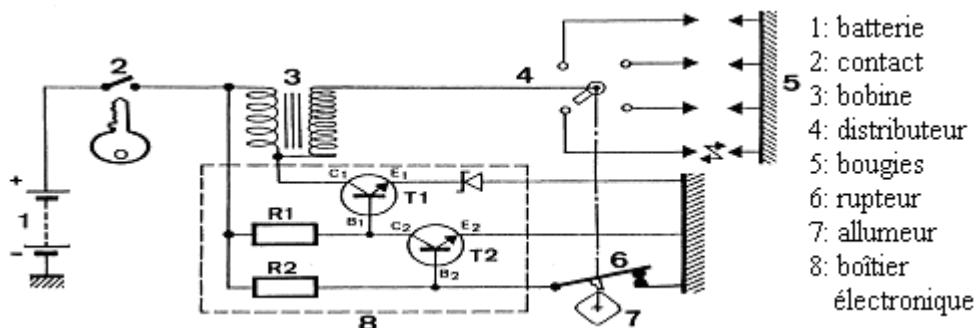
Ce système utilise un rupteur ou interrupteur (figure I-9) formé essentiellement de deux contacts ou vis platinées qui peuvent se séparer à l'instant convenable pour interrompre le courant primaire.

- **l'allumage transistorisé.**

Dans l'allumage transistorisé, il existe :

#### Allumage transistorisé à déclenchement par rupteur.

La fonction de rupture de courant est assurée par un transistor qui fonctionne sur un signal émis par le rupteur classique (figure I-9).



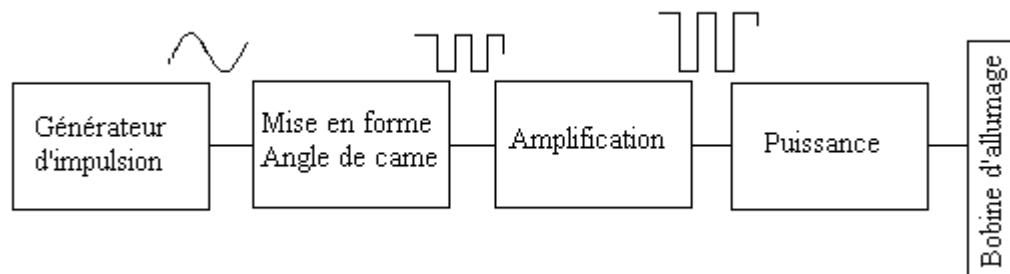
**Figure I-9 : schéma de principe d'un allumage transistorisé à déclenchement par rupteur**

#### Allumage transistorisé sans rupteur

Les composants à semi-conducteurs des systèmes d'allumages transistorisés délestant le rupteur et le remplacent par un capteur fixe en regard d'une cible rotative liée à l'arbre de l'allumeur, de faire en sorte que le signal obtenu (par la mise en

coincidence de la cible avec le capteur à induction ou à effet Hall) soit électroniquement exploitable afin de commander l'étage de puissance alimentant le primaire de la bobine.

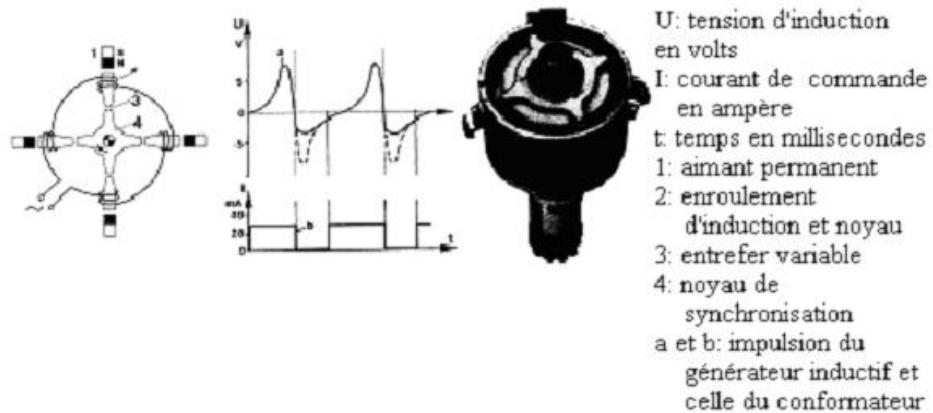
Ce type d'allumage souvent appelé "transistorisé" ou même "électronique" est actuellement le plus utilisé par les constructeurs automobiles, en raison de sa simplicité, de ses performances et de sa fiabilité.



**Figure I-10 : Structure d'un allumage transistorisé à générateur d'impulsion**

#### ❖ Générateur d'impulsions inductif.

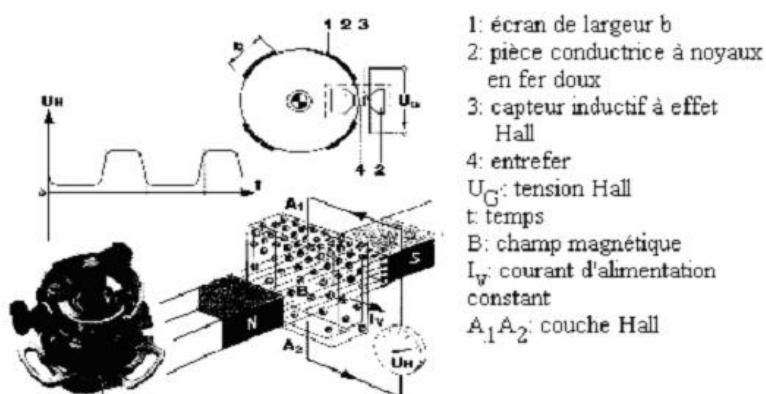
Le générateur inductif est un alternateur à excitation permanente composé d'un stator et d'un rotor (figure I-11).



**Figure I-11 :Allumeur et générateur d'impulsion inductif.**

#### ❖ Générateur d'impulsions à effet Hall

Le générateur Hall (figure I-12) est constitué d'un élément fixe, une barrière magnétique et d'un élément mobile, un tambour à écran (un écran par cylindre).



**Figure I-12 :Allumeur et générateur à effet Hall**

### Allumage électronique

Cette désignation provient du calcul désormais « **électronique** » du point d' allumage. En effet dans l'allumage électronique, le rupteur mécanique (figure I-13) est remplacé par un système à déclenchement statique. On a pu concevoir à partir de cette nouvelle technologie une loi électronique appelée « **cartographie** » (figure I-14) avec laquelle l'optimisation de l'avance à l'allumage effectuée auparavant par l'allumeur classique est désormais prédéterminée par la cartographie d'allumage et d'injection du calculateur.

#### Principe

Le principe de fonctionnement de l' allumage électronique repose sur les informations délivrées par des paramètres d' entrées (capteur ou sonde) avec lesquels le calculateur commande ensuite les paramètres de sorties (injecteur, bobine d'allumage, actuateurs ou électrovannes).

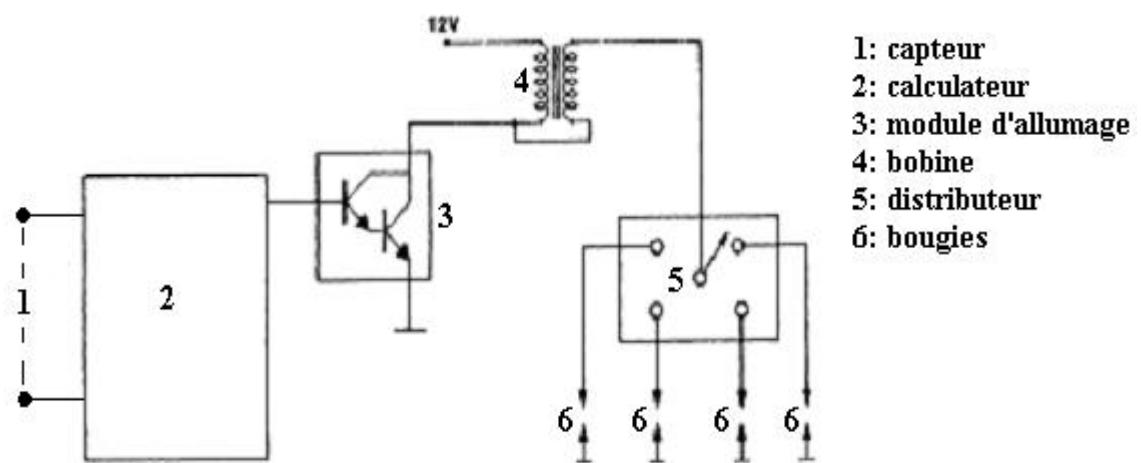


Figure I-13 : schéma de principe de l'allumage électronique

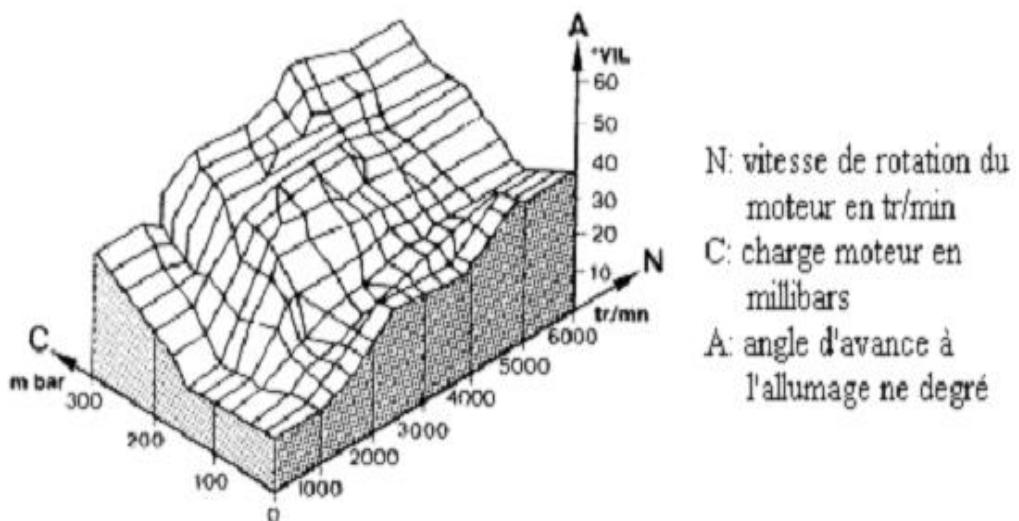
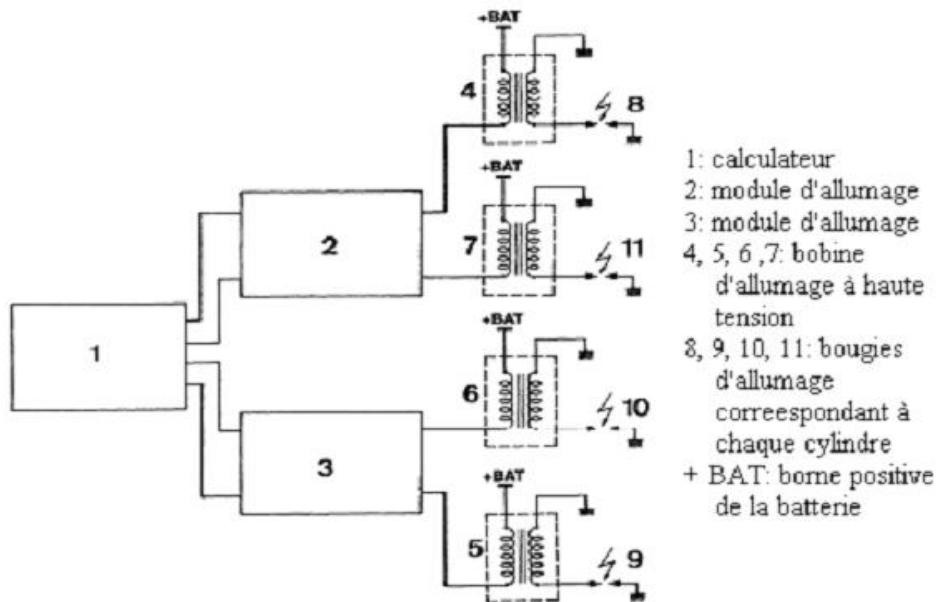


Figure I-14 : exemple de cartographie d' allumage

### Allumage électronique intégral

Dans l'allumage électronique précédent, le distributeur mécanique rotative de la haute tension est conservé, si ce distributeur est remplacé par des composants électroniques à fonctionnement statique (figure I-15), il s'agit alors d'un système d'allumage connu sous le nom « **allumage électronique intégral** ».



**Figure I-15 : allumage électronique intégral à une bougie par cylindre**

## I-4 INJECTION

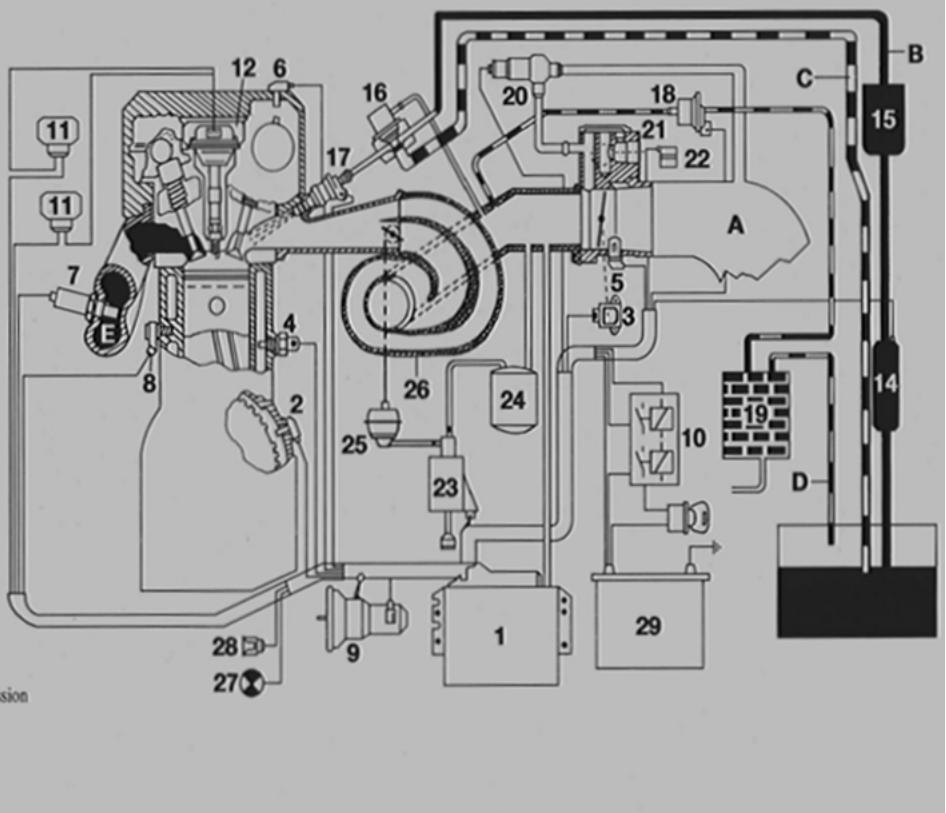
L'injection est une opération qui sert à introduire les combustibles pulvérisées par l'injecteur en fines gouttellettes à l'intérieur de la chambre de combustion. Nous allons définir la structure et quelques terminologies utilisées dans un système d'injection.

### I-4-1 Structure d'un système d'injection électronique

Dans le but d'attribuer à chaque cylindre la quantité de carburant exactement adaptée aux conditions de fonctionnement instantané du moteur, il faut détecter le plus grand nombre possible de paramètres qui ont une influence directe sur le dosage du carburant (les plus importants sont l'information de charge et de régime). Sous forme de signaux électriques, les capteurs transmettent les informations recueillies à la centrale de commande électronique qui, à partir de ces informations, calcule les besoins du moteur en carburant et commande par conséquent les injecteurs électromagnétiques.

La figure I-16 représente schéma de principe d'un système d'injection électronique.

- 1. calculateur
  - 2. capteur régime moteur
  - 3. potentiomètre position papillon
  - 4. thermistance eau moteur
  - 5. thermistance air admission
  - 6. capteur référence cylindre 1
  - 7. sonde à oxygène
  - 8. capteur cliquetis
  - 9. capteur vitesse véhicule
  - 10. relais double
  - 11. modules d'allumage
  - 12. bobines d'allumage
  - 13. réservoir
  - 14. pompe à carburant
  - 15. filtre à carburant
  - 16. régulateur de pression
  - 17. injecteurs
  - 18. électrovanne purge canister
  - 19. réservoir canister
  - 20. vanne régulation ralenti
  - 21. boîtier papillon
  - 22. résistance réchauffage boîtier papillon
  - 23. électrovanne admission variable
  - 24. réserve de dépression
  - 25. poumons admission variable
  - 26. collecteur d'admission
  - 27. voyant d'alerte injection-allumage
  - 28. connecteur test injection-allumage
  - 29. batterie
- A : pression atmosphérique, pression d'admission  
 B : carburant  
 C : retour carburant  
 D : vapeurs carburant  
 E : gaz échappement



**Figure I-16 : schéma de principe d'un système d'injection BOSCH MP5.2**

On peut décomposer le schéma en :

- ❖ un circuit d'alimentation d'air ;
- ❖ un circuit d'alimentation d'essence ;
- ❖ le système d'injection électronique proprement dit ;
- ❖ un circuit « canister » ;
- ❖ des composants pour le contrôle du moteur, hors injection ;
- ❖ un système d'échappement.

### ***Alimentation en air.***

L'air aspiré en général à l'extérieur du véhicule (afin de bénéficier d'air frais pour améliorer le remplissage des cylindres) est ensuite filtré (filtre à air) puis passe à travers un papillon vers la chambre de combustion.

### ***Alimentation en essence***

Une pompe à essence à commande électrique (le plus souvent immergée dans le réservoir) refoule le carburant du réservoir, via un filtre vers une rampe de distribution en injection.

### ***Composants électriques hors injection***

Ces autres composants (éventuels) sont rattachés:

- ❖ à la fonction allumage ;
- ❖ à des fonctions complémentaires ;
- ❖ à la fonction autodiagnostic ;
- ❖ à l'aide à la conduite.

### ***Circuit « canister » .***

Ce circuit assure le recyclage des vapeurs d'essence émises du réservoir et stockées dans un filtre à charbon actif appelé « canister ».

### ***Système d'échappement.***

Il permet l'évacuation des gaz dans la chambre de combustion.

### **I-4-2 Principe de l'injection électronique**

- ❖ Mesurer la quantité d'air entrant dans le moteur par cycle afin d'obtenir un dosage optimal à tous les régimes ;
- ❖ Calculer précisément la quantité d'essence à injecter pour obtenir la richesse du mélange recherchée ;
- ❖ Injecter cette quantité d'essence à un instant bien choisi du cycle moteur, en amont des soupapes d'admission en commandant l'(les) injecteur(s).

### **I-4-3 Type de système d'injection à essence**

Selon la façon dont l'essence dosée est introduite dans le moteur, on parlera d' :

- Injection directe : injection dans la chambre de combustion et indirecte dans le cas contraire (ce que nous utilisons, voir introduction).
- Injection continue : injection en permanence avec moteur tournant.
- Injection discontinue : injection pendant une fraction du cycle moteur.
- Injection multipoint : dispositif comportant un injecteur par cylindre qui peuvent fonctionner simultanément, séparément, ou groupé.
- Injection centralisée ou monopoint : dispositif comportant un injecteur unique pour alimenter l'ensemble des cylindres. Injection en amont du papillon (comme pour un carburateur) et formation du mélange dans le collecteur d'admission d'air.

Il est à noter cependant que l'injection à essence directe fait l'objet de nombreux travaux actuellement en raison des gains en consommation et de dépollution de l'environnement qu'elle pourrait engendrer.

#### I-4-4 Détermination de la durée d'ouverture d'un injecteur.

La durée d'ouverture d'un injecteur électromagnétique est proportionnelle à la charge et au régime de rotation du moteur.

Pour une fréquence de commande donnée, on contrôlera donc le débit d'essence en agissant sur le temps de commande des injecteurs : on parlera du « **temps d'injection  $t_i$**  ».

#### Fréquence de commande.

La fréquence de commande est généralement synchrone à la fréquence moteur ; on distingue trois (3) types de commande :

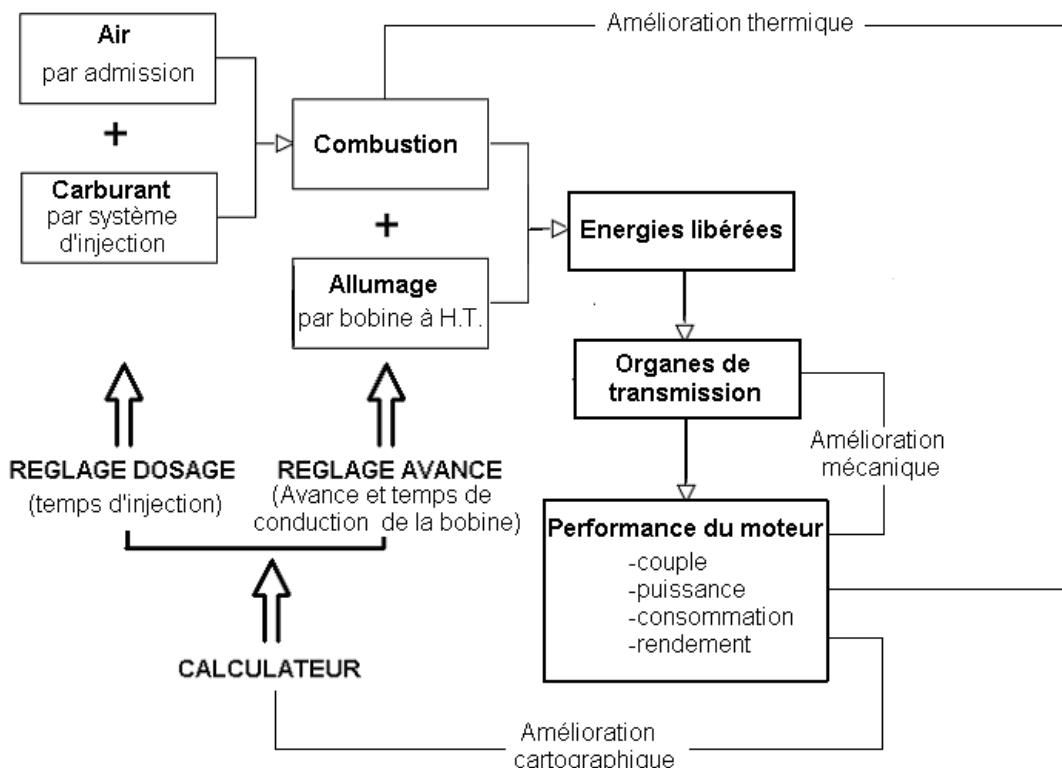
- Tous les  $\frac{1}{2}$  tours en « injection monopoint » avec 4 cylindres (correspondant à quatre (4) injections par cylindre et par cycle moteur).
- Tous les tours en « injection multipoint simultanée » (correspondant à deux (2) injections par cylindre et par cycle moteur, cas du système Bosch MP5.2).
- Tous les deux (2) tours « en injection multipoint séquentielle » (correspond à une injection par cylindre et par cycle moteur).

A noter qu'une quatrième commande est aussi possible : « l'injection groupée », intermédiaire entre l'injection simultanée et l'injection séquentielle.

## I-5 LA PERFORMANCE DU MOTEUR

La performance du moteur réflète la puissance, la vitesse, le couple maximal, la consommation, le rendement global qu'un moteur peut délivrer lors d'un test effectué sur ce véhicule. En général, ces valeurs sont inscrites dans la fiche technique du véhicule. Toute la formule décrite le long de cette paragraphe sont tirées dans la bibliographie de **L. Benoit**.

### I-4 Intérprétation schématique



**Figure I-17 : interprétation schématique de la performance d'un moteur à explosion**

En terme de motoriste, le couple moteur est le moment de ce couple de force exprimé en Newton-mètre(Nm). De ce couple est déduit le travail en Joule(J) du couple moteur :

$$\text{Travail} = \text{Couple. Angle de rotation} \quad [3-1]$$

On en déduit également la puissance du moteur ou travail qu'il peut fournir en une seconde :

$$\text{Puissance} = \text{couple. Vitesse de rotation moteur} \quad [3.2]$$

Où :

Puissance en watt(W).

Angle de rotation en radian(rad).

Vitesse de rotation moteur en tours par minute(tr/min).

Puissance et couple mesurent donc la quantité d'énergie mécanique utile recueillie sur le moteur.

La notion de rendement caractérise, quant à elle, l'efficacité du procédé de conversion de l'énergie du carburant en énergie mécanique utile.

### I-5-2 Couple moteur

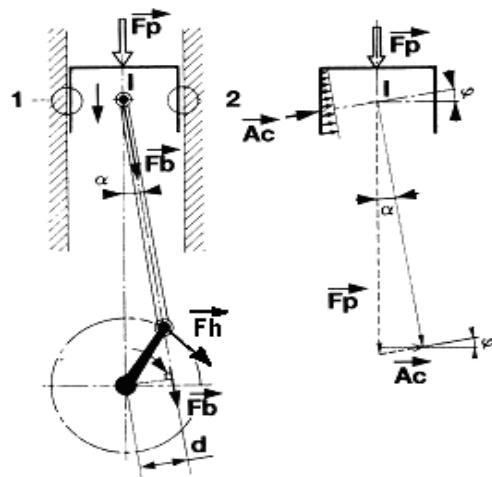
#### - Couple instantané

Par définition, le couple moteur correspond au moment de la force  $F_b$  qu'exerce la bielle sur le vilebrequin par rapport à l'axe de rotation de ce dernier (figure I-18).

Comme la pression pendant la combustion n'est pas constante dans le temps, il en va de même pour la force de poussée des gaz «  $F_p$  » et par conséquent aussi pour «  $F_b$  ».

$$C_i = F_b \cdot d \quad [3-3]$$

Par conséquent, le couple instantané «  $C_i$  » change donc constamment suivant l'angle de rotation du vilebrequin (figure I-19).



**Figure I-18: transformation de la force motrice en couple instantané**

$C_i$  : couple moteur en Nm

$F_p$  : force de poussée variable des gaz lors de la combustion

$F_b$  : effort variable exercé par le piston sur la bielle (en N)

$d$  : bras de levier formé par le décalage existant entre l'axe de rotation du vilebrequin et l'axe de la force (en m)

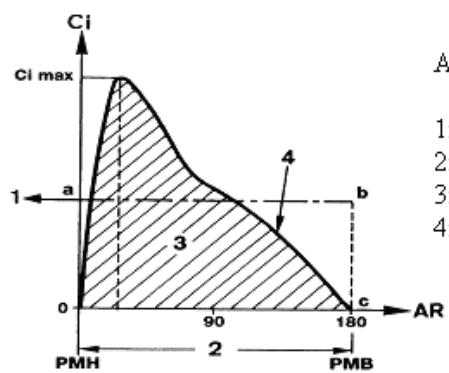
$\alpha$  : angle d'obliquité de la bielle

$A_c$  : action exercée par le cylindre sur le piston

$\varphi$  : angle de frottement existant entre piston et cylindre (en °)

1 : frottement piston - cylindre

2 : décollement



- AR: angle de rotation du vilebrequin en degré
- 1: couple moyen développé
- 2: combustion-détente
- 3: aire de la courbe
- 4: gonflement de la courbe dûe au force d'inertie

**Figure I-19: diagramme représentant la variation du couple instantané en fonction de l'angle de rotation du vilebrequin.**

### - Couple de renversement

Le couple de renversement est le produit de la composante « Fh » (appliquant le piston sur le cylindre au temps moteur) par la longueur séparant l'axe « O » du vilebrequin du pied de la bielle I au moment considéré, elle est donnée par la formule :

$$Cr = Fh \cdot OI \quad [3-4]$$

### I-5-3 Puissance

La puissance est le produit du couple par le régime avec le facteur 1/9550. Elle dépend pour un couple donné, du régime auquel on pourra faire tourner le moteur sans que ce couple baisse exagérément. La puissance dépend donc à la fois de la grandeur « **Fp** » et de la vitesse de déplacement du point d'application.

Par conséquent, la puissance maximum varie non seulement avec la force d'explosion mais aussi avec le régime.

### - Puissance effective

Lorsqu'on parle de « puissance » d'un moteur il est question de « puissance effective », ou puissance effectivement recueillie sur l'arbre vilebrequin à sa sortie du moteur.

Elle se mesure par banc d'essai (Frein de Prony, Banc-Balance, Frein Froude, Dynamo-dynamomètre) et se différencie par leur procédé de mesure (moteurs équipé ou non de ses organes périphériques) et les normes utilisées (SAE, DIN, CEE).

La puissance effective est donnée par la formule :

$$Pe = Pi - Pf \quad [3-5]$$

Où :

**Pi** : puissance indiquée ou puissance totale développée dans les cylindres moteurs résultants de la pression du fluide moteur agissant sur le piston exprimé en Kilowatt.

**Pf** : puissance dissipée au niveau du moteur lui-même pour vaincre les frottements des éléments mobiles et entraîner les accessoires exprimé en Kilowatt.

### - Puissance théorique

La puissance théorique est la puissance fournie par le travail de la combustion des gaz dans la chambre de combustion.

La puissance théorique (bibliographie) est donnée par la formule :

$$\text{Ou : } Pt = (\text{Travail thermique} / \text{Temps}) \cdot 4180 \quad [3-6]$$

$$Pt = (\text{Poids horaire de l'essence. Pouvoir calorifique} / 3600) \cdot 4180 \quad [3-7]$$

Soit :

$$Pt = 0.00116 \cdot L \cdot d \cdot P_c \quad [3-8]$$

Où :

Pt : exprimé en kilowatt(kW).

L : *consommation* en litre par heure (l/h).

d : densité.

Pc : pouvoir calorifique en kilocalorie par kilogramme (kcal/kg).

### - Puissance indiquée

Elle est seulement recueillie sur la piston par suite des pertes de calories, à travers les parois du cylindre, par l'échappement, etc....et est donnée par la formule:

$$P_i = (1/12000) \cdot P_m \cdot N \cdot V \quad [3-9]$$

où :

$P_m$  : pression moyenne en N/cm<sup>2</sup>.

N : régime en tr/mn.

V : cylindrée totale en litre.

$P_i$  : exprimée en kilowatt

### - Puissance spécifique

C'est la puissance donnée rapportée au litre de cylindrée. Elle donne une idée des progrès techniques réalisés dans la construction des moteurs.

### - Puissance et couple spécifique

Afin d'établir des comparaisons intéressantes entre les performances des moteurs, on considère souvent comme éléments d'appréciation la puissance et le couple rapportés au cylindré du moteur. On parle de puissance et couple spécifique :

$$\text{Puissance / cylindrée} = (\text{couple} / \text{cylindrée}) \cdot \text{régime de rotation} \quad [3-10]$$

Où :

Puissance/cylindrée= puissance spécifique en Kilowatt par litre(kW/l).

Couple/Cylindrée= Couple spécifique en Newton-mètre par litre(Nm/l).

### I-5-4 Consommation spécifique

La consommation spécifique (CSE) est le rapport entre la consommation horaire (Ch) et la puissance effective (Pe) pour un point de fonctionnement(charge, régime) donné :

$$CSE = \text{Consommation horaire} / \text{Puissance effective} \quad [3-11]$$

### I-5-5 Pression moyenne

La pression moyenne effective découle de la pression maximale de combustion car pour un régime de rotation donné ; l'influence des paramètres de construction et de réglage du moteur s'exercent essentiellement sur le rapport « **Couple / Cylindrée** » qui a les dimensions d'une pression.

On parlera respectivement de pression moyenne effective (**PME**) et pression moyenne indiquée (**PMI**) lorsque l'on se réfère au travail effectif et au travail indiqué.

Par conséquent :

$$PMI = (1200 \cdot P_i) / (\text{cylindrée} \cdot N) \quad [3-12]$$

et

$$PME = (1200 \cdot P_e) / (\text{cylindrée} \cdot N) \quad [3-13]$$

Où :

$P_i$  : puissance indiquée exprimé en (kW).

$P_e$  : puissance effective exprimé en (kW).

$N$  : vitesse de rotation du moteur exprimé en (tr/min).

### I-5-6 Courbe caractéristique couple, puissance, consommation

Les « courbes caractéristiques » d'un moteur sont les courbes représentant en fonction de la vitesse de rotation du moteur, à pleine charge :

- la puissance ;
- le couple moteur ;
- la consommation spécifique.

Les valeurs de ces caractéristiques se mesurent à l'aide d'un « **banc d'essai** ».

#### - Courbes « couple »

L'examen de la courbe de couple nous renseigne exactement sur:

- ❖ la valeur maximum du couple et le régime correspondant
- ❖ la plus ou moins bonne conservation du couple en fonction du régime.

Pour un moteur donné, le couple (figure I-20, figure I-21, figure I-22) varie uniquement, en raison du remplissage des cylindres. Si le papillon est complètement ouvert suivant la charge du moteur, le remplissage est plus ou moins complet.

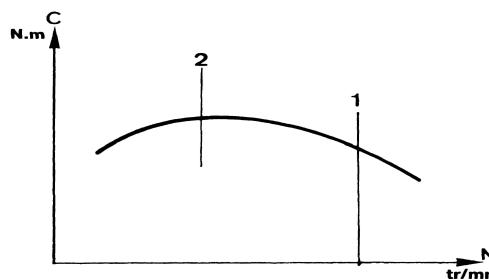


Figure I-20 : courbe de couple d'un moteur typé à bas régime.

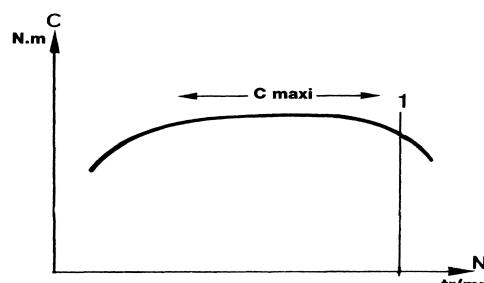
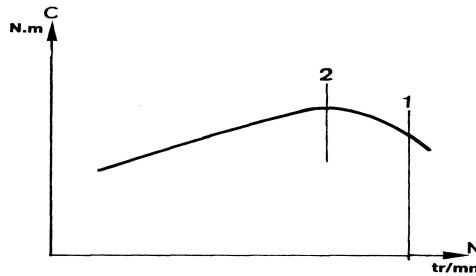


Figure I-21 : courbe de couple d'un moteur sur une large plage de régime.



**Figure I-22 : courbe de couple d'un moteur ayant son couple maximal.**

Avec :

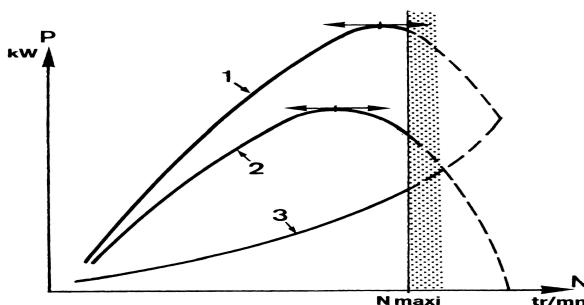
1 : régime de puissance maximale.

2 : régime de couple maximal.

#### - Courbes « puissance »

Une fois le couple déterminé au banc d'essai, on en déduit la puissance par le calcul dont on a déterminé précédemment. La courbe de puissance découle donc directement de la courbe de couple (figure I-23).

La valeur de puissance maximum dite « puissance de frein » est la puissance réelle maximum que peut fournir le moteur.



**Figure I-23 : évolution des puissances indiquées, effectives et de frottement en fonction du régime.**

Où :

$P$  : puissance en kW.

$N$  : régime en tr/min.

1 : Courbe de la puissance indiquée «  $P_i$  ».

2 : Courbe de puissance effective «  $P_e$  ».

3 : Courbe de perte par frottement.

#### - Courbes « consommation spécifique »

La consommation spécifique correspond aux lieux géométriques des points de fonctionnement des courbes tracées (figure I-24) sur un diagramme soit de la puissance / régime, soit du couple / régime. Ces courbes sont utiles pour l'adaptation d'un moteur à un véhicule.

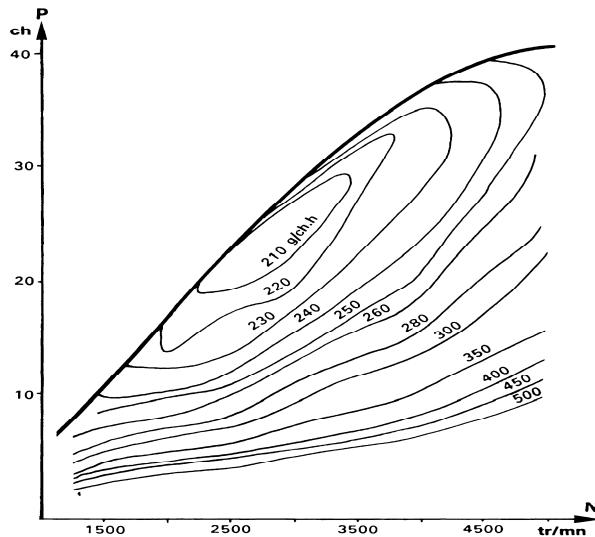


Figure I-24: courbe de consommation.

Où :

N : régime en tr/min.

P : puissance en chevaux (ch)

### I-5-7 Rendement

Lorsque l'on cherche à déterminer le rendement d'un moteur, il s'agit du rendement maximum correspondant à un régime optimal à pleine admission.

A pleine charge, le rendement varie toutefois avec le régime momentané du moteur ; en outre il baisse sensiblement à charge partiel ou en régime ralenti du moteur.

#### - Types de rendement

##### Rendement global et rendement partiel :

Le rendement (figure I-25) d'une transformation est le rapport de l'énergie utilisable (en sortie) sur l'énergie fournie en entrée, on peut en déduire également le rendement global du moteur :

$$\eta_g = \eta_{\text{comb}} \cdot \eta_{\text{thth}} \cdot \eta_{\text{cycle}} \cdot \eta_{\text{méc}} \quad [3-13]$$

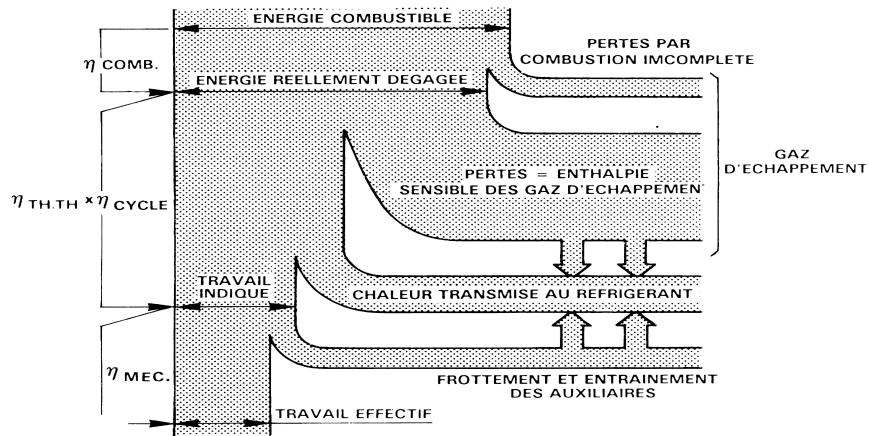
Où:

$\eta_{\text{comb}}$ : rendement de combustion.

$\eta_{\text{thth}}$ : rendement thermodynamique théorique.

$\eta_{\text{cycle}}$ : rendement du cycle.

$\eta_{\text{méc}}$ : rendement mécanique.



**Figure I-25 : types de rendements partiels.**

#### Rendement de combustion :

Il est égal au rapport de l'énergie dégagée par la combustion réelle à l'énergie calorifique introduite par le combustible. Ce rendement est voisin de 1(100%) en mélange avec excès d'air et « inférieur à 1 » en mélange riche.

#### Rendement théorique thermodynamique :

C'est le rendement de la transformation thermodynamique selon le cycle théorique de Beau de Rochas.

Par exemple, pour des rapports volumétriques respectivement égaux à 8 et 10, si on prend par une valeur de coefficient polytropique  $\gamma = 1.33$  on aura d'après la formule ci-dessous un rendement compris entre 49,6% et 53,2%.

$$\eta_{th\ th} = 1 - (1/\varepsilon^{(\gamma-1)}) \quad [3-14]$$

où :

$\gamma$  : rapport volumétrique

$\varepsilon$  : coefficient polytropique

#### Rendement du cycle :

Le rendement de cycle ou rendement de diagramme est le rapport de la surface du diagramme réel à celle du diagramme théorique. Ce rapport qui est en fonction du taux de remplissage du cylindre ne dépasse pas 0,80 (80%).

#### Rendement mécanique :

Le mécanisme « bielle – manivelle » transforme la poussée des gaz (due à leur combustion) en couple moteur sur le vilebrequin. Cette transformation s'accompagne nécessairement de frottements (contact entre pièces en mouvement, exemple : cylindre et piston), mais également avec l'énergie consommée par l'entraînement des accessoires tels que : alternateur, pompe à huile.... Ces pertes mécaniques augmentent très rapidement avec le régime.

Ce rendement, fonction du régime ne dépasse pas de 0,85(85%), est donné par la formule :

$$\eta_{mec} = \text{Puissance effective/puissance calorifique} \quad [3-15]$$

### I-5-8 Relation entre rendement et consommation spécifique

$$\eta_g = Pe / \text{puissance calorifique du combustible} \quad [3-16]$$

tel que :

Puissance calorifique=consommation combustible (kg/s). PCI

On en déduit (bibliographie):

$$CSE = 3600 \cdot 10^3 / (\eta_g \cdot PCI) \quad [3-17]$$

Pour un carburant classique commercial :

$$CSE = 87.7 / \eta_g \quad [3-18]$$

Où :

**PCI** : Pouvoir Calorifique Inférieur exprimé en Kilojoule/ Kilogramme(kJ/Kg).

**CSE** : exprimé en gramme par Kilowatt heure(g/Kwh).

**Ch** : Consommation horaire : exprimé en gramme par heure(g/h).

### I-5-9 Moyen d'action pour augmenter la performance du moteur

D'après la figure I-17, on peut améliorer la performance d'un moteur en agissant sur l'un des trois facteurs suivants :

- ❖ les facteurs mécaniques.(rendement mécanique) ;
- ❖ les facteurs thermiques (rendements thermiques) ;
- ❖ les facteurs cartographiques (modification des données paramétriques d'entrées et de sorties dans la cartographie d'allumage et d'injection du calculateur numérique).

#### - Amélioration du rendement thermique

- amélioration du rendement thermique théorique ;
- amélioration du rendement thermique spécifique.

#### - Amélioration mécanique

- rectification de la cylindrée ;
- augmentation de l'alésage ;
- augmentation de la course ;
- accroissement du régime moteur ;
- amélioration de remplissage.

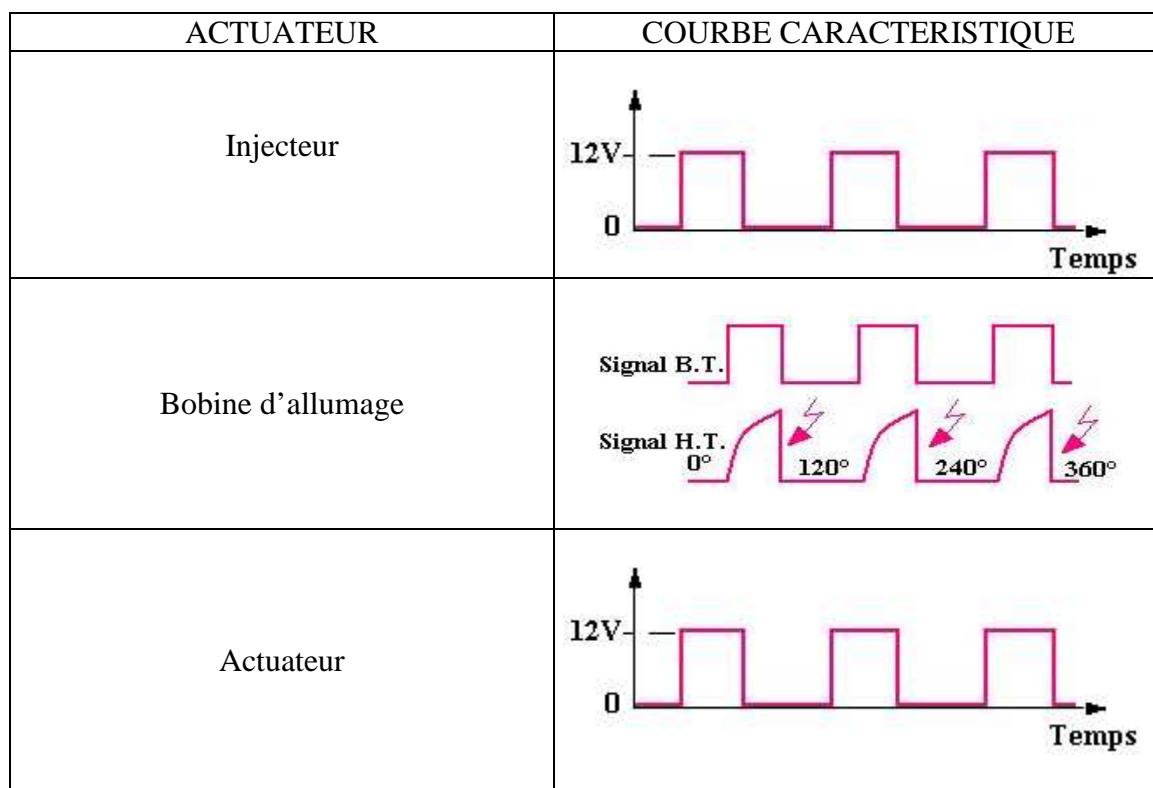
L'amélioration de la performance sur le plan mécanique et thermique sont les plus couramment utilisées, cependant il demande beaucoup de précision et une certaine qualification de la part du technicien. De plus le coût de l'opération s'avère souvent trop couteux; c'est pourquoi nous avons choisi de pénétrer dans le domaine de la modification des données dans la cartographie d'allumage et d'injection étant donné que le véhicule à étudier est déjà équipé d'un tel système et que cette méthode est la plus exploitée actuellement.

### I-5-10 Plage de performance des capteurs et actuateurs en fonctionnement normale

Voici quelques courbes caractéristiques (figure I-26 et I-27) reflétant la plage de performance de chaque capteur et actuateur en fonctionnement normale (information BOSCH MP5.2).

CAPTEUR ou SONDE	COURBE CARACTERISTIQUE
Sonde thermistance eau moteur	<p>Graph showing the characteristic curve of a water temperature sensor (EAU). The y-axis is labeled 'V' and has values 4.3 and 1.0. The x-axis is labeled 'Temp °C' and has values 50 and 150. A red curve starts at approximately (0, 4.3), remains constant until about 50°C, then decreases to approximately (150, 1.0).</p>
Sonde thermistance air admission	<p>Graph showing the characteristic curve of an air intake temperature sensor (AIR). The y-axis is labeled 'V' and has values 2.4 and 0.5. The x-axis is labeled 'Temp °C' and has values 20 and 80. A red curve starts at approximately (0, 2.4), remains constant until about 20°C, then decreases to approximately (80, 0.5).</p>
Contacteur papillon	<p>Graph showing the characteristic curve of a butterfly valve contactor (VTA). The y-axis is labeled 'V' and has values 4.3 V and 0.7 V. The x-axis is labeled 'Ouverture papillon'. A red curve starts at (0, 0.7) and increases linearly to (100%, 4.3 V).</p>
Capteur de pression air admission	<p>Graph showing the characteristic curve of an air intake pressure sensor. The y-axis is labeled 'V' and has values 4.65 and 0.40. The x-axis is labeled 'kPa' and has values 20 and 150. A red curve starts at (20, 0.40) and increases linearly to (150, 4.65).</p>
Capteur de régime moteur	<p>Graph showing the characteristic curve of an engine speed sensor. The y-axis is labeled 'V' and has a value 0. The x-axis is unlabeled. A red waveform oscillates between 0 and approximately 0.5 V.</p>
Capteur de vitesse véhicule	<p>Graph showing the characteristic curve of a vehicle speed sensor. The y-axis is labeled 'U_H' and has a value 0. The x-axis is labeled 'temps'. A red waveform shows discrete steps between 0 and approximately 0.5 V.</p>

**Figure I-26: plage de performance des capteurs en fonctionnement normale**



**Figure I-27: plage de performance des actuateurs en fonctionnement normale**

## Chapitre

# 2

## LA GESTION ELECTRONIQUE DU MOTEUR SUR PEUGEOT 406

### II.1 LE CALCULATEUR NUMÉRIQUE

#### II.1.1 Introduction

Après avoir défini le principe de fonctionnement, la performance d'un moteur à explosion, entrons maintenant dans la gestion électronique d'un moteur à injection essence sur Peugeot 406.

Dans le cadre d'amélioration du comportement routier, de la performance du moteur, de la réduction de substances nocives dans le gaz d'échappement, etc....., les moteurs de véhicules ont été équipés depuis 1980 d'un système à gestion électronique appelé « **calculateur numérique ou centrale de commande** ». Cette centrale de commande reçoit à chaque instant, sous forme d'un ensemble de signaux analogiques émises par un certain nombre de capteurs ou paramètres d'entrées, la situation de marche du moteur.

#### II.1.2 Structure interne

Voyons d'abord la structure interne d'un calculateur

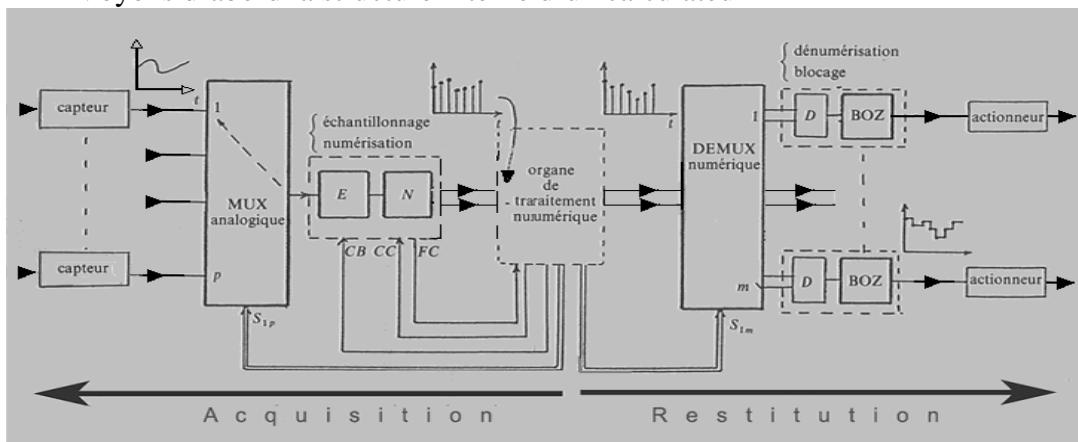


Figure II-1 : structure interne du calculateur numérique

Le calculateur est constitué par un ensemble de circuit formé par :

- l'unité arithmétique et logique (UAL) ;
- l'horloge ;
- le bus ;
- les registres ;
- les compteurs ;
- les systèmes d'interruption ;
- la mémoire morte (ROM: Read Only Memory) et la mémoire vive (RAM: Random Access Memory) ;
- le multiplexeur/démultiplexeur ;
- l'échantillonneur-bloqueur ;
- le convertisseur analogique-numérique CAN.
- le convertisseur numérique-analogique CNA.

### **II.1.3 Le calculateur BOSCH Motronic MP5.2 et les organes périphériques**

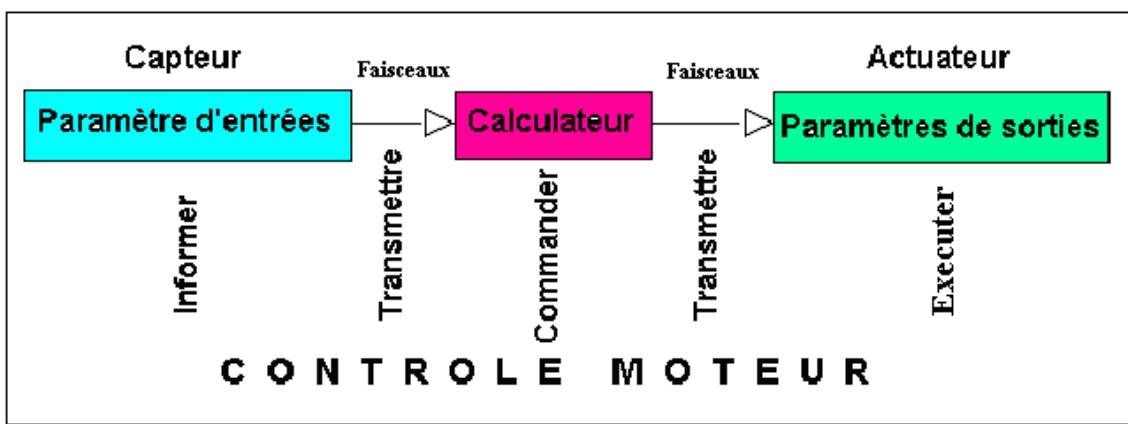
Nous avons choisi pour mettre en œuvre cette amélioration de la performance du moteur l'utilisation du calculateur numérique BOSCH «Motronic MP5.2 à allumage et injection cartographique intégré dans un seul boîtier, équipant la voiture **406**» du fait de sa simplicité, sa fiabilité par rapport aux autres types de calculateurs.

### **II.1.4 Interaction entre capteur-calculateur-actuateur**

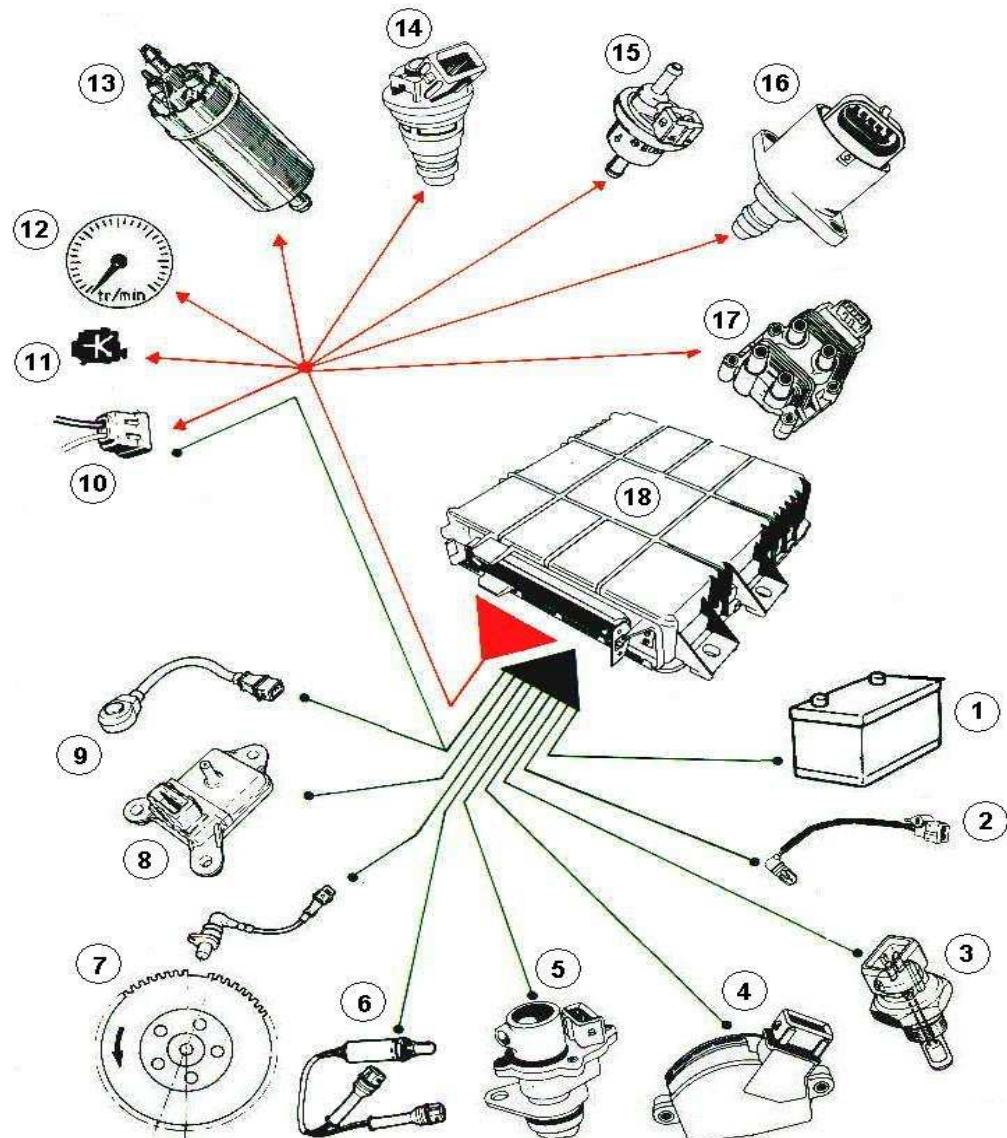
On désigne par :

- **Capteurs ou paramètres d'entrées**: les organes transmetteurs d'informations
- **Actuateurs ou paramètres de sorties**: les organes actionnés par le calculateur.

Le Capteur et l'actuateur utilisés ensemble permettent au central de commande d'assurer outre ses fonctions de base (injection, allumage) des fonctions complémentaires (régulation de ralenti, autodiagnostic, aide à la conduite).

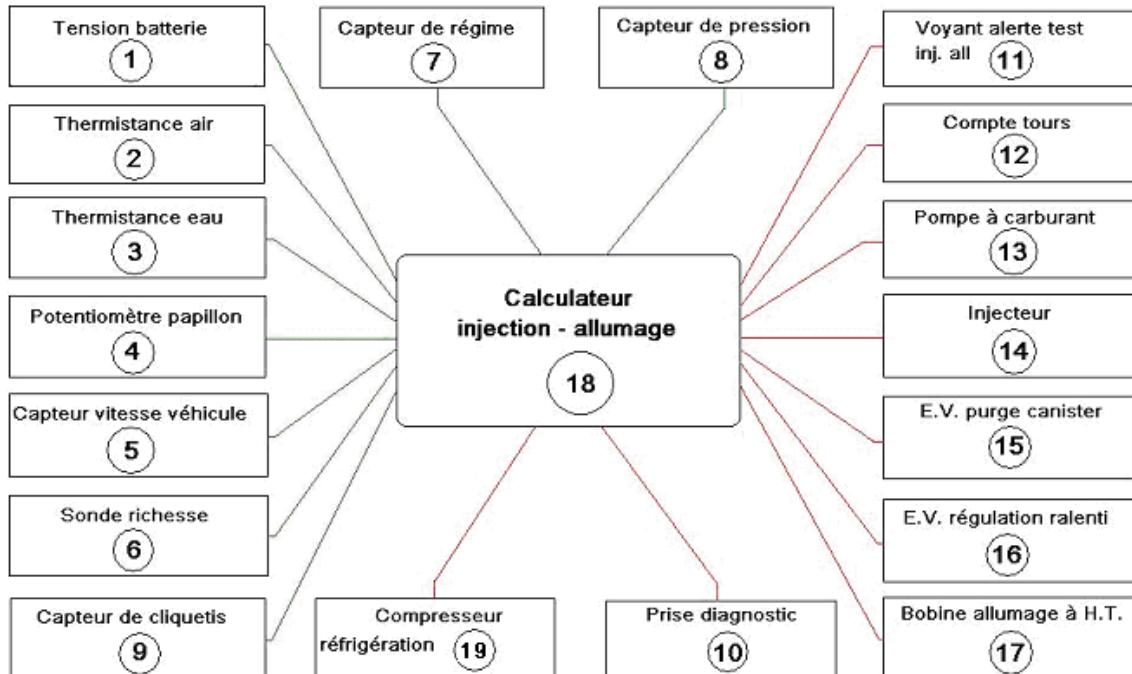


**Figure II-2 : schéma explicatif des liaisons entre capteur – calculateur – actuateur**



**Figure II-3 : le calculateur et ses organes périphériques**

- |   |  |
|---|--|
| 1 : batterie                                | 11 : voyant alerte test injection allumage |
| 2 : thermistance d'air                      | 12 : compte tours                          |
| 3 : thermistance eau                        | 13 : pompe à carburant                     |
| 4 : potentiomètre papillon                  | 14 : injecteur                             |
| 5 : capteur de vitesse                      | 15 : électrovanne purge canister           |
| 6 : sonde à oxygène                         | 16 : électrovanne de régulation ralenti    |
| 7 : capteur de position et de régime moteur | 17 : bobine d'allumage à haute tension     |
| 8 : capteur de pression d'air               | 18 : calculateur d'injection – allumage    |
| 9 : capteur de cliquetis                    | 19 : compresseur de réfrigération          |
| 10 : prise diagnostic                       |  |



— : information d'entrée

— : information de sortie

**Figure II-4 : schéma fonctionnel du calculateur avec ses organes périphériques**

## II.2 Fonctions de base

Le calculateur reçoit les informations à son entrée, il les traite d'abord puis les compare à la base de données dans la cartographie et actionne ensuite les paramètres de sorties.

Si une défaillance de l'un des paramètres se présente, alors il intervient en stratégie « mode secours » et informe le conducteur instantanément sur le dysfonctionnement de l'organe défaillant. Il assure en même temps :

- le réglage avance à l'allumage.
- le réglage de l'angle de came.
- l'injection de carburant.
- la régulation de la richesse.

## II.3 Fonctions supplémentaires

- ❖ Commande vanne de Recyclage des gaz d'Echappement (EGR) ;
- ❖ Commande turbo (vanne Waste gate).

## II.4 Les capteurs et les actuateurs

### II.4.1 Les capteurs

#### **Capteur de pression**

Placée en dérivation avec la tubulure d'admission, il mesure en permanence la pression dans cet compartiment. Cette information transmise au calculateur permet d'adapter le débit d'essence à injecté en fonction de l'état de charge du moteur, altitude, etc.....

#### **Capteur de régime moteur**

Placée sur le volant moteur, l'information transmise au calculateur permet à celui-ci de déterminer l'avance à l'allumage et le débit d'injection à adopter.

#### **Potentiomètre papillon**

Placé dans le boîtier papillon, il informe le calculateur sur la position du papillon des gaz. Cette information sert à reconnaître le ralenti, la pleine charge, l'accélération, le décélération et la coupure d'injection.

#### **Thermistance air admission**

Placée sur le corps papillon, elle informe le calculateur électronique de la température d'air d'admission.

#### **Thermistance eau moteur**

Placée dans le circuit du liquide de refroidissement moteur, cette sonde informe le calculateur de l'état thermique du moteur.

#### **Capteur de cliquetis**

Ce capteur type piézo-électrique, est monté sur le bloc moteur. Il permet de détecter le cliquetis.

#### **Capteur vitesse véhicule**

Placé à la sortie de la boite de vitesse, il transmet une information au calculateur qui lui permet de déterminer le rapport de boite de vitesse engagé afin d'améliorer le comportement du véhicule.

#### **Sonde à oxygène (sonde lambda) :**

Placée dans le tuyau d'échappement entre le collecteur et le pot catalytique, elle délivre un signal en tension représentatif de la teneur en oxygène des gaz, donc la qualité du mélange

## **II.4.2 Les actuateurs**

### **Bobine d'allumage :**

C'est une bobine constitué d'un enroulement primaire et secondaire, selon la version du véhicule elle est « jumo-statique ou statique », l'étage de puissance nécessaire à la production de l'étincelle d'allumage est intégré au calculateur et alimente alternativement chaque bobines.

### **Injecteurs**

Les injecteurs sont des bobines « électromagnétiques ». Les impulsions électriques en provenance du boîtier électronique d'injection engendrent un champ magnétique dans l'enroulement de l'électro-aimant, le noyau est attiré et l'aiguille de l'injecteur se soulève de son siège.

### **Moteur pas à pas ou électrovanne de régulation de ralenti**

Monté sur le papillon et commandé électriquement par le calculateur, il contrôle le débit d'air pris en dérivation du papillon des gaz de façon à :

- ❖ fournir un débit d'air additionnel au démarrage à froid ;
- ❖ réguler le régime de ralenti, en fonction de la charge moteur et la température ;
- ❖ améliorer les phases transitoires.

### **Electrovanne purge « canister »**

Le calculateur pilote la vanne purge « canister » (c'est un récipient de stockage, à l'intérieur duquel se trouve un charbon actif) permettant le recyclage des vapeurs de carburant en provenance du réservoir.

**Tableau II-1 :Tableau récapitulatif des différents paramètres d'entrées**

<b>Capteur ou paramètres d'entrée</b>	<b>Type</b>	<b>Signal émis</b>	<b>Rôles</b>	<b>Action calculateur</b>	<b>Plage de fonctionnement</b>
<b>Thermistance d'eau</b>	C.T.N.(coefficient de température négatif)	Signal analogique	Informe le calculateur sur l'état thermique du moteur	Détermine le débit d'essence à injecter pendant la phase de démarrage	De 10°C à 110°C Alimenté en 5 volts par le calculateur
<b>Thermistance d'air</b>	C.T.N.(coefficient de température négatif)		Informe le calculateur sur température d'air d'admission	Détermine avec le capteur de pression et le potentiomètre papillon le dosage à effectuer	De -10 à 110°C Alimenté en 5 volts par le calculateur
<b>Capteur pression</b>	Piézo-électrique		Informe le calculateur sur la pression atmosphérique au calculateur	Détermine avec la thermistance d'air et le potentiomètre papillon le dosage à effectuer	-Contact mis -Au ralenti -En décélération Alimenté en 5 volts par le calculateur
<b>Sonde richesse mélange ou sonde lambda</b>	-En ZrO <sub>2</sub> (Dioxyde de Zirconium) -En TiO <sub>2</sub> (Dioxyde de titane)		Mesure la teneur en oxygène dans le gaz d'échappement.	Augmenter ou diminuer la quantité d'essence à injecter	-mélange pauvre -mélange riche Délivre une tension de 0 à 1 volt au calculateur
<b>Tension de la batterie</b>	Pile électrochimique		Assure l'alimentation des organes électriques du moteur pendant la phase de démarrage	Détermine l'avance à l'allumage, le temps d'injection	Tension comprise entre 8 à 14,8 volts Délivre une tension de 12volts au calculateur

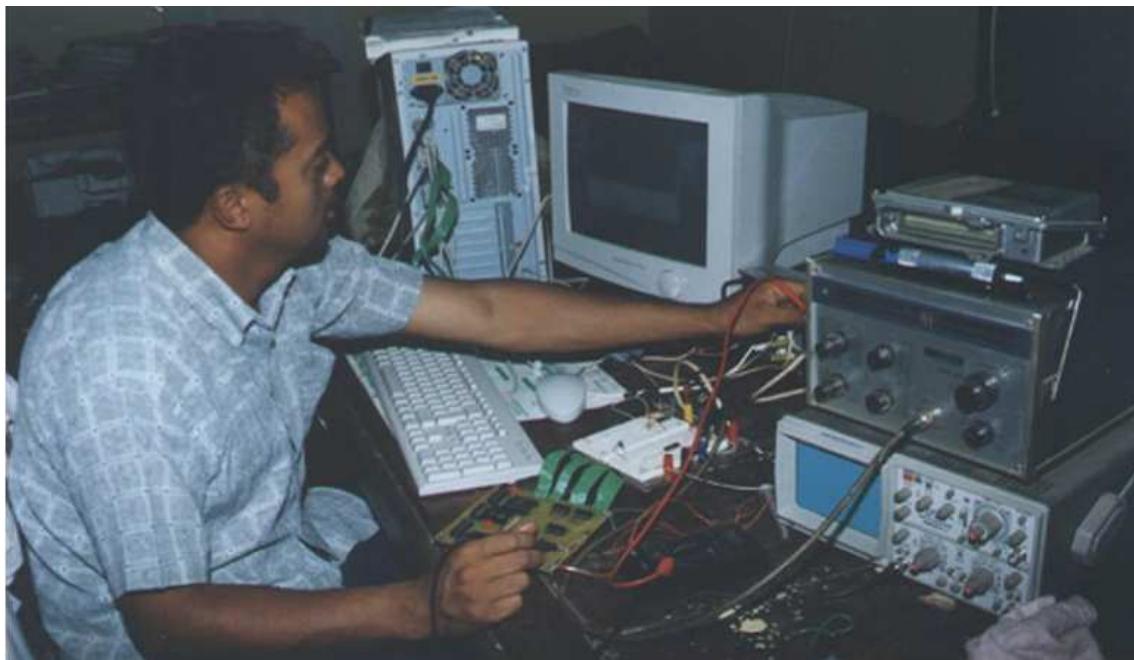
<i>Capteur ou paramètres d'entrée</i>	<i>Type</i>	<i>Signal émis</i>	<i>Rôles</i>	<i>Action calculateur</i>	<i>Plage de fonctionnement</i>
<b>Potentiomètre papillon</b>	Potentiomètre rotatif à simple ou à double piste	Signal analogique	Indique la position d'ouverture des papillons des gaz	Détermine avec la thermistance d'air et le capteur de pression d'admission, le dosage à effectuer	-Pied levé -Pleine charge Alimenté en 5 volts par le calculateur
<b>Capteur de cliquetis</b>	Piézo-électrique		Informe le calculateur lors d'une combustion détonante	Détermine l'avance à l'allumage	Valeur en millibar Accéléromètre à large bande, fréquence propre > 25 KHz
<b>Capteur de régime et référence angulaire</b>	Capteur inductif	Signal fréquentiel	Informe le calculateur sur la vitesse de rotation volant moteur, de la position du P.M.H.	Détermine le temps d'injection et l'avance à l'allumage	Ex : 114° avant le PMH du cylindre n°1 Nombre d'impulsion transmise au calculateur
<b>Capteur de vitesse véhicule</b>	Capteur à effet Hall		Informe le calculateur sur la vitesse du véhicule		De 5kmh à 190kmh Délivre un signal en proportionnelle vitesse du véhicule

**Tableau II-2 : Les différents paramètres de sorties ainsi que leur signal de commande**

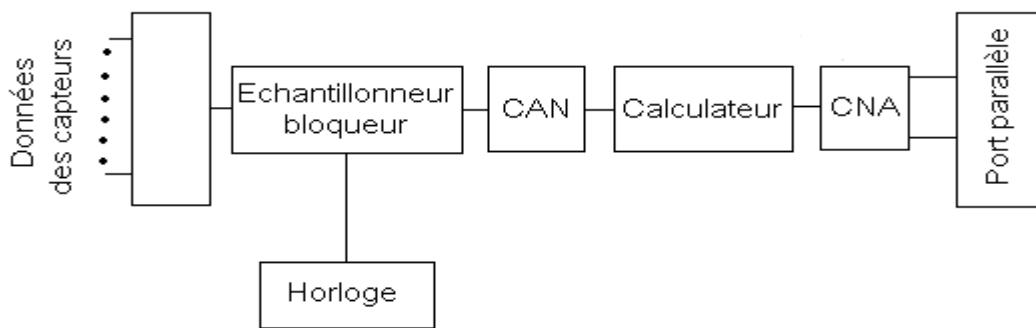
<i>Paramètres de sorties ou actionneurs</i>	<i>Types</i>	<i>Signal émis</i>	<i>Utilisation et action du calculateur</i>	<i>Plage de fonctionnement</i>
<b><i>Injecteurs</i></b>	Electromagnétique	Signal fréquentiel	Injecteur de carburant commander par le calculateur	Temps de mise en conduction déterminé par le calculateur Alimenté +12V A.C.
<b><i>Bobine d'allumage</i></b>	Electromagnétique		Fournit la H.T. aux bougies et déclenché par le calculateur	Alimenté +12V A.C.
<b><i>Relais</i></b>	Electromagnétique	Signal logique	Fournisseur de H.T. Courant primaire déclenché par le calculateur	
<b><i>Voyant lumineux</i></b>	Diode LED électroluminescente		Indicateur de défaillance d'un organe	Durée d'illumination déterminée par le calculateur Alimenté +12V A.C.

Chapitre  
**3**

**CONCEPTION DE LA CHAINE D'ACQUISITION DES  
DONNEES : LE BOITIER *SIMPERF***



**III.1Principe**



**III.2 Les signaux d'entrées.**

Sur un véhicule équipé d'un calculateur numérique, on trouve les types de signaux suivantes :

- **les entrées analogiques** : c'est une grandeur physique qui, traduite par un capteur sous la forme d'un signal électrique (courant ou tension), dépend du temps.

Le signal est une fonction «  $s$  »:

$$s : t \rightarrow s(t) \quad [2-1]$$

$t$  est une variable continue réelle représentant le temps

$s(t)$  est un nombre réel (parfois complexe) porteur d'information

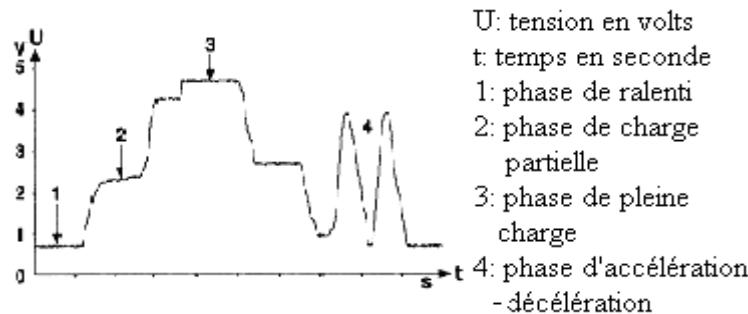


Figure III-1 : Signal analogique délivré par le potentiomètre papillon

- les entrées logiques: c'est un signal de type « tout ou rien »

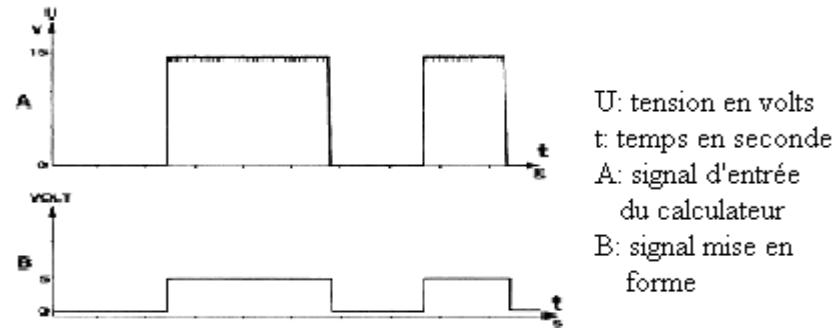


Figure III-2 : Signal logique (neutre / drive) délivré par une boîte de vitesse automatique

- les entrées fréquentielles: Ce sont des signaux dont la fréquence et l'amplitude varient avec le temps. Ils peuvent être de formes carrées, sinusoïdales ou rectangulaires.

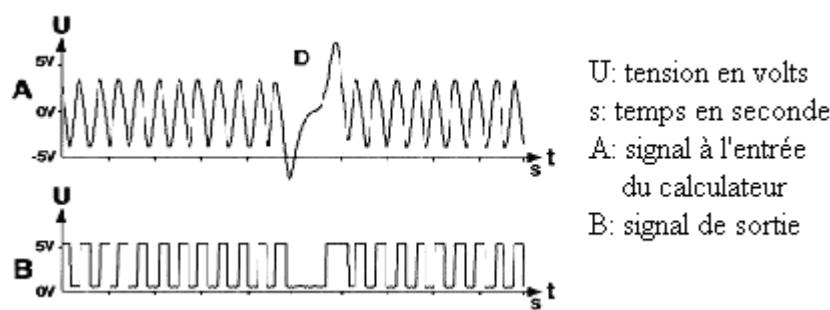


Figure III-3 : Signal fréquentiel délivré par le capteur de référence P.M.H.

### III.3 Numérisation du signal d'entrée.

#### III.3.1 L'échantillonneur-Bloqueur

C'est un composant électronique qui sert à maintenir constamment le prélèvement d'un signal analogique à convertir. Pour cela, on fait procéder le CAN par un suiveur bloqueur ; le schéma de principe est donné par la figure III-5.

La tension aux bornes du condensateur « C » se charge ( $t_a$ : acquisition time) et se décharge ( $t_h$ : hold) suivant la fermeture ou l'ouverture de l'interrupteur « k ».

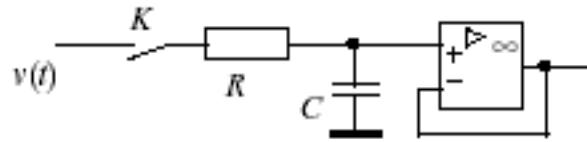


Figure III-4 : schéma de principe d'un échantillonneur bloqueur

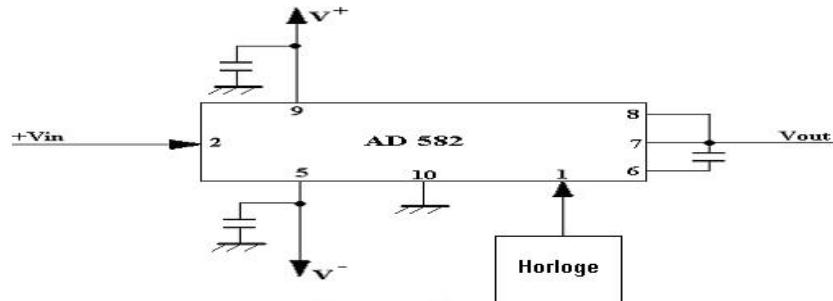


Figure III-5 : Echantillonneur-bloqueur adopté

Caractéristique :

- fonctionne de +/- 5V à +/- 18V.
- temps d'acquisition meilleure que 10 $\mu$ s.
- faible tension décalage d'entrée.
- entrée logique compatible TTL, CMOS.

Horloge : c'est un composant électronique à base de « Quartz », il cadence la fréquence d'échantillonnage lors du prélèvement d'un échantillon.

#### Théorème de « Shannon »

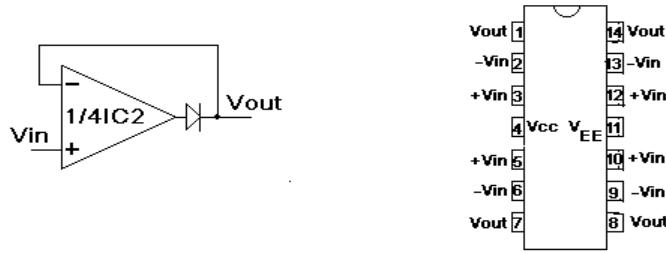
Le théorème de « **Shanon** » dit que :

« *Pour que le message contenu dans un signal soit récupérable après échantillonnage, il faut que ce dernier s'opère à un cadence au moins double de la composante fréquentielle la plus élevée du signal* ».

### III.4 Le circuit de limitation de courant.

Nous avons choisi l' amplificateur opérationnel TL 084 du fait qu'il possède un résistance d'entrée élevée ( $10^{12} \Omega$ ), et d'une tension de décalage d'entrée très faible.

Voici notre schéma (figure III-6) de principe, c'est un montage en suiveur à gain unité.



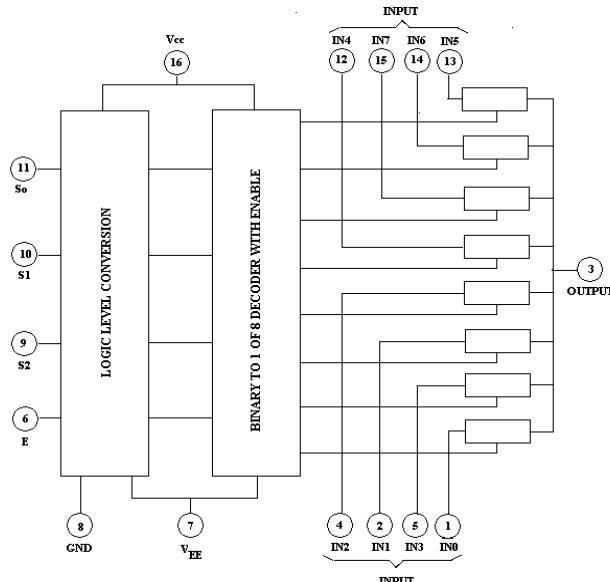
**Figure III-6 : le circuit de limitation de courant**

### III.5 Le multiplexeur.

Le multiplexeur peut être schématisé comme un commutateur analogique qui permet de choisir un canal parmi n.

Dans notre cas, avons choisi le circuit intégré CMOS « **HCT4051** » du fait qu'il dispose huit entrées analogiques, d'une commutation à grande vitesse et à très faible consommation de courant.

Voici la structure interne (figure III-7) ainsi que la table (tableau III-1) de vérité pour la sélection des canaux d'entrées:



**Fig III-7 : Strucutre interne du HCT4051**

**Tableau III-1: table de vérité HCT 4051**

ADRESSE				ENTREE
Validation	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	
L	L	L	L	IN0
L	L	L	H	IN1
L	L	H	L	IN2
L	L	H	H	IN3
L	H	L	L	IN4
L	H	L	H	IN5
L	H	H	L	IN6
L	H	H	H	IN7
H	X	X	X	Haute impédance

## **III.6 La conversion Analogique-Numérique.**

### **III.6.1 Le composant électronique**

C'est un composant électronique qui sert à convertir une valeur analogique (tension) en une valeur numérique (bits). Cette opération s'appelle aussi « quantification ».

Le quantum « q » est la plus petite variation de la tension que le convertisseur peut coder et indiquer compte tenu du nombre de bits :

$$q = U_{ref}/2^n \quad [III-5]$$

### **III.6.2 Qualités et défauts des convertisseurs Analogiques/Numériques.**

- Temps d'établissement (settings time) ;
- Précision (accuracy) :  $p = (\text{Erreur max} / \text{Pleine échelle}) \text{ en \%}$  ;
- Erreur de conversion : erreur de décalage, erreur d'échelle, erreur de linéarité.

### **III.6.3 Choix du CAN**

On doit savoir les caractéristiques suivants avant d'utiliser un CAN:

❖ Type de CAN (flash, à rampe numérique, à rampe analogique, à approximation successive...)

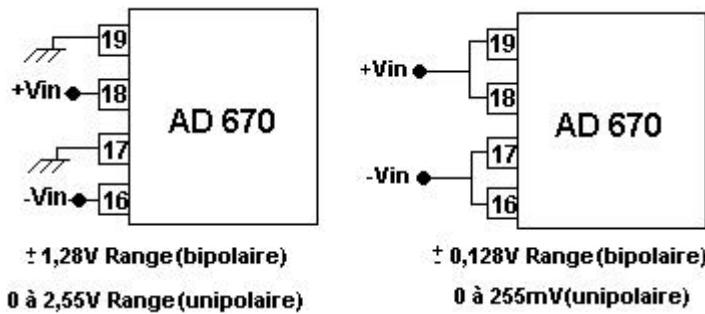
- ❖ Temps de conversion ;
- ❖ Résolution ;
- ❖ Gamme du signal d'entrée ou pleine échelle ;
- ❖ Chronogramme de fonctionnement ;
- ❖ Compatibilité avec d'autre composant (circuit TTL, microprocesseur, etc....) ;
- ❖ Tension d'alimentation ainsi que la puissance consommée du composant.

Notre choix s'est arrêté sur l'**AD 670 à approximation successive d'ANALOG DEVICE** étant donné les caractéristiques techniques suivantes :

- ❖ Résolution 8 bits ;
- ❖ Possibilité de modifier la plage du signal d'entrée (pleine échelle) ;
- ❖ Temps de conversion très rapide ( $t_c = 10\mu s$ ) ;
- ❖ Interfaçage aisément avec n'importe quel microprocesseur ;
- ❖ Faible consommation 15mW ;
- ❖ Ne nécessite aucun composant externe ;
- ❖ Tension d'alimentation asymétrique :  $V_{cc}=5V$  ;

Du point de vue de la gamme du signal d'entrée (plage et polarité), notre AD670 possède 4 modes de fonctionnement et il ne tient compte comme valeur à convertir que la tension différentielle entre la broche 18 (+Vin) et la broche 16(-Vin).

Voici le mode de couplage (figure III-8) pour ces 4 modes :

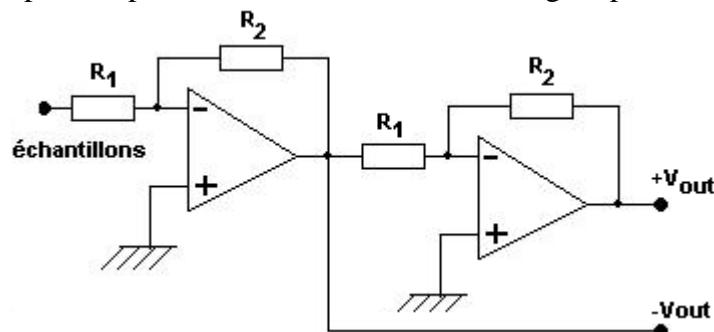


Le tableau ci-dessous nous montre le couplage de la broche FORMAT et BPO/UPO qui définit la polarité du signal d'entrée et du type du signal de sortie de l'AD 670 .

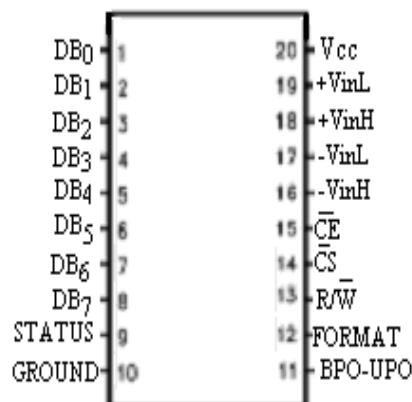
**Tableau III-2: polarité de l'AD 670 en fonction Format et BPO/UPO**

BPO/UPO	FORMAT	Entrée	Sortie
1	0	Bipolaire	Binaire pur

Dans notre étude, la tension d'entrée varie de 0 à 12V. On est alors obligé à concevoir un circuit de mise à l'échelle (montage à inverseur) avec un quadruple ampli opérationnel TL 084 pour respecter les niveaux de tension exigées par le l'AD 670



#### III.6.4 Brochage AD 670



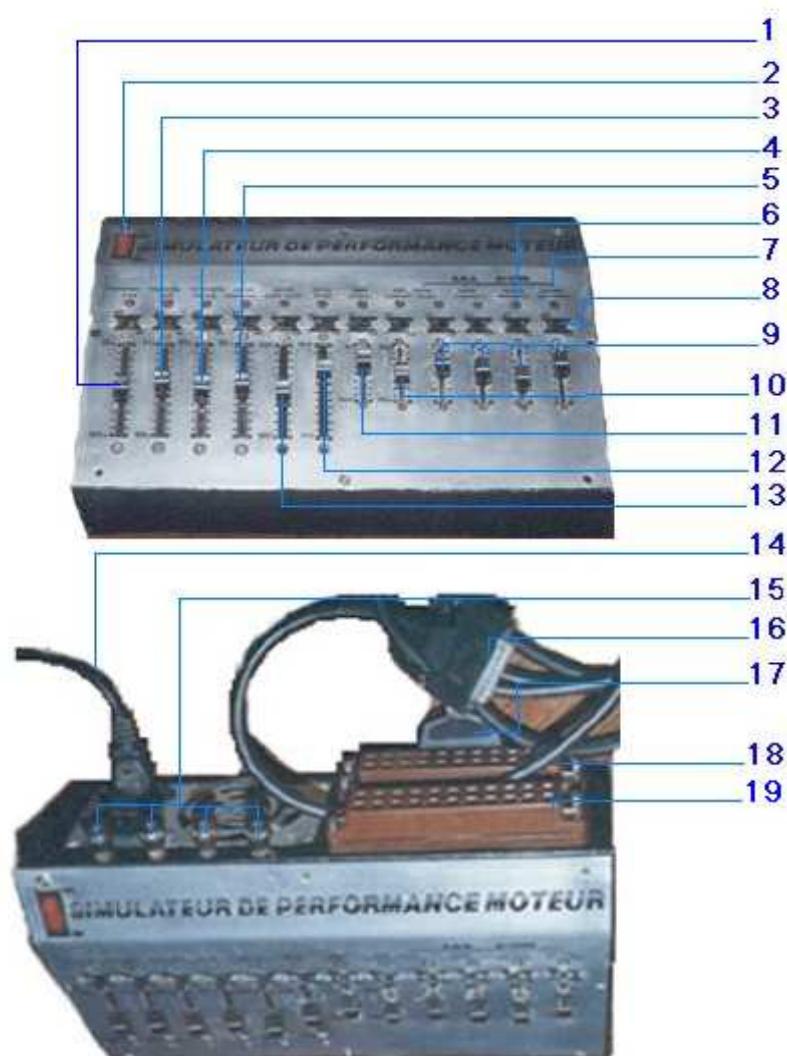
**Figure III-9 : Brochage AD 670**

### **III.7 Présentation du boîtier SIMPERF**

#### **III.7.1 Présentation externe**

L'ensemble se présente sous forme d'un boîtier métallique (figure III-10) comprenant :

- ❖ une porte en face avant permet l'accès à la partie intérieure ;
- ❖ 3 connecteurs situés derrière le boîtier dont 2 barrettes au dessus assurent le raccordement aux capteurs et au calculateur, l'autre connecteur qui se trouve au dessous se relie avec le port LPT1 de l'imprimante de l'ordinateur ;
- ❖ 4 douilles sur lesquelles sont disponibles les tensions secondaires nécessaires à l'alimentation du calculateur et des actuateurs lors d'une simulation.

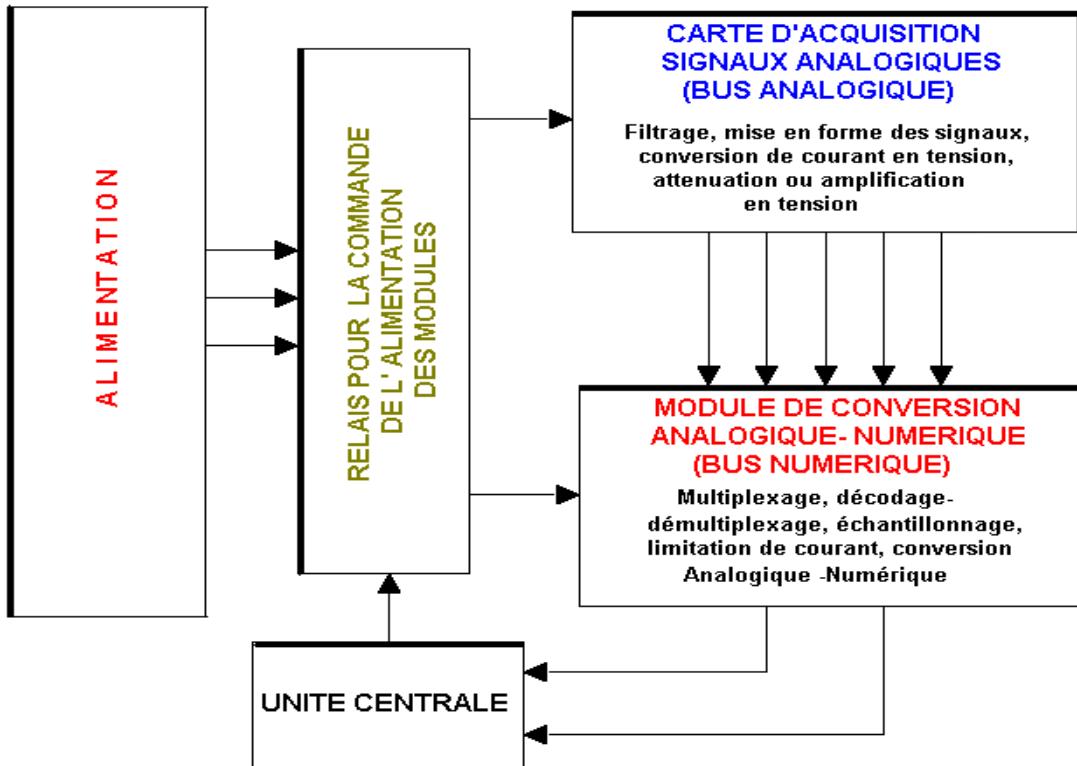


**Figure III-10 : le boîtier SIMPERF (vue extérieur)**

- 1 : thermistance eau moteur [0V ≤ Us ≤ 4,90V]
- 2 : interrupteur marche/arrêt du boîtier
- 3 : thermistance air admission [0V ≤ Us ≤ 4,90V]
- 4: potentiomètre papillon [0V ≤ Us ≤ 4,90V]
- 5: capteur de pression d'air admission [0V ≤ Us ≤ 4,90V]
- 6: voyant indiquant le paramètre d'entrée sélectionné.

- 7 : nom du paramètre d'entrée  
 8 : sélecteur d'acquisition (par simulation ou par acquisition directe via moteur)  
 9 : paramètres d'entrées (capteur de roue A.B.S.)  
 10 : capteur de cliquétis  
 11 : sonde à oxygène [0V ≤ Us ≤ 1V]  
 12 : capteur de vitesse véhicule  
 13 : capteur de régime moteur [11Hz ≤ f ≤ 150Hz]  
 14 : prise secteur [220V/50Hz]  
 15 : tension de sortie [+12V, -12V, +3V, +5V]  
 16 : port (parallèle mâle) d'E/S  
 17 : port (parallèle) d'E/S  
 18 : connecteur de la carte de simulation  
 19 : connecteur de la carte d'acquisition directe

### III.7.2 Présentation interne du SIMPERF - Schéma synoptique



On distingue principalement :

- ❖ un module d'alimentation ;
- ❖ une carte comportant 8 relais qui commande l'alimentation des différents modules ;
- ❖ un module de simulation composé de 12 contacteurs et curseurs assurant le rôle des capteurs lors d'une processus de simulation des données ;
- ❖ un module d'acquisition des signaux émis par les capteurs et les signaux de sorties du calculateur du moteur de véhicule ;
- ❖ un module principal qui joue le rôle d'une interface entre l'unité central, les capteurs et enfin le calculateur.

### **III.7.3 Structure du « Bus système ».**

On distingue :

- Le bus numérique : il assure le dialogue entre l'ordinateur et la carte principale.

- Le bus analogique : il assure la liaison entre les paramètres d'entrées et les paramètres de sorties du calculateur avant d'être traitée par la carte de conversion analogique - numérique.

### **III.7.4 Le module « alimentation secteur ».**

- Description.

L'ensemble se présente sous la forme d'un tiroir muni d'un ventilateur et raccordé au châssis. Il comprend un interrupteur « marche-arrêt » situé sur la face extérieure et muni d'un voyant lumineux, 4 bornes de raccordements spécifiés pour l'alimentation des capteurs et du calculateur fixé derrière le boîtier. A l'intérieur on trouve un bloc d'alimentation à découpage.

- Caractéristique technique.

Notre module alimentation a été conçu suivant le montage d'une alimentation à découpage. Alimenté sous 220V / 50Hz, il délivre des tensions stabilisées, continues et symétriques 3Volts, 5 Volts, 12 Volts .

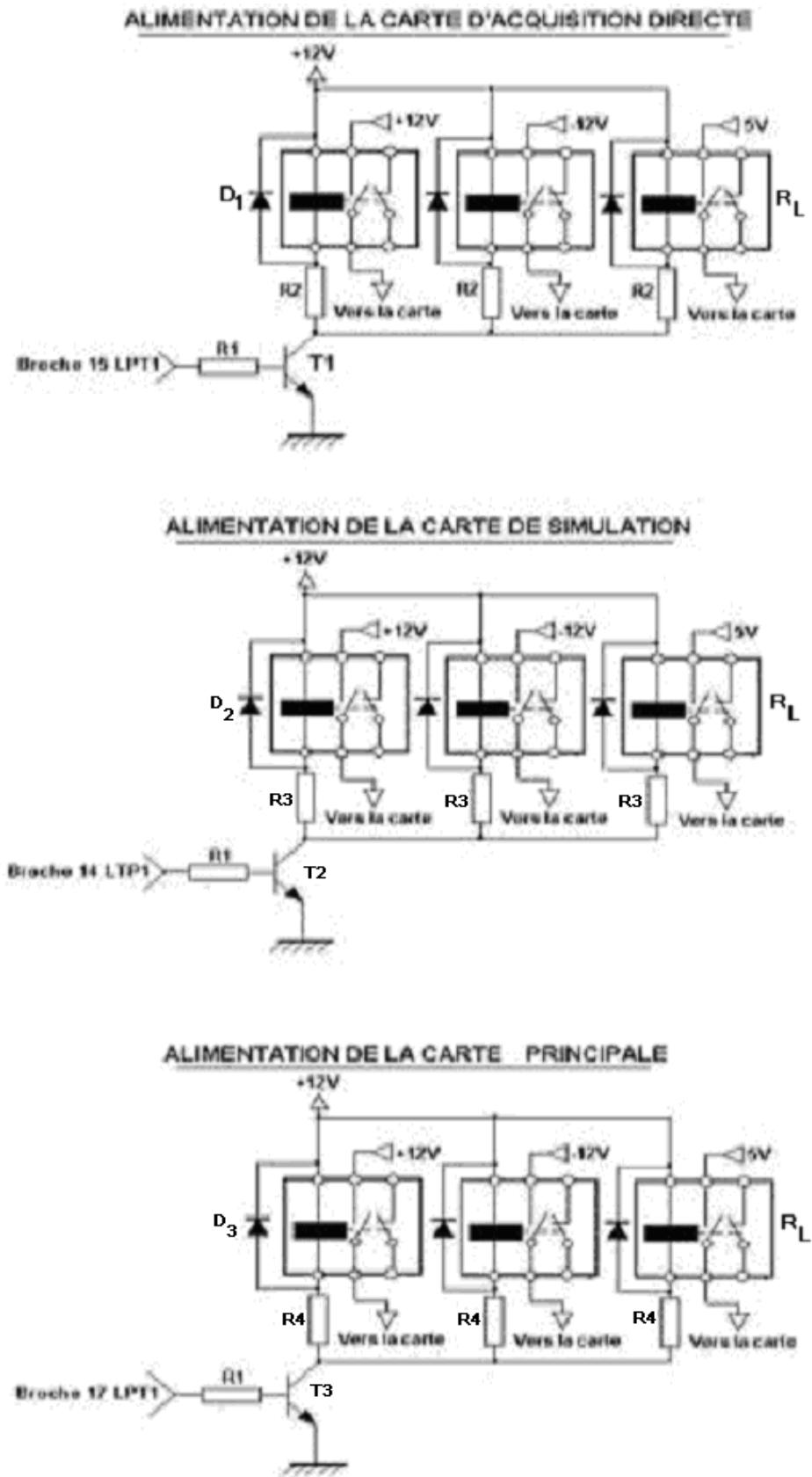


Figure III-11 : schéma électrique de l'alimentation de chaque module

### **III.7.5 Le module de « conversion Analogique-Numérique »**

Ce module permet le multiplexage, le décodage-démultiplexage, l'échantillonnage et la conversion du signal analogique en numérique pour une tension présente sur le bus analogique

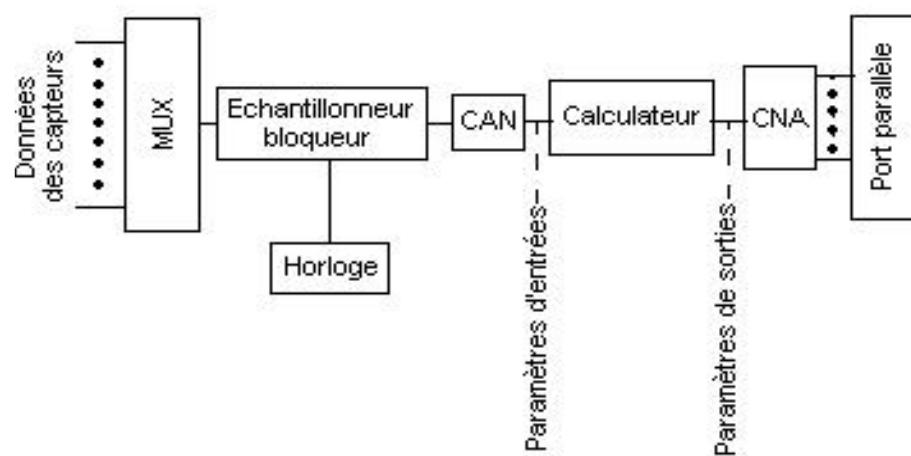
#### Description fonctionnelle :

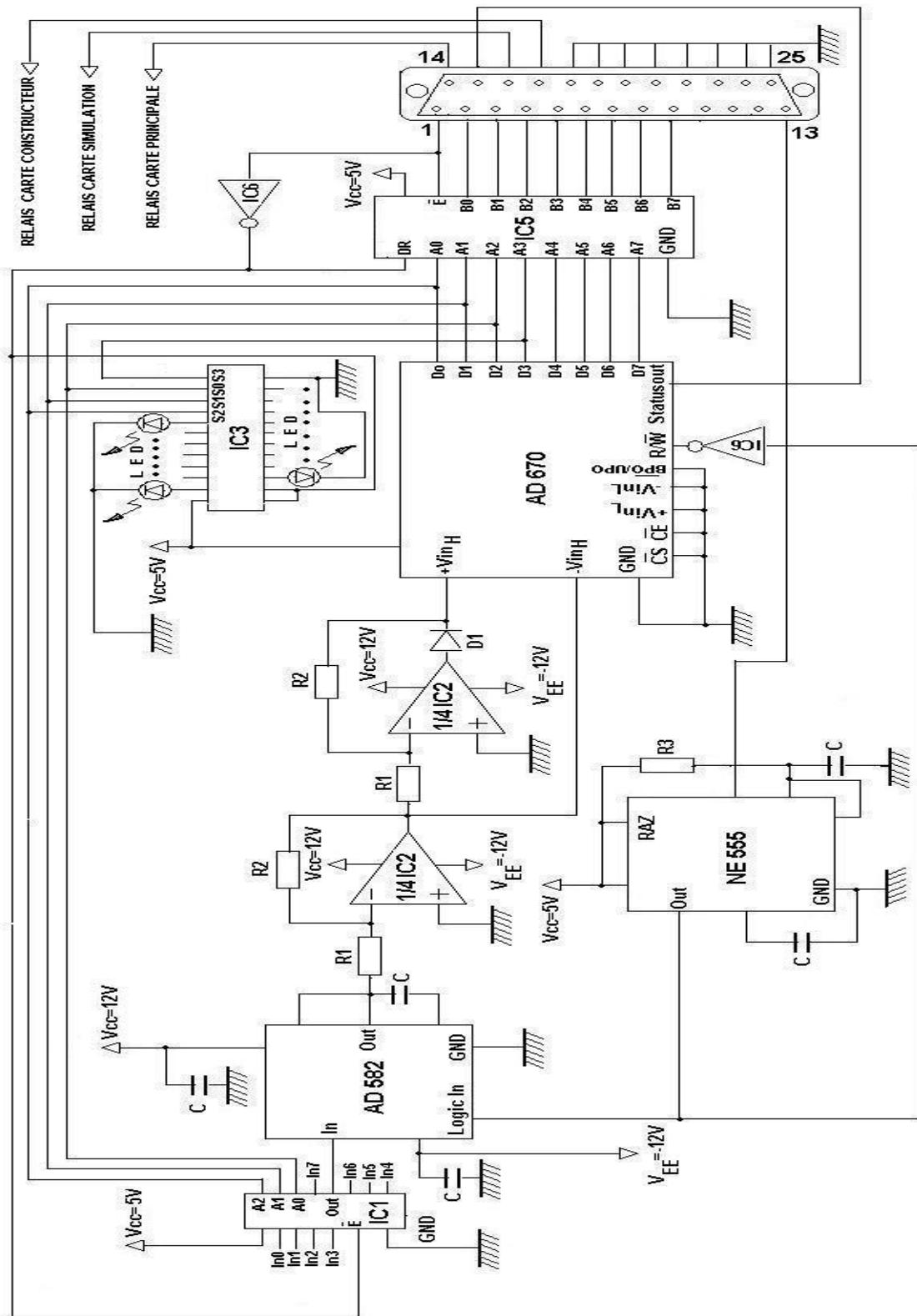
Le module comprend principalement les sous ensembles suivants :

- ❖ un multiplexeur CMOS à 8 voies d'entrées analogique (réf : CD HCT4051) ;
- ❖ un amplificateur opérationnel à inverseur (réf : TL 084 de Texas instrument) ;
- ❖ un échantillonneur bloqueur (réf : AD 582 de Analog Devices);

- un décodeur-démultiplexeur type CMOS permettant de localiser la voie sélectionnée du multiplexeur analogique (réf : 74HC 154) ;
- un convertisseur analogique numérique résolution : 8bits, à approximation successives (réf : AD 670 de Analog Devices) ;
- un « octuple buffers » bidirectionnel à 3 états ( circuit T.T.L., réf :74LS245).

#### **Schéma synoptique**





### **Figure III-12 : Schéma électrique de la carte principale**

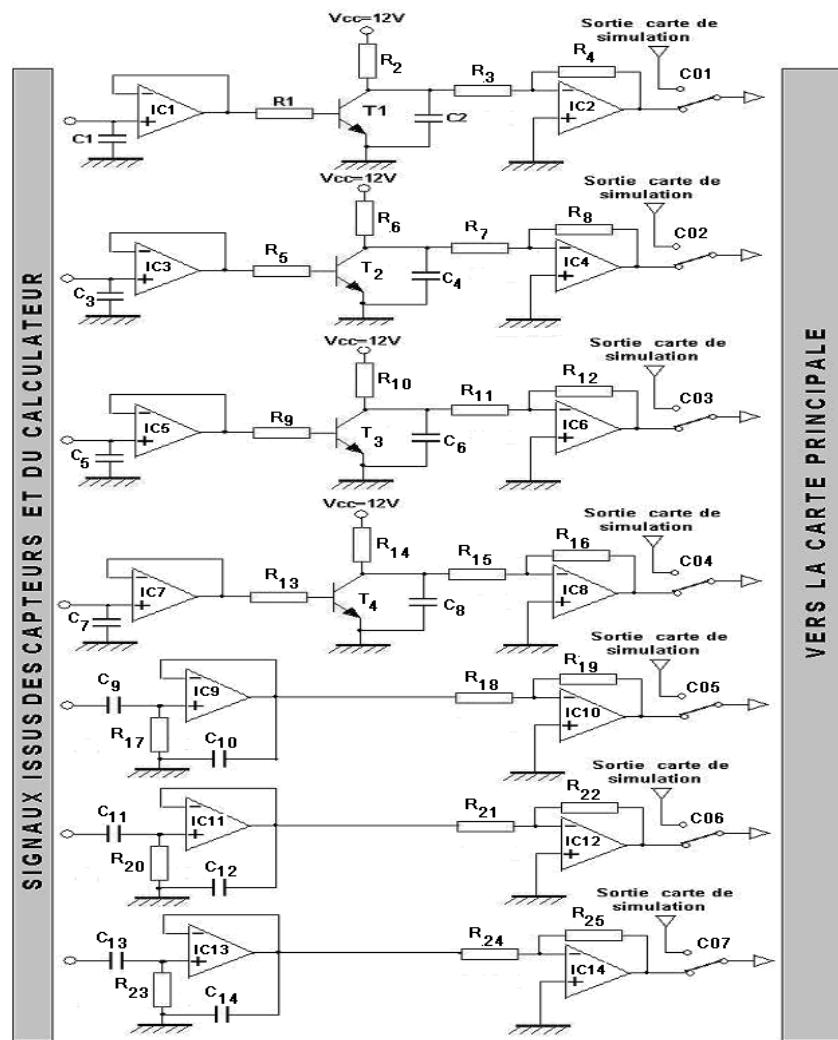
### III.7.6 Le module d'acquisition des signaux analogiques

Le module permet le filtrage, la mise en forme, l'atténuation ou l'amplification (analogique, fréquentielle) des signaux émis par les capteurs et le calculateur présents à l'entrée du « bus analogique du système ».

#### Description fonctionnelle :

Le module comprend principalement les sous ensembles suivants :

- ❖ des résistances optionnelles de conversion courant/tension, des circuits de filtrages pour les 8 voies analogiques externes ;
- ❖ 2 quadruples amplificateur opérationnel à haute impédance d'entrée (réf : LM2902 et TL 084) assurant la protection des circuits en aval du module d'acquisition ;
- ❖ 4 transistors (réf : 2N2222) destinés à la mise en forme des signaux fréquentiels émis par le calculateur et les capteurs.



**Figure III-13 : schéma électrique du module d'acquisition directe**

### III.7.7 Le module de simulation des paramètres

Ce module assure les tâches effectuées par les capteurs dans le compartiment du moteur du véhicule. Cela veut dire que l'on peut varier manuellement à partir du boîtier les valeurs délivrées auparavant par chaque capteur. On pourra ainsi visualiser le signal de réponse du calculateur (temps d'injection, temps d'allumage) correspondant à ces variations.

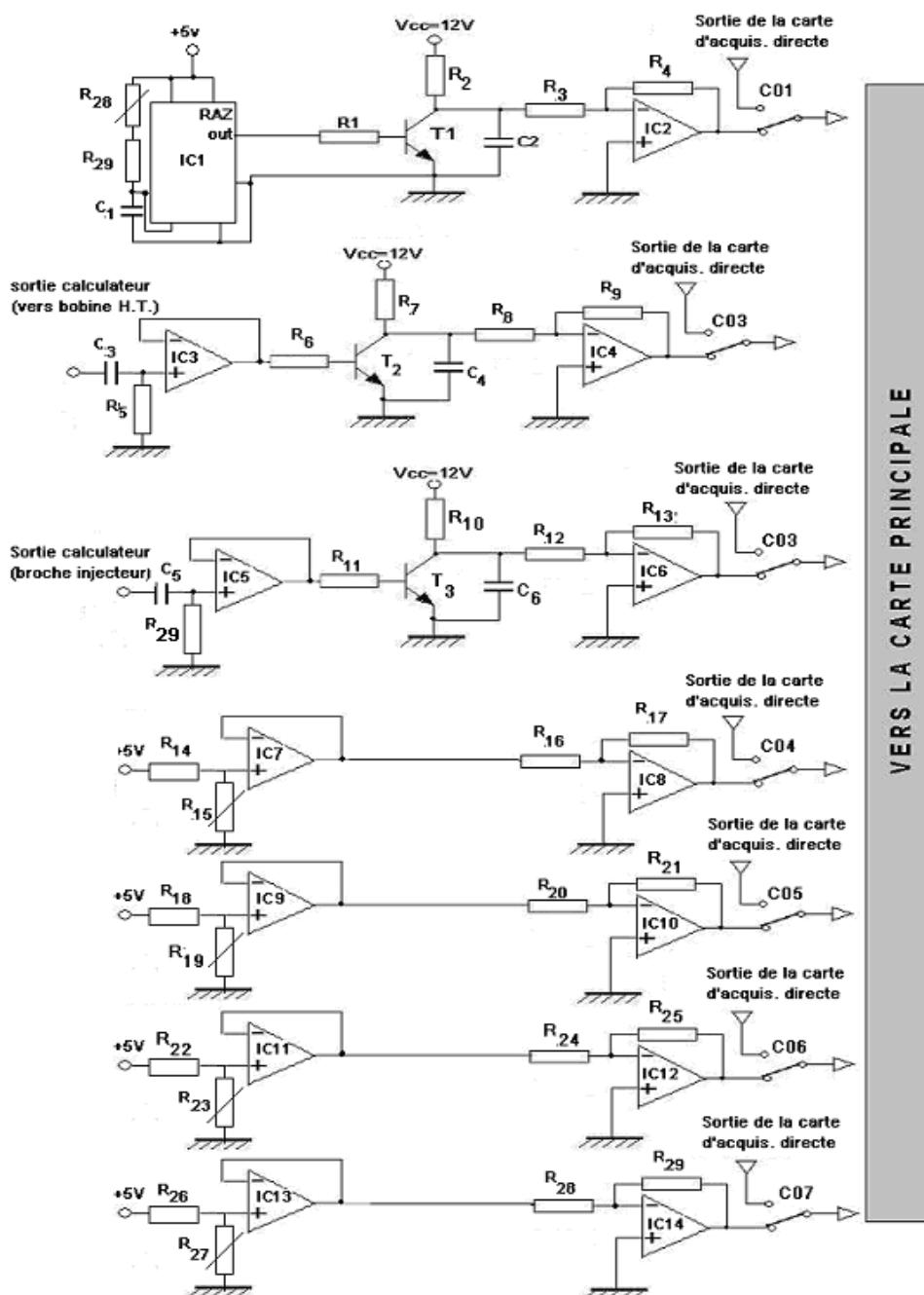


figure III-14 : schéma électrique du module de simulation des paramètres

### **III.8 Le micro-ordinateur**

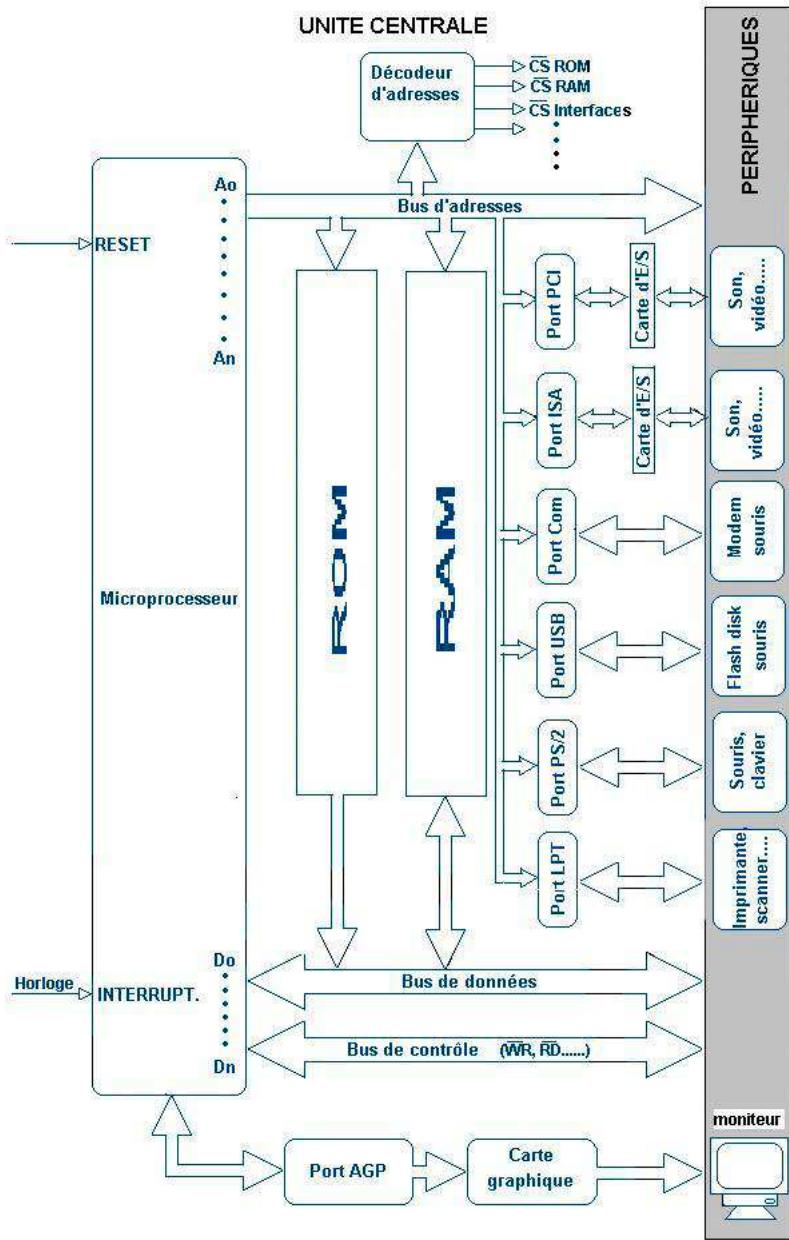
Afin de rendre possible l'affichage numérique et la visualisation des données acquises par le boîtier SIMPERF , on doit disposer en plus du boîtier un système capable d'effectuer des opérations arithmétiques et logiques suivant un algorithme programmé et disposant des ports d'entrées et de sorties pour se communiquer avec le calculateur du véhicule

Notre choix s'est posé sur une application basée sur l'utilisation d'un micro-ordinateur disposant déjà à part sa compatibilité avec notre carte d'interface, les conditions requises pour la mise en œuvre d'une chaîne d'acquisition de donnée.

A titre d'illustration, nous présentons l'architecture d'un micro-ordinateur ainsi que la description de ses ports de communication standard.

#### **III.8.1 Architecture d'un micro-ordinateur**

Un micro-ordinateur se distingue par sa partie matérielle et sa partie artificielle. La partie matérielle est organisée autour d'un microprocesseur, alors que la partie logicielle comprend son système d'exploitation, le logiciel d'installation, etc.....



**Figure III-15 : architecture du P.C.**

### III.8.2 Dialogue entre l'unité centrale et la périphérique

En pratique, la transmission des données entre l'unité centrale et la périphérique s'effectue soit avec le port parallèle de l'imprimante, soit avec le port série. Il existe cependant sur le marché des cartes préfabriquées connectables sur le port PCI, ISA pour se communiquer avec l'extérieur mais leurs prix sont onéreux et ils ne sont pas disponibles sur le marché local.

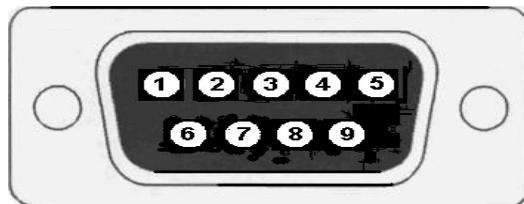
Nous allons voir en quelques lignes l'avantage et l'inconvénient sur l'exploitation de ces deux ports et les raisons pour lesquelles nous avons choisis d'utiliser le port parallèle.

### **III.8.3 Le port série du micro-ordinateur**

Nous avons vu que ces deux ports servent à envoyer ou à acquérir des données issues ou vers le périphérique extérieur.

Le port série est spécifié pour la transmission (type Asynchrone) à longue distance (plus de 15m) des données entre deux PC, modem externe, souris etc..... Cependant son débit est inférieur à celui d'une liaison parallèle et nécessite pour le décodage des données en série l'usage d'un circuit intégré spécifique.

On distingue le port COM1 et COM2. Selon la version et l'usage de l'ordinateur, ils peuvent exister séparément ou simultanément sur l'unité centrale. L'usage du connecteur DB9 mâle correspond au port COM1 et le DB25 ou DB9 mâle pour le port COM2.



**Figure III-16 : le port COM (vue de derrière du PC)**

Broche	Signal	Abréviation	Emplacement (vue de derrière du PC)
1	Détection de porteuse	DCD	Entrée
2	Réception des données	DXD	Entrée
3	Emission des données	TXD	Sortie
4	Terminal des données prêt	DTR	Sortie
5	Masse du signal	GND	
6	Données prêtées	DSR	Entrée
7	Demande d'émission	RTS	Sortie
8	Prêtées à émettre	CTS	Entrée
9	Indicateur de sonneries	RI	Entrée

**Figure III-17 : Brochage du port COM**

### **Adresse et interruption du port série**

Port série	Adresse	Interruption
COM1	03F8-03FF	IRQ4
COM2	02F8-02FF	IRQ3

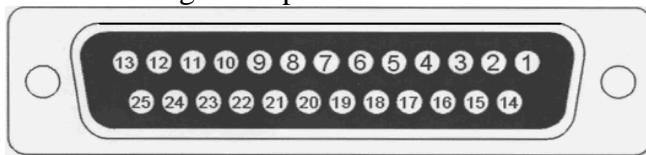
**Figure III-18.: Adresse et interruption du port série**

### **III.8.4 Le port parallèle et les ports d'entrées/sorties**

Bien que réservé à l'origine pour la connexion d'imprimantes, le port parallèle du PC est l'un des plus intéressants de par ses possibilités, contrairement au port série qui nécessite un protocole bien précis. Comme son nom l'indique, il fournit, entre autres, 8 broches de données directement utilisables et ne nécessitant pas de circuit d'interface supplémentaire pour réaliser des tâches simples. De plus, comme nous le verrons plus loin, la programmation de ce port est très aisée et ce, à partir de nombreux langages. Pour ces raisons, nous avons choisi d'utiliser ce type de port.

#### **Brochage du port LPT**

Le port parallèle se présente sous la forme d'un connecteur SUBD femelle à 25 broches. Seuls 17 broches sont utilisables, les 8 broches sont interconnectées à la masse du PC. Le schéma ci-dessous montre le brochage de ce port



**Figure III-19 : le port parallèle femelle (vu de l'extérieur)**

**Voici le nom de chaque broche**

Broche	Nom	Sens	Registre
<b>1</b>	<b>STROBE</b>	<b>E/S</b>	<b>Contrôle</b>
<b>2</b>	<b>D0</b>	<b>E/S (si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>3</b>	<b>D1</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>4</b>	<b>D2</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>5</b>	<b>D3</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>6</b>	<b>D4</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>7</b>	<b>D5</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>8</b>	<b>D6</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>9</b>	<b>D7</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Donnée</b>
<b>10</b>	<b>ACKNOWLEDGE</b>	<b>E</b>	<b>Etat</b>
<b>11</b>	<b>BUSY</b>	<b>E</b>	<b>Etat</b>
<b>12</b>	<b>PAPER OUT</b>	<b>E</b>	<b>Etat</b>
<b>13</b>	<b>SELECT</b>	<b>E</b>	<b>Etat</b>
<b>14</b>	<b>AUTOFEED</b>	<b>E(si EPP)</b>	<b>Contrôle</b>
<b>15</b>	<b>ERROR</b>	<b>E</b>	<b>Etat</b>
<b>16</b>	<b>INITIALIZE</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Contrôle</b>
<b>17</b>	<b>SELECT IN</b>	<b>E/S(si EPP)</b>	<b>Contrôle</b>
<b>18-25</b>	<b>GROUND</b>	<b>Masse commune</b>	

**Figure III-20 : Brochage du port parallèle**

**Pour que le port parallèle soit utilisable en entrée/sortie, il faut configurer le port parallèle en mode EPP exclusivement.**

### Caractéristique du port parallèle

Au début, ce port a été conçu pour y brancher des imprimantes. Le débit fourni est de l'ordre de 150Ko/s, ce qui limite fortement les possibilités d'y connecter d'autres périphériques. C'est pourquoi les grands noms de l'informatique ont créé 5 configurations standards dans la norme IEE 1284. (dans l'ordre croissant de performance) :

- Compatibility Mode ;
- Nibble Mode ;
- Byte Mode ;
- EPP Mode (Enhanced Parallel Port) ;
- ECP (Extended Capabilities Port).

En mode EPP (ce que nous utilisons) le débit peut atteindre jusqu'à 2Mo/s, cela permet de connecter une certaine variante de cartes électroniques sur ce port et rend possible l'acquisition des données en temps réel .

### Mode de fonctionnement

Le mode de fonctionnement du port se modifie dans le BIOS. Pour cela, il faut redémarrer l'ordinateur, et aller dans la section « peripheral setup » et changer l'option « Parallel Port Mode » selon la configuration désirée.

### Adresse

L'adresse sert à distinguer le port ou la carte d'un autre quand le microprocesseur veut envoyer ou recevoir des données sur un périphérique lors de l'acheminement d'une information.

### Registre

Toute la gestion du port parallèle se réalise par l'intermédiaire de trois registres de 8 bits ce sont les registres :

- de donnée (Data) ;
- de contrôle (control) ;
- d'état (status).

### Le registre de données (0x378h)

Ce registre ne peut qu'être écrit.

h : hexadécimal

7	6	5	4	3	2	1	0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	DO

Figure III-21 : registre de donnée adresse : 0x378

378h : cette adresse est appelée adresse de base, et correspond au registre de données.  
h veut dire hexadécimal.

### Le registre d'état (379h)

Ce registre est accessible uniquement en lecture.

7	6	5	4	3	2	1	0
/Busy	ACK	PE	SELECT	/ERROR	X	X	X

Figure III-22 : registre des bits d'états :0x379

“/” : indique une “logique inversée” ;  
 X : indéfini.

### Le registre de commande (37 Ah)

Ce dernier registre est accessible à la fois en lecture et en écriture.

7	6	5	4	3	2	1	0
X	X	BIT CTRL	IRQ ENABLE	SELECT IN	/INIT	AUTOFEED	/STROBE

Figure III-23 : Le bit du registre de commande

Lorsque le bit 5 (BIT CTRL) est au niveau haut, il est configuré en écriture (en écriture dans le cas contraire).

### Programmation du port

Le port parallèle est extrêmement simple à programmer. Plusieurs langages (C++, assebleur, etc....) possèdent les fonctions pour accéder au contrôle des registres.

Voici deux exemples pour la lecture et l'écriture sur le port

En ASM	En C/C++
<b>Ecrire sur le port des données :</b> MOV DX,378h MOV AX, valeur que vous voulez OUT DX,AX	<b>Ecrire sur le port des données :</b> <b>En C :</b> Outportb(378h, valeur que vous voulez) ; <b>En C++ :</b> Out(378h, valeur que vous voulez) ;
<b>Lire sur le port d'état de l'imprimante:</b> MOV DX,379h IN DX MOV valeur,AX	<b>Lire sur le port d'état de l'imprimante :</b> <b>En C :</b> Valeur=importb(379h) ; // retourne la valeur du port <b>En C++ :</b> Valeur = inp(379h)

Figure III-24 : exemple de langage de lecture / écriture sur le port

### Programmation du port en Visual Basic (V.B.)

Le cas de Visual Basic est un peu délicat. En effet, aucune fonction n'existe en standard. Puisque notre programme est écrit en « Visual Basic », nous avons eu recours aux fameux fichiers « **DLL** » (Data Link Library) qui permettent d'étendre les possibilités de ce langage. Nous avons utilisé « **Inpout32.dll** » qui contient deux fonctions permettant de lire et d'écrire dans un des trois registres.

Installation du fichier DLL sur V.B. :

Public Declare Function Inp « inpout32.dll »

Où:

Inp « inpout32.dll » : installation du fichier (.DLL) pour la communication en ENTREE du port compatible avec l'environnement Windows (fichier système 32)

Public Declare Sub Out Lib “inpout32.dll”

Sub Out Lib « inpout32.dll » : installation du fichier (.DLL) pour la communication en SORTIE du port compatible avec l'environnement Windows (fichier système 32)

### Mode de lecture et d'écriture en .DLL sur V.B.

- mode lecture (réception):

*Public Declare Function DiPortReadPortUchar Lib "dlportio.dll" (ByVal Port As Long) As Byte*

Où:

*Public Declare Function DiPort : déclarer le fichier DLL (dans le logiciel SIMPERF) sur le port (ici port parallèle)*

*Read : lire les données présentes sur le port*

*Uchar : type de donnée de caractère 16 bits*

- mode écriture (envoi):

*Public Declare Function DiPortWritePortUchart Lib "dlportio.dll" (ByVal Port As Long) As Integer*

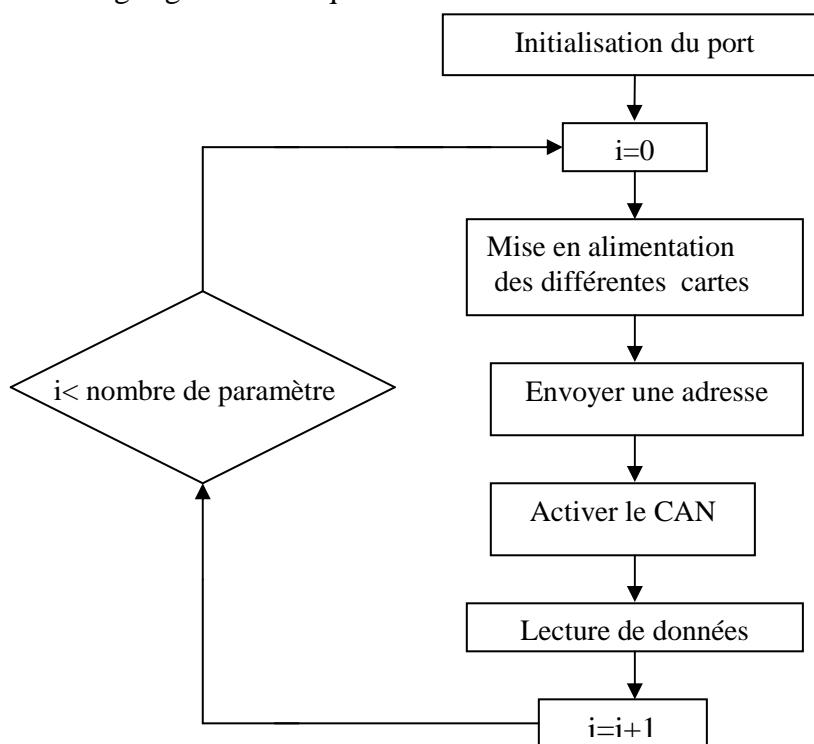
*Public Declare Function DiPort : déclarer le fichier DLL (dans le logiciel SIMPERF) sur le port (ici port parallèle)*

*write : envoyer l'adresse vers le port*

*Uchar : type de donnée de caractère 16 bits*

### **III.8.5 Processus général d'acquisition d'une voie analogique avec le logiciel SIMPERF**

- Organigramme d'acquisition de données



Exemple de programme d'envoi et de réception des données écrite en V.B. dans le SIMPERF :  
*DiPortWritePortUchar 890, 32 + 0 + 2 « mode envoi »*

Où:

2 : validation du bit de sortie « strobe » ;

0 : désactivation du bit « autofeed » ;

32 : validation du bit « init » ;

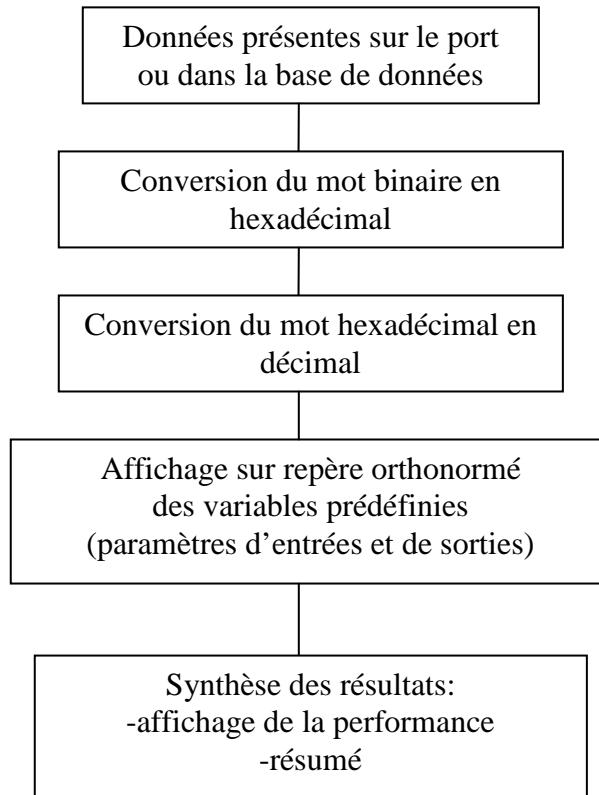
890 : conversion du registre de commande 37Ah en décimal.

*DiPortReadPortUchar 888 « mode réception »*

Où :

888 : conversion du registre de données 0x378h en décimal.

- Organigramme de traitement des données

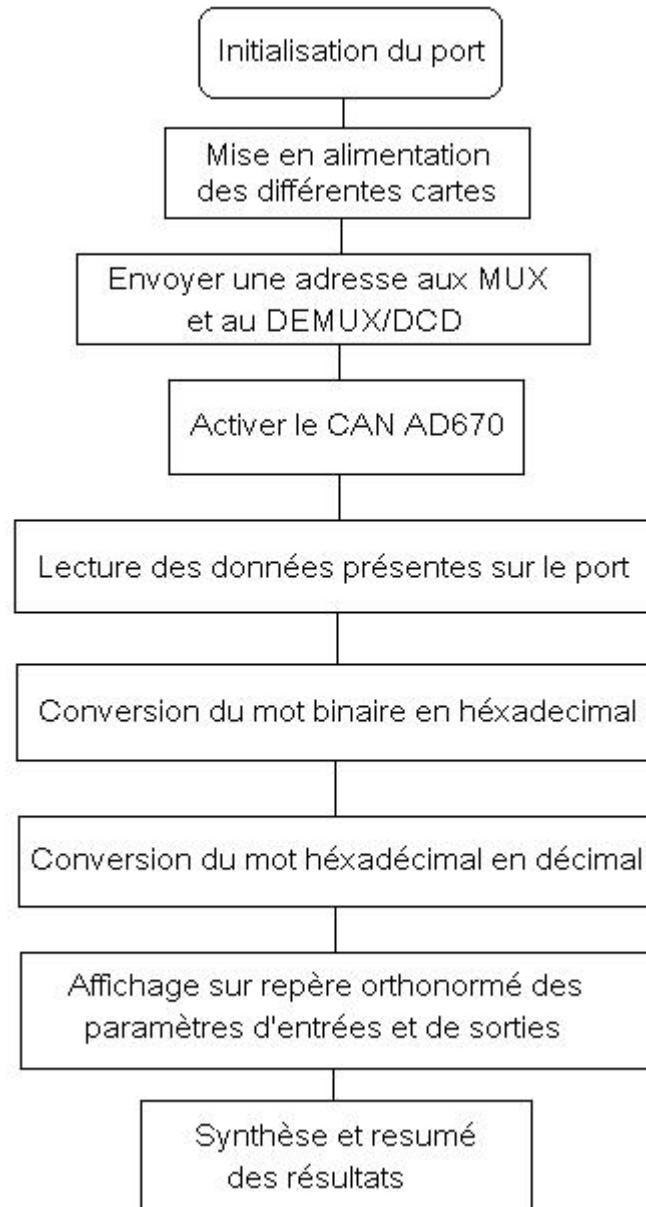


Chapitre  
**4**

## EXPLOITATION DU LOGICIEL

Ce logiciel a été conçu en langage « Visual Basic » (voir annexe)

### **IV.1. Synoptique du programme global du logiciel**



**Figure IV-1 : synoptique global du programme du logiciel**

## **IV-2 Installation du Microsoft Visual Studio 6.0**

Suivez la procédure d'installation de MICROSOFT VISUAL STUDIO version 6.0.

### **IV-3 Installation du « SIMPERF »**

- ❖ Pour installer le logiciel « *Simulateur de performance moteur* » :
- ❖ Insérer le logiciel dans le lecteur CDROM ;
- ❖ Cliquez sur fichier « install » dans le « CDRom SIMPERF » ;

L'information « *installation avec succès* » informe que vous avez réussi à l'installer sans avoir rencontré des problèmes.

Une fois installer, passez à l'étape suivante.

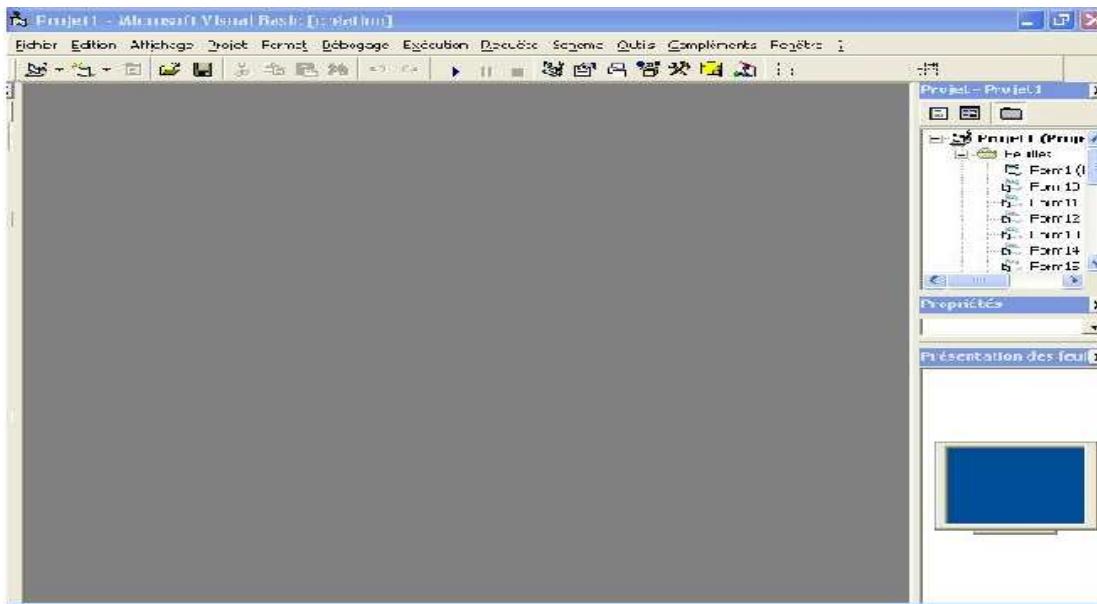
### **IV-4 Démarrage**

Le logiciel « *Simulateur de performance moteur* » est maintenant installé.

- ❖ Ouvrir le projet « **Simulateur de performance** » et cliquez dans le fichier « **projet1** », la fenêtre « **projet1 Microsoft visual basic** » apparaît.

### **IV-5 Lancement**

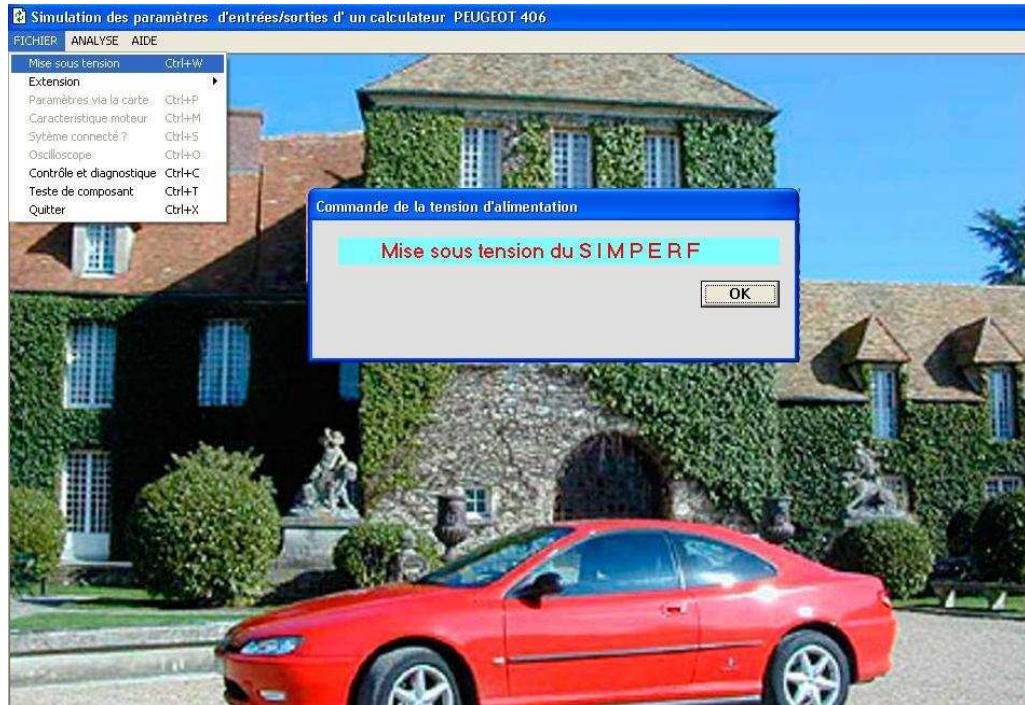
- ❖ Cliquez sur le bouton « **play** »(> de couleur bleu) au centre de la barre d'outil, deux fenêtres de présentation du logiciel (Simulation des paramètres d'entrées et de sorties d'un calculateur numérique) apparaissent successivement.



Sur la deuxième fenêtre se trouvent plusieurs menus :

- ❖ -Menu Fichier ;
- ❖ -Menu Analyse ;
- ❖ -Menu Aide.

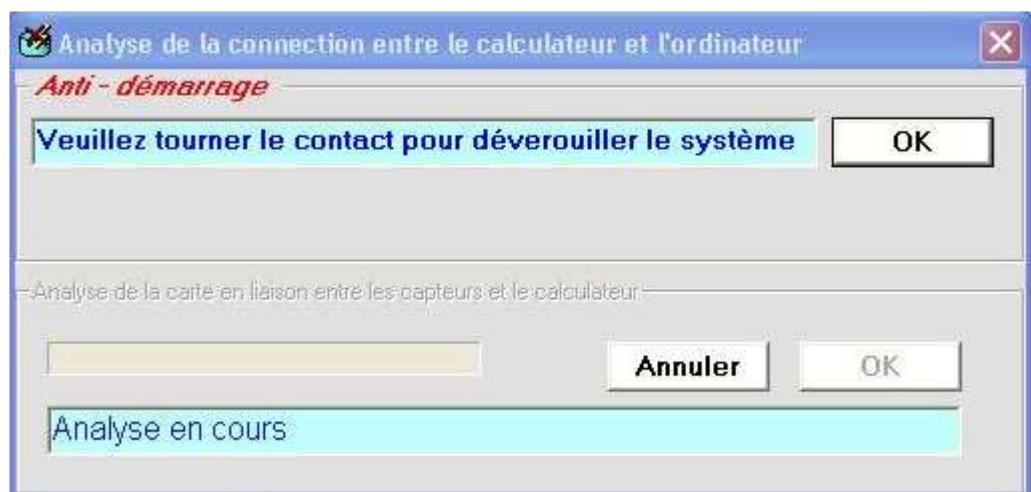
Cliquez sur le bouton « mise sous tension » pour alimenter les différents modules dans le boîtier de simulation.



❖ Cliquez sur « fichier » puis sur « système connecté » : une nouvelle fenêtre « analyse de la connexion entre le calculateur et l’ordinateur » apparaît ;

❖ Cliquez sur le bouton « OK » (coté droit en bas de la fonction Anti-démarrage), le logiciel effectue l’analyse de liaison entre les capteurs et l’ordinateur.

Une fois l’analyse terminée, le logiciel envoie un message «**analyse terminée**», cliquez ensuite sur le bouton « **OK** » (qui se trouve à droite du bouton « annuler »).



❖ Cliquez de nouveau sur menu « **Fichier** », les fichiers « **extension** » (pour les voitures équipées d’un système ABS), « **caractéristique moteur** » (si on veut procéder à la simulation), « **Oscilloscope** » (si on veut visualiser la forme d’un signal quelconque, « **contrôle et diagnostic** » (si on procède à la localisation d’une panne) seront activés. Ce qui nous intéresse c’est le processus de simulation qui est aussi le thème de notre mémoire, alors :

❖ Choisissez la marque de voiture dont les caractéristiques techniques sont indiquées sur le tableau ci-dessous :

**Caractéristiques moteur**

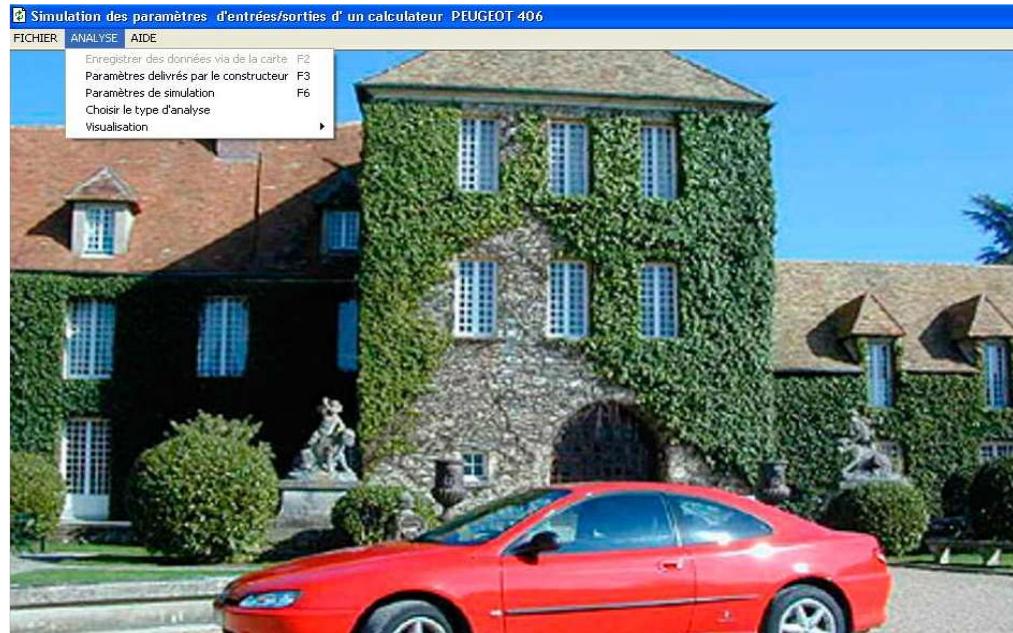
Marques	405	Puissance en KW	65
Véhicule	PEUGEOT	Puissance en Ch	75
Type moteur	XU5M3/L/Z	Régime Max	6400
Famille moteur	BDY	Couple en mdaN	12.8
Cylindre	1580	Couple en mkg	13.5
Marque calculateur	BOSCH	Régime Max	3000

Marque	Véhicule	Type moteur	Famille moteur	Cylindre	Puissance (KW)	Puissance (Ch)	Régime
406	PEUGEOT	TU3F2/K	K2DXXX	1360	55	75	1
405	PEUGEOT	XU52/C	B2A	1580	68	92	1
405	PEUGEOT	XU52/TR	B5A	1580	65	90	1
405	PEUGEOT	XU92C/K	D2H	1905	80	107	1
405	PEUGEOT	XU92C/TR	D5A	1905	71	98	1
405	PEUGEOT	XU952/k	D6d	1905	89	123	1
405	PEUGEOT	TU3FMC/L/Z	KDX	1360	55	75	1
405	PEUGEOT	XU5M3/L/Z	BDY	1580	65	75	1
405	PEUGEOT	XU17.P1 /Z	1F7	1761	74	103	1

Ajouter      Modifier      Supprimer      Fermer

Le fichier « paramètre via la carte » sera activé , si on veut procéder à une acquisition directe à partir du moteur de véhicule. Ainsi on a le choix entre une acquisition directe(c'est à dire sans modification des paramètres) et une acquisition par simulation des données (c'est à dire qu'on a modifier les paramètres d'entrées et de sorties du calculateur ainsi que des différents capteurs).

Il en est de même pour l'activation du « paramètre délivré par le constructeur », du « paramètre de simulation » dans le menu analyse. Pour ces deux derniers, l'acquisition des données direct ou par simulation ne sont pas forcément nécessaires car on peut les saisir au gré du manipulateur.



## **IV-6 Visualisation**

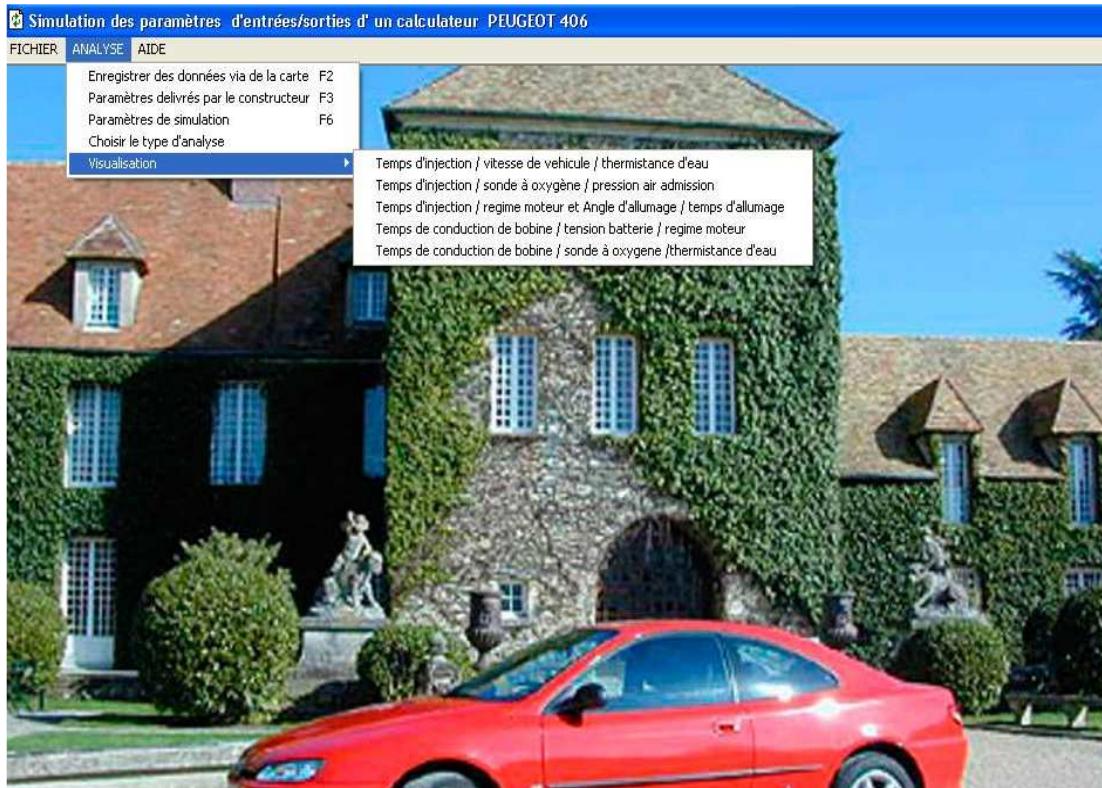
La visualisation consiste à représenter graphiquement les données saisies ou acquises via la carte précédemment.

On dispose de 2 choix :

- ❖ on utilise la base des données obtenues à partir d'une série de valeurs saisies par le manipulateur ;
- ❖ on utilise les données acquises via la carte.

Une fois que vous avez procédé à l'une des 2 options d'analyse, la liste des valeurs « de chaque paramètre délivré par le constructeur » et ou des « paramètres de simulation », le fichier de « visualisation » devient actif.

- ❖ un click sur « fermer » reviendra dans le menu « Analyse » ;
- ❖ Un click sur « analyse » puis sur « visualisation » représente la courbe des fonctions suivante :
- ❖ Temps d'injection / vitesse véhicule, Temps d'injection / Température moteur ;
- ❖ Temps d'injection / Sonde à Oxygène, Temps d'injection / Pression admission ;
- ❖ Temps d'injection / régime moteur ;
- ❖ Temps de conduction bobine / Tension batterie et du régime moteur ;
- ❖ Temps de conduction bobine / Sonde à oxygène et de la température moteur.

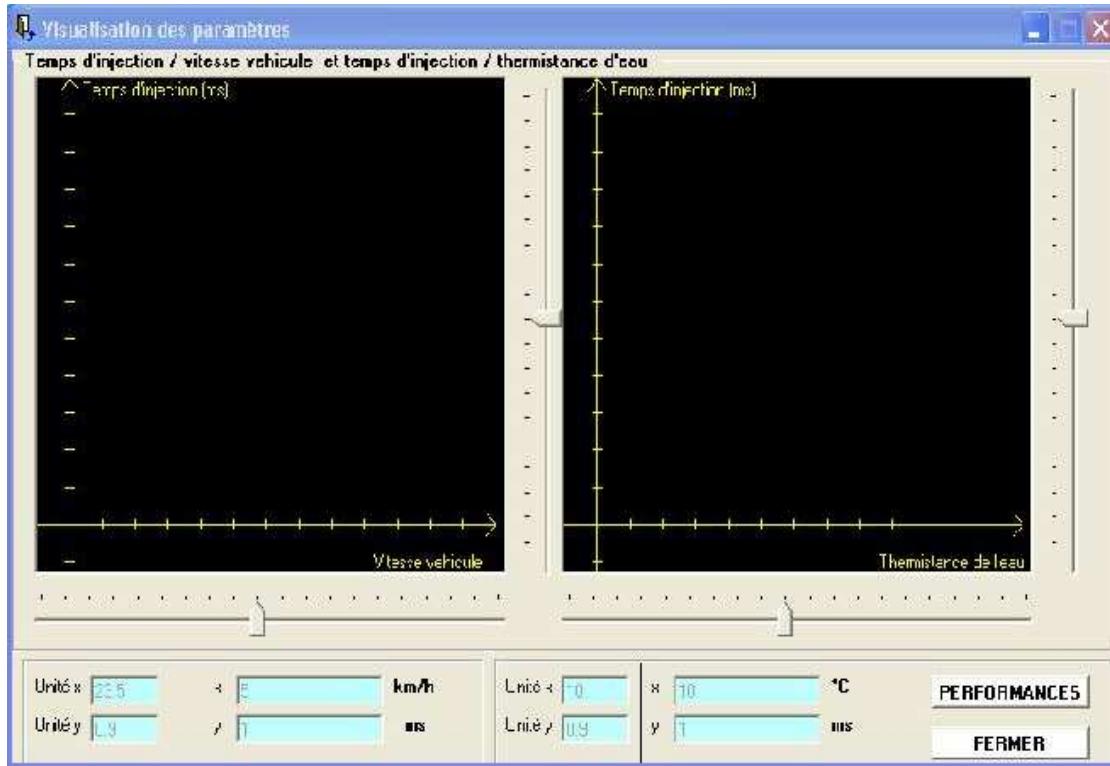


Si vous cliquez sur « **Temps d'injection / Régime** », la courbe caractéristique de ces deux paramètres s'affiche à l'écran de visualisation des paramètres.

Le déplacement de la souris à l'intérieur du diagramme indique (par l'intermédiaire de la case qui se trouve en bas à droite de la fenêtre) la valeur correspondante pour chaque point de fonctionnement du moteur(ici dans notre cas en tr/min et en ms).

Les deux curseurs (horizontal et vertical) servent à réduire ou à agrandir les dimensions de la courbe afin d'obtenir plus de précision.

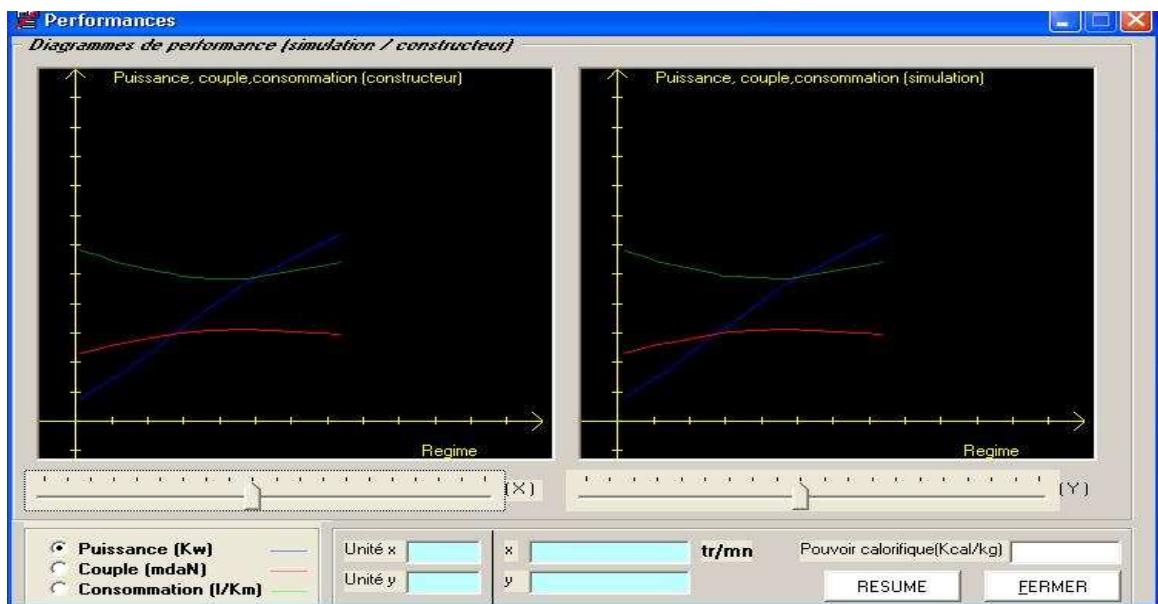
On peut procéder de la même manière pour les autres « **Visualisation des paramètres**».



#### IV-7 Performances du moteur.

En bas à droite des deux tableaux de « visualisation des paramètres » se trouve un bouton que nous avons nommé « performance ». Un click sur ce bouton nous amène directement aux 2 résultats de performances (couple, puissance, consommation) moteur.

L'un est obtenu à partir des valeurs « délivrés par le constructeur », l'autre issues des valeurs de « simulation ».



## IV-8 Résumé

Puisque nous avons procédé aux différents essais et mesures des paramètres d'entrées et de sorties effectués sur notre véhicule, une récapitulation s'avère nécessaire.

En effet, une insertion de valeur du « pouvoir calorifique du carburant » (qui détermine le rendement global moteur), nous donne les résultats ou « résumé » (bouton qui se trouve en bas de l'écran de « performance ») finaux issues de notre simulation faite avec le logiciel « simulateur de performance moteur ». Ce résumé nous informe sur :

les rendements du moteur suivant le procédé/

- ❖ Le gain en couple ;
- ❖ Le gain en puissance ;
- ❖ Le gain en consommation.

The screenshot shows a software window titled "PERFORMANCE MOTEUR". At the top, there is a table with columns: TEST, Cmin[Nm], CSE max, CSE min, and RENDEMENT GLOBAL en %. Two rows are visible: "Simulation" and "Constructeur". Below the table, there are three input fields with their respective values:

TEST	Cmin[Nm]	CSE max	CSE min	RENDEMENT GLOBAL en %
Simulation	865	116	97	21,468
Constructeur	820	117	97	19,818

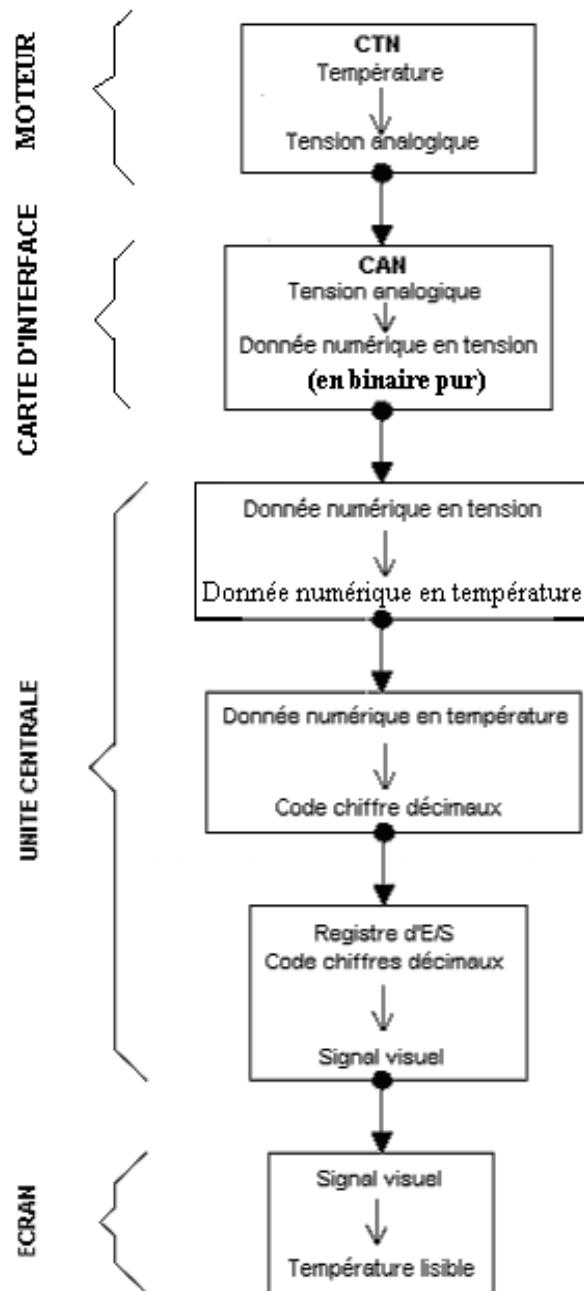
Gain en puissance [ kw ] : 1.0776699029126  
 Gain en couple [ Nm ] : 1.0672897196261  
 Différence de consommation : 0.9921203438395

**Fermer**

Le procédé reste le même pour «l'enregistrement des données via la carte» mais à la différence seulement que sur la saisie effectuée par le spécialiste, les données dérivées du calculateur seront stockées automatiquement dans l'unité centrale de l'ordinateur par le port parallèle. L'unité centrale prend en charge aussi le processus de calcul ainsi que la représentation des résultats (graphique, résumé) affichés sur l'écran.

A la fin de l'opération, cliquez sur « débranchement de la tension d'alimentation de la carte » pour la mise en hors service du boîtier SIMPERF.

Voici un exemple de traitement d'information (figure V-2) sur laquelle nous avons conçu pour mesurer la température du moteur délivrée par la thermistance d'eau (pour plus de détail voir annexe).



**Figure IV-2 : traitement d'information pour la mesure de la température du moteur**

#### **IV-9 Mode opératoire pour l'exploitation du travail**

Il nous faut d'abord disposer d'une véhicule à part du logiciel, étant donné que nous avons effectué notre stage chez **SICAM**, notre choix s'est fixé sur un **PEUGEOT 406** moteur à **injection** essence de type séquentiel (figure V-3), équipé d'un calculateur numérique type **BOSCH MP5.2** dont la caractéristique technique qui nous seront essentielles sont indiquées dans la page annexe.



**Figure IV-3 : Schéma de la voiture 406 d'essai**

Le déroulement de l'essai se divise en deux grandes parties :

- ❖ Essais et mesures des capteurs sans aucune intervention externe (on garde les valeurs d'origine délivrées par les capteurs) ;
- ❖ Essais et mesures avec modification des paramètres d'entrées (utilisation du boîtier de simulation).
- ❖ Pendant l'opération nous avons choisi d'effectuer l'essai et mesure à partir des informations émises par les capteurs suivants:

- ❖ Thermistance d'eau ;
- ❖ Thermistance d'air ;
- ❖ Potentiomètre papillon ;
- ❖ Capteur de pression d'admission d'air ;
- ❖ Capteur de régime moteur ;
- ❖ Capteur de vitesse véhicule ;
- ❖ Sonde à oxygène.

En fonction de ces paramètres d'entrées, on a étudié ensuite le comportement du calculateur vis à vis des actionneurs (paramètres de sorties) ci-dessous:

- ❖ Temps d'injection ;
- ❖ Temps de conduction de la bobine ;
- ❖ Actuateur de ralenti.

A la fin de l'opération, on a pu aboutir aux résultats(gain en consommation, gain en puissance, gain en couple, rendement global du moteur) suivants :

- ❖ Performance obtenu sans modifications des paramètres d'entrées ;
- ❖ Performance obtenu avec modifications des paramètres d'entrées.

**Chapitre****5****ACQUISITION DE DONNEES EN TEMPS REEL**

Le boîtier SIMPERF permet l'acquisition des données en temps réel. Voici 3 types logiciel que nous avons conçu pour effectuer ces taches :

### **V-1 L'oscilloscope Numérique**

Avec ce logiciel et le boîtier SIMPERF, on peut visualiser la forme d'un signal ayant une fréquence maximale inférieur à 1MHZ.

L'utilisation de cet oscilloscope numérique (figure V-1) se déroule comme suit :

Cliquez d'abord sur « oscilloscope » : la fenêtre d'un « oscilloscope numérique » apparaît ; choisissez sur la fenêtre des paramètres à utiliser (paramètres d'entrées ou de sorties) laquelle représente respectivement un signal de type fréquentiel et analogique ensuite cliquez sur « lancer ». Les facteurs de multiplication permet d'avoir beaucoup plus de précision sur l'amplitude et la netteté de la courbe représentative de la tension à visualiser.

- Un click sur le bouton arrondi du signal d'entrée puis sur « lancer » déterminera la forme du signal d'entrée seulement ;

- Un click sur le bouton arrondi du signal de sortie puis sur « lancer », déterminera la forme du signal de sortie seulement ;

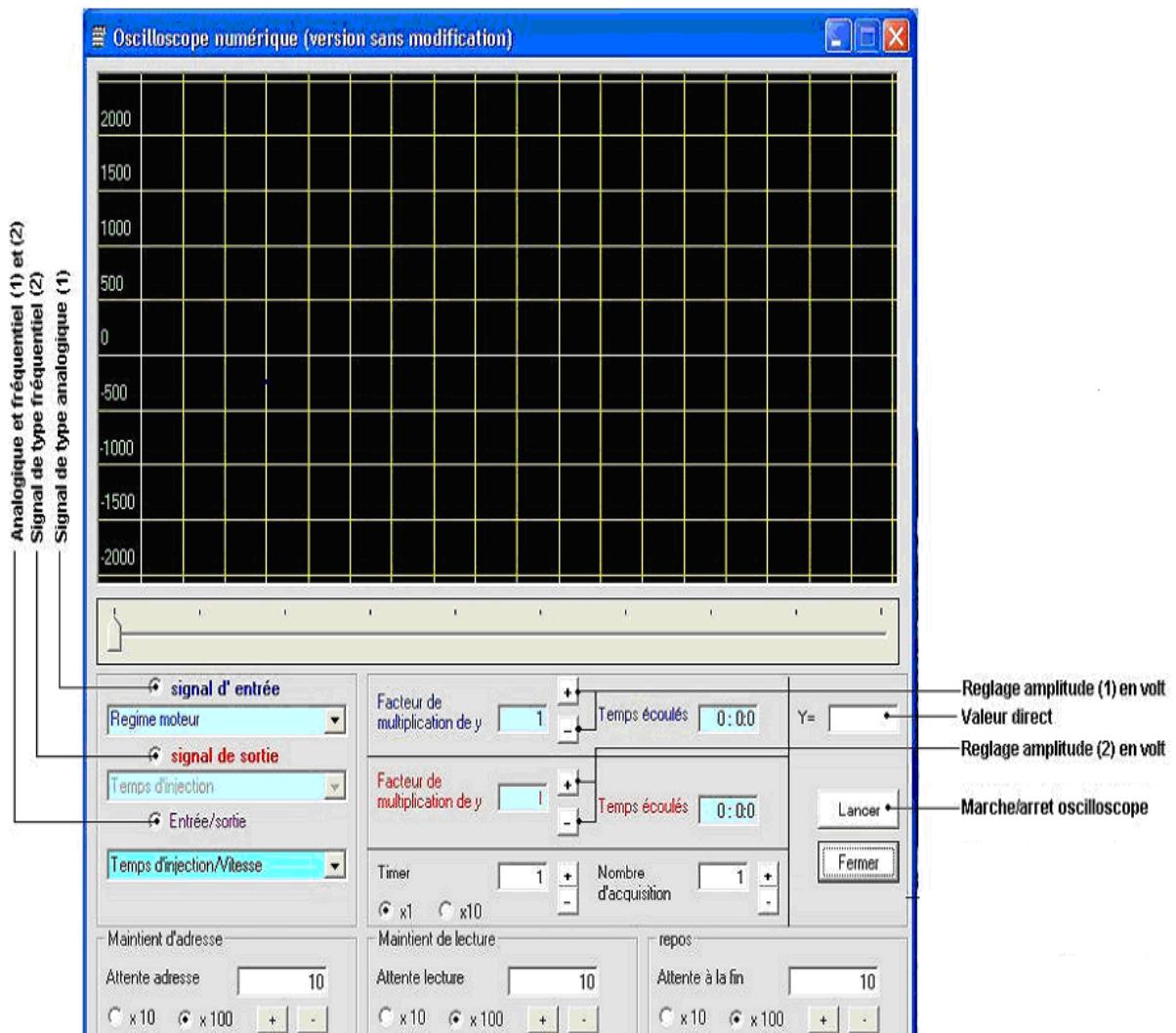
- Un click sur le bouton entrée/sorties suivi de « lancer », permettra de visualiser simultanément la forme des deux signaux ci-dessus ;

Si vous déplacez le souris à l'intérieur de la courbe, l'indicateur affiche instantanément les différentes valeurs(amplitude) en chaque point de la courbe.

Si vous cliquez (bouton + ou -) sur l'une des deux cases « **facteur de multiplication de y** », leurs amplitudes varient en fonction de la case sélectionnée.

Vous pouvez arrêter ou relancer l'opération en cliquant sur « arrêt ».

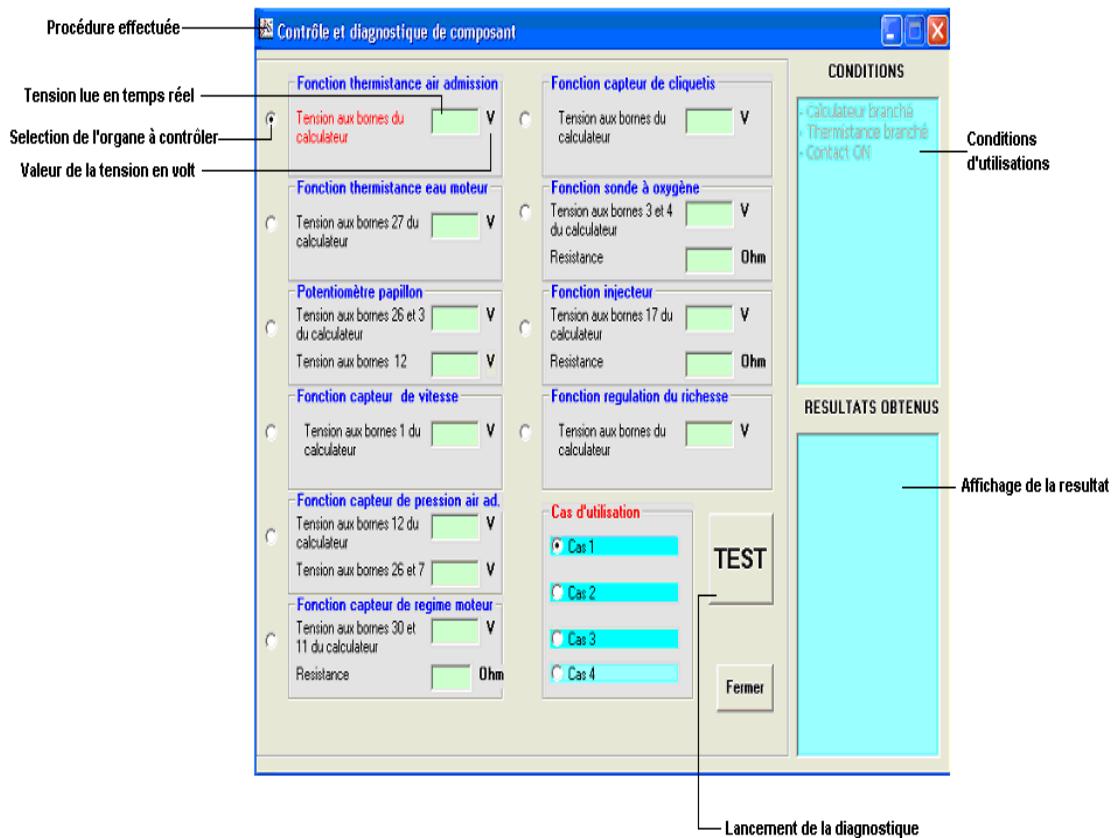
Une fois que vous avez terminé l'opération, vous pouvez retourner au menu principal en cliquant sur « Fermer ».



**Figure V-1 : l'oscilloscope numérique**

## V-2 Contrôle et diagnostic

Si une défaillance parmi les capteurs ou actuateurs se présente alors on peut localiser cette panne en cliquant sur le bouton « test » et l'ordinateur détermine l'organe défaillant. Une fois la panne localisée (indiquer sur l'écran), cliquez sur fermer pour retourner au menu principal.

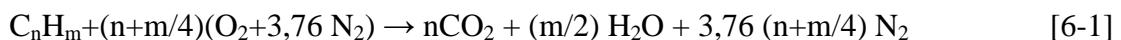


**Figure V-2 : Le logiciel de contrôle et diagnostic**

Une fois que vous avez terminé l'opération avec le boîtier, cliquez sur « débranchement de la tension de la carte SIMPERF » sur le menu principal.

**Chapitre****6****IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES GAZ D'ECHAPPEMENTS****VI-1 Composition et nuisance des gaz d'échappement****- Produits de la combustion**

L'équation chimique de la combustion complète d'un hydrocarbure est traduite par:



Pratiquement, les gaz d'échappement se composent des produits de la combustion complète d'une partie du mélange, des produits de la combustion incomplète du reste, des produits de réactions secondaires qui se déclenchent à l'intérieur des cylindres ou durant les phases d'échappement.

Il en résulte la liste suivant des composants chimiques des gaz d'échappement :

- ❖ Combustion complète : CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O
- ❖ Combustion incomplète : hydrocarbures imbrûlés : C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> (paraffines, oléfines, aromatiques....); Hydrocarbures partiellement imbrûlés : C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>CHO (aldéhydes), C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>CO (cétones), C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>.COOH (acides carboxyliques), CO (monoxyde de carbone); Produits de craquage thermique et dérivé : C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> (acétylène, éthylène, hydrogène), hydrocarbures polycycliques.
- ❖ Sous produits de la combustion : NO, NO<sub>2</sub> (oxydes d'azote)
- ❖ Additifs de carburant : oxyde de plomb, halogénures de plomb
- ❖ Impuretés de carburant : oxydes de soufre

**VI-2 Action différée des gaz d'échappement****Smog**

C'est un brouillard résultant de l'action de l'ozone sur les hydrocarbures imbrûlés et les oxydes d'azote en suspension dans l'air dans une zone à forte densité d'automobile.

**La pollution due aux moteurs à essence**

Parmi les responsables de ces émissions polluantes (industrie, phénomènes géologiques naturels...), le secteur de transport se trouve en bonne place.

### **VI.3 Influence des différents paramètres sur le gaz d'échappement**

- Influence de la richesse ;
- Influence du taux de remplissage ;
- Influence de l'avance à l'allumage ;
- Influence de la conception du moteur.

### **VI.4 Moyens d'action pour réduire les polluants**

Un moteur de véhicule est caractérisé par le fait qu'il fonctionne à charges et à régimes constamment variables. Il sera donc nécessaire de tenir compte des autres paramètres comme :

- La répartition du mélange carburé entre les différents cylindres ;
- La difficulté d'ajuster du mélange pour tous les modes de fonctionnement (ralenti, charges partielles, pleine charge, mise en action par temps froid...) ;
- Le fonctionnement en transitoire (accélération, décélération...) ;
- Contrôler le paramètre de réglage moteur (richesse) ;
- Composition du mélange.

### **VI.5 Réglementation des polluants à l'échappement**

La pollution atmosphérique dans l'environnement constitue depuis de nombreuses années un problème d'intérêt majeur pour les pouvoirs publics. Dans le domaine de l'automobile, des procédures codifiées ont été élaborées pour certains polluants spécifiques car il est difficile, sinon impossible, de vouloir les considérer tous.

Les conditions de circulation variables d'un pays à l'autre ont conduit les pouvoirs publics à définir des cycles dites « **cycles tests** ».

Le but des gouvernements par le biais des réglementations antipollutions est donc d'assurer la protection de l'environnement.

Il existe trois (3) zones d'influence :

- ❖ Etats-Unis ;
- ❖ Europe ;
- ❖ Japon.

### **VI.6 Réglementation actuelle**

Une réglementation unique des pertes par évaporation existe aux USA (et par voie de conséquence dans tous les pays suivant la norme USA), au Japon et en Europe.

Celles-ci sont mesurées selon la méthode dite « Sealed Housing for Evaporate Détermination » (SHED) qui consiste à mesurer les vapeurs d'essence dans l'atmosphère d'une enceinte étanche entourant le véhicule.

Ce test est composé de quatre (4) phases successives : préparation du véhicule, test d'évaporation à froid, cycle de conduite, test d'évaporation à chaud.

La sécurité routière d'Alarobia procède actuellement pour contrôler les fumées des véhicules le « test d'évaporation à chaud ».

### **VI.7 Réglementation future**

Une sévérité de la norme évaporation a été prévue depuis l'an 2000. Actuellement, chez PEUGEOT par exemple, on impose un système de recyclage des vapeurs d'essence : on piége dans un canister à charbon actif les vapeurs d'hydrocarbures légers provenant de l'évaporation du carburant contenu dans le

réservoir, lors de certaines phases de fonctionnement moteur ces vapeurs seront recycler dans la tubulure d'admission d'air.

**Tableau VI-1 : Estimation des sources de pollution prélevé en France en 1994**

Type de polluant	Origine	Part relative (%)	Emission totale (kt)
<b>CO</b>	Transports	69,9	4.300,0
	Combustion domestique	12,8	790,0
	Combustion industrielle	0,1	3,0
	Aciéries, traitement de minerais	13,6	836,0
	Incinération de déchets	3,6	225,0
	Activités agricoles(brûlage)	<b>100,0</b>	<b>6.154,0</b>
<b>Hydrocarbures</b>	<b>Total</b>		
	Transport	38,0	880,0
	Industries mettant en œuvre des solvants	42,0	970,0
	Autres industries	20,0	460,0
	<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>2.310,0</b>
<b>Oxydes d'azotes</b>	Transport	44,3	1.085,0
	Industrie (sauf centrale thermique)	9,9	243,0
	Centrales thermiques	7,3	178,0
	Secteur résidentiel et tertiaire	5,8	141,0
	Agriculture	32,7	800,0
	<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>2.447,0</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Transport et mécanisation de l'agriculture	5,2	977,0
	Secteur résidentiel et tertiaire	12,1	229,4
	Industrie, transformation d'énergie	82,7	1.561,9
	<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>1.889,0</b>

Tableau VI-2 : Résultats des contrôles (Test d'évaporation à chaud) systématiques de fumées de véhicules automobiles effectués au Centre de Sécurité Routière MIKOJA / NANISANA ANTANANARIVO

Mois de : JANVIER 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
24-jan	4	3	0	2	0.00%	66.67%
27-jan	6	3	0	0	0.00%	00%
28-jan	10	3	0	0	0.00%	00%
29-jan	8	2	5	2	62.50%	100.00%
30-jan	4	1	0	0	0.00%	0.00%
31-jan	9	2	2	0	22.22%	0.00%
TOTAL	41	14	7	4	17.07%	28.57%
MOYENNE					14.16%	27.78%

Mois de : FEVRIER 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
3-fév	9	1	0	0	0.00%	0.00%
4-fév	7	3	2	1	28.57%	33.33%
5-fév	7	3	0	1	0.00%	33.33%
6-fév	8	5	0	1	0.00%	20.00%
7-fév	10	0	0	0	0.00%	0.00%
28-fév	4	6	1	0	25.00%	0.00%
TOTAL	45	18	3	3	6.67%	16.67%
MOYENNE					8.92%	14.33%

Mois de : MARS 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
4-mars	7	3	0	0	0.00%	0.00%
TOTAL	7	3	0	0	0.00%	0.00%
MOYENNE					0.00%	0.00%

Mois de : MAI 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
19-mai	8	3	0	0	0.00%	0.00%
22-mai	3	3	0	1	0.00%	33.33%
TOTAL	11	6	0	1	0.00%	16.67%
MOYENNE					0.00%	16.67%

Mois de : JUILLET 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
1-juil	8	2	2	0	25.00%	0.00%
2-juil	8	2	4	0	50.00%	0.00%
3-juil	6	4	2	1	33.33%	25.00%
4-juil	6	4	0	1	0.00%	25.00%
7-juil	8	2	2	1	25.00%	50.00%
8-juil	7	4	2	2	28.57%	50.00%
9-juil	9	1	1	1	11.11%	100.00%
10-juil	7	3	4	2	57.14%	66.67%
11-juil	8	3	2	2	25.00%	66.67%
14-juil	7	5	0	1	0.00%	20.00%
15-juil	11	0	1	0	9.09%	0.00%
16-juil	9	1	1	1	11.11%	100.00%
17-juil	8	3	0	1	0.00%	33.33%
18-juil	9	1	1	1	11.11%	100.00%
21-juil	7	3	0	1	0.00%	33.33%
24-juil	9	1	2	0	22.22%	0.00%
25-juil	7	3	0	2	0.00%	66.67%
28-juil	7	3	1	1	14.29%	33.33%
29-juil	6	4	0	2	0.00%	50.00%
30-juil	9	1	1	0	11.11%	0.00%
31-juil	7	3	0	0	0.00%	0.00%
TOTAL	163	53	26	20	15.95%	37.74%
MOYENNE					15.90%	39.04%

Mois de : AOUT 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
1-août	10	0	1	0	10.00%	0.00%
2-août	4	6	1	1	25.00%	16.67%
4-août	6	4	0	2	0.00%	50.00%
5-août	9	2	3	1	33.33%	50.00%
6-août	8	2	3	0	37.50%	0.00%
7-août	10	0	4	0	40.00%	0.00%
8-août	8	3	5	3	62.50%	100.00%
11-août	9	1	0	0	0.00%	0.00%
12-août	10	2	0	0	0.00%	0.00%
13-août	5	3	0	0	0.00%	0.00%
14-août	8	2	0	1	0.00%	50.00%
18-août	7	3	0	1	0.00%	33.33%
19-août	5	5	3	2	60.00%	40.00%
20-août	6	3	3	2	50.00%	66.67%
21-août	5	5	1	4	20.00%	80.00%
22-août	2	7	1	4	50.00%	57.14%
25-août	9	2	7	2	77.78%	100.00%
26-août	8	3	4	3	50.00%	100.00%
27-août	6	5	4	2	66.67%	40.00%
TOTAL	135	58	40	28	29.63%	48.28%
MOYENNE					30.67%	41.25%

Mois de : SEPTEMBRE 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
25-sept	6	4	1	3	16.67%	75.00%
26-sept	6	4	1	1	16.67%	25.00%
29-sept	7	2	1	1	14.29%	50.00%
30-sept	7	3	1	1	14.29%	33.33%
TOTAL	26	13	4	6	15.38%	46.16%
MOYENNE					15.47%	45.83%

## Mois de : OCTOBRE 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
1-oct	5	5	1		20.00%	0.00%
2-oct	6	5	3	0	50.00%	0.00%
6-oct	6	4	0	0	0.00%	0.00%
7-oct	7	3	1	0	14.29%	0.00%
20-oct	11	0	4	0	36.36%	0.00%
21-oct	8	2	0	1	0.00%	50.00%
22-oct	7	4	1	1	14.29%	25.00%
24-oct	6	2	0	1	0.00%	50.00%
27-oct	8	1	0	0	0.00%	0.00%
TOTAL	64	26	10	3	15.63%	11.54%
MOYENNE					14.99%	13.88%

## Mois de : NOVEMBRE 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
3-nov	4	1	0	0	0.00%	0.00%
12-nov	4	1	1	1	25.00%	100.00%
14-nov	7	3	1	3	14.29%	100.00%
17-nov	8	2	4	0	50.00%	0.00%
18-nov	8	3	4	1	50.00%	33.33%
19-nov	9	2	4	1	44.44%	50.00%
20-nov	9	0	7	0	77.78%	0.00%
21-nov	12	1	12	1	100.00%	100.00%
24-nov	5	0	1	0	20.00%	0.00%
25-nov	8	2	4	1	50.00%	50.00%
26-nov	3	1	1	1	33.33%	100.00%
27-nov	2	2	0	2	0.00%	100.00%
28-nov	4	1	1	1	25.00%	100.00%
TOTAL	83	19	40	12	48.19%	63.16%
MOYENNE					37.68%	56.41%

Mois de : DECEMBRE 2003

DATE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
1-déc	3	2	0	1	0.00%	50.00%
2-déc	2	1	0	1	0.00%	100.00%
4-déc	9	3	3	2	33.33%	66.67%
5-déc	9	3	7	3	77.78%	100.00%
17-déc	9	1	5	0	55.56%	0.00%
18-déc	8	2	1	1	12.50%	50.00%
19-déc	10	0	3	0	30.00%	0.00%
22-déc	6	4	3	2	50.00%	50.00%
23-déc	3	6	0	3	0.00%	50.00%
26-déc	9	1	3	1	33.33%	100.00%
29-déc	9	1	7	1	77.78%	100.00%
30-déc	7	3	5	2	71.43%	66.67%
TOTAL	84	27	37	17	44.05%	62.96%
MOYENNE					36.81%	61.11%

**Tableau IV-3** : Tableau récapitulatif de contrôles de fumées de véhicule automobile au Centre de Sécurité Routière MIKOJA / NANISANA

ANNEE	NOMBRE		NOMBRE D'INAPTES		POURCENTAGE D'INAPTES	
	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T	Moins de 3,500T	Plus de 3,500T
2003	659	237	167	94	25.34%	39.66%

Ces données statistiques nous montrent que la pollution de l'environnement à Madagascar n'est pas due seulement au feu de brousse mais aussi aux fumées émises par les gaz d'échappements des véhicules de poids lourds ou légères.

## **CONCLUSION GENERALE**

De l'étude à la réalisation de ce thème de mémoire, ce travail nous a permis d'accéder à une nouvelle connaissance du micro-électronique embarqué sur un véhicule qui n'était alors réservée qu'aux ingénieurs et chercheurs des firmes fabriquant de composants électroniques ou des constructeurs automobiles dans les pays développés.

Certes, c'est un premier pas sur l'application de l'électronique numérique acquise à l'école avec la création de ce logiciel qui mérite encore une certaine amélioration afin de pouvoir augmenter la performance des voitures de compétition.

Je pense donc que les concessionnaires des grandes marques, en particulier la société SICAM s'y pencheront et viendront en aide pour épauler le chercheur en herbe que je suis pour exploiter à fond ce boîtier.

## ANNEXE I



### NOMENCLATURE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES DU BOITIER **SIMPERF**

Résistance	Diode	Transistor	Relais
R1 = 10kΩ [1/4W]	D1 = 1N4007	T1 = 2N2222	RL= relais 12V
R2 = 22 kΩ [1/4W]	D2 = 1N4007	T2 = 2N2222	
R3 = 22 kΩ [1/4W]	D3 = 1N4007	T3 = 2N2222	
R4 = 22 kΩ [1/4W]			

**Nomenclature des composants pour les trois cartes d'alimentation  
du boîtier SIMPERF**

Résistance	Condensateur	Diode	Circuit intégré
R1 = 50 kΩ [1/4W] R2 = 150 kΩ[1/4W] R3 = 100 kΩ [1/4W]	C1 = C2 = C4 = 100 nF	<b>D1 = 1N 4007</b> <b>D2 = LED vert</b>	IC1= HCT 4051 MUX analogique IC2 = TL 084 quadruple AOP IC3 = 54 HCT 154 DCD / DEMUX IC4 = AD 670 CAN 8 bits IC5 = 54 LS 245 Octal bus transceiver IC6 = circuit logique à 6 inverseur IC7 = NE 555 timer IC8 = AD 582 échantillonneur bloqueur

**Nomenclature des composants pour la carte principale**

Résistance	Condensateur	Transistor	Circuit intégré
R1 = 22 kΩ [1/4W]	C1 = 100nF	T1 = 2N2222	IC1 = LM2902
R5 = 22 kΩ [1/4W]	C3 = 100nF	T2 = 2N2222	Quadruple AOP
R9 = 22 kΩ [1/4W]	C5 = 100nF	T3 = 2N2222	
R13 = 22 kΩ [1/4W]	C7 = 100nF	T4 = 2N2222	IC3 = LM2902
			Quadruple AOP
R2 = 10 kΩ [1/4W]	C9 = 10nF		
R6 = 10 kΩ [1/4W]	C11 = 10nF		IC5 = LM2902
R10 = 10 kΩ [1/4W]	C13 = 10nF		Quadruple AOP
R14 = 10 kΩ [1/4W]			IC7 = LM2902
R3 = 50 kΩ [1/4W]	C10 = 22nF		Quadruple AOP
R7 = 50 kΩ [1/4W]	C12 = 22nF		
R11 = 50 kΩ [1/4W]	C14 = 22nF		IC9 = LM2902
R15 = 50 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R4 = 100 kΩ [1/4W]	C2 = 68nF		
R8 = 100 kΩ [1/4W]	C4 = 68nF		IC11 = LM2902
R12 = 100 kΩ [1/4W]	C6 = 68nF		Quadruple AOP
R16 = 100 kΩ [1/4W]	C8 = 68nF		
			IC13 = LM2902
			Quadruple AOP
R17 = 1 MΩ [1/2W]			IC2 = TL84
R20 = 1 MΩ [1/2W]			Quadruple AOP
R23 = 1 MΩ [1/2W]			
			IC4 = TL84
R18 = 50 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R21 = 50 kΩ [1/4W]			
R28 = 50 kΩ [1/4W]			IC6 = TL84
			Quadruple AOP
R19 = 200 kΩ [1/4W]			
R22 = 200 kΩ [1/4W]			IC8 = TL84
R25 = 200 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
			IC10 = TL84
			Quadruple AOP
			IC12 = TL84
			Quadruple AOP
			IC14 = TL84
			Quadruple AOP
			Divers:
			C01.....C07 =
			<b>commutateur 04</b>
			<b>miniaturisé</b>

### Nomenclature des composants de la carte d'acquisition directe

Résistance	Condensateur	Transistor	Circuit intégré
R1 = 22 kΩ [1/4W]	C1 = 100nF	T1 = 2N2222	IC1 = NE 555 timer
R6 = 22 kΩ [1/4W]		T2 = 2N2222	IC2 = TL 084
R11 = 22 kΩ [1/4W]	C3 = 10nF C5 = 10nF	T3 = 2N2222	Quadruple AOP
R2 = 10 kΩ [1/4W]			IC4 = TL 084
R7 = 10 kΩ [1/4W]	C2 = 20nF		Quadruple AOP
R14 = 10 kΩ [1/4W]	C4 = 20nF		IC6 = TL 084
R18 = 10 kΩ [1/4W]	C6 = 20nF		Quadruple AOP
R22 = 10 kΩ [1/4W]			IC8 = TL 084
R26 = 10 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R29 = 10 kΩ [1/4W]			IC10 = TL 084
R10 = 10 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R3 = 50 kΩ [1/4W]			IC12 = TL 084
R8 = 50 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R12 = 50 kΩ [1/4W]			IC14 = TL 084
R16 = 50 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R20 = 50 kΩ [1/4W]			IC3 = LM2902
R24 = 50 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R28 = 50 kΩ [1/4W]			IC5 = LM2902
R4 = 200 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R9 = 200 kΩ [1/4W]			IC7 = LM2902
R13 = 200 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R5 = 1MΩ [1/2W]			IC9 = LM2902
R29 = 1MΩ [1/2W]			Quadruple AOP
R21 = 100 kΩ [1/4W]			IC11 = LM2902
R17 = 100 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R25 = 100 kΩ [1/4W]			IC13 = LM2902
R29 = 100 kΩ [1/4W]			Quadruple AOP
R15 = 150 kΩ , potentiomètre à curseur			
R19 = 150 kΩ , potentiomètre à curseur			
R23 = 150 kΩ , potentiomètre à curseur			
R27 = 150 kΩ , potentiomètre à curseur			

### Nomenclature des composants de la carte de simulation

**ANNEXE II  
TYPE MOTEUR**

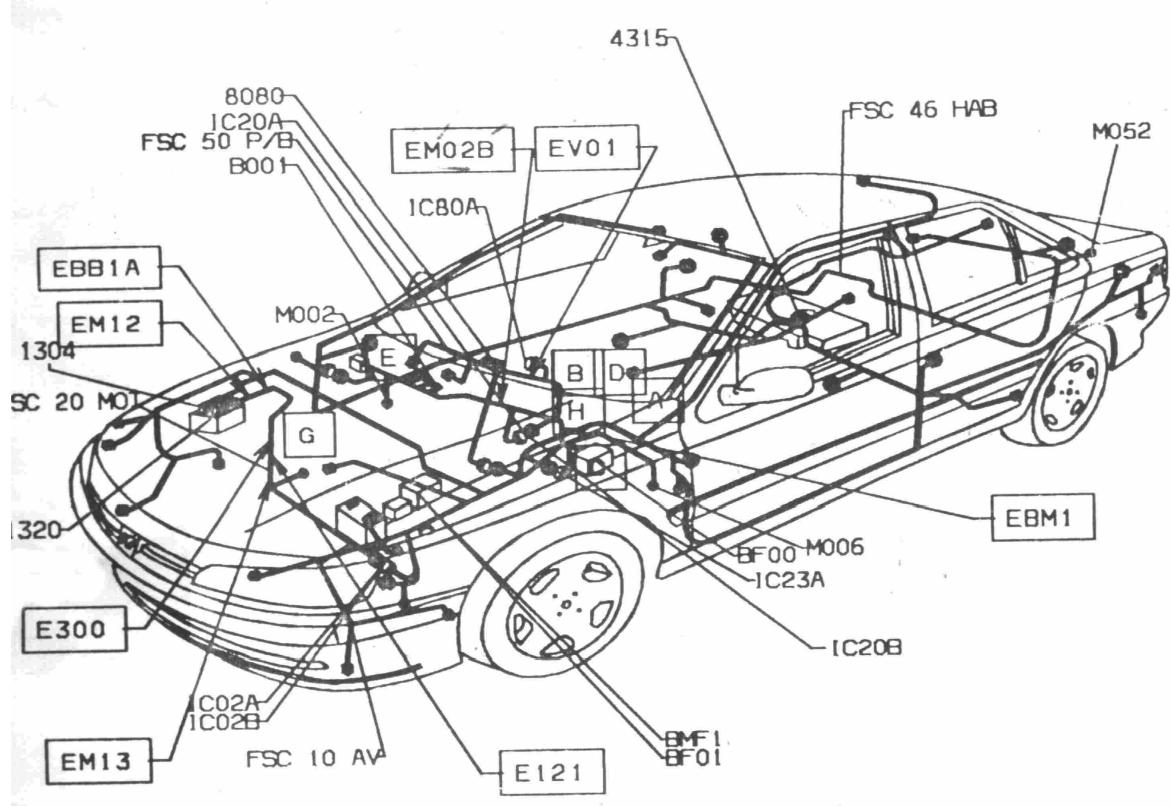
**R6E2 – RFV**



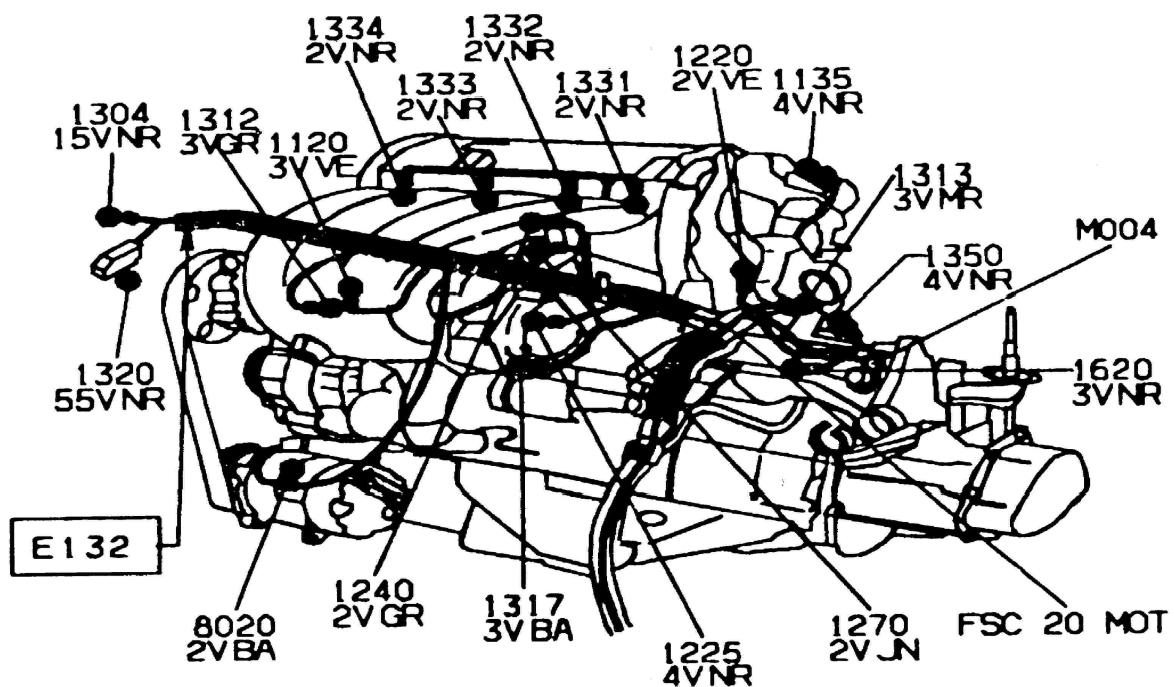
**SYSTEME BOSCH MP5.2**

**VEHICULE PEUGEOT 406**

## Schéma d'implantation des organes électriques sur Peugeot 406



## Implantation des organes électriques dans le compartiment moteur



**Couleur du fil :**

**BA** : blanc  
**JN** : jaune  
**MR** : marron  
**NR** : noir

**Connecteur :**

**IC** : interconnections  
**FSC** : faisceau  
**E** : épissure  
**V** : voie

**Autre abréviations :**

**B** : +batterie  
**BB** : +batterie  
**BF**: + batterie moteur tournant  
**E**: épissure  
**M**: masse  
**Mot**: moteur  
**D**: numéro de case du connecteur  
**H**: représentation d'une autre fonction  
**G**: boîtier fusible  
**V**: veilleuse

**Abréviation des organes électriques:**

**1120** : capteur de cliquetis  
**1135** : bobine d'allumage  
**1220** : thermistance eau moteur  
**1225** : vanne de régulation ralenti  
**1240** : thermistance air admission  
**1270** : résistance de chauffage du boîtier papillon  
**1304** : relais double multifonction injection  
**1312** : capteur de pression admission  
**1313** : capteur de régime moteur  
**1317** : capteur de position levier (pompe diesel)  
**1320** : calculateur injection allumage  
**1331** : injecteur du cylindre 1  
**1332** : injecteur du cylindre 2  
**1333** : injecteur du cylindre 3  
**1334** : injecteur du cylindre 4  
**1350** : sonde à oxygène  
**1620** : capteur de vitesse véhicule  
**4315** : jauge à carburant  
**8020** : compresseur de réfrigération

**Exemple :**

- 2VNR : connecteur à 2 voies noir
- E300 :
  - 30 : numéro de la fonction (ici la fonction est une éclairage de l'habitacle)
  - 0 : numéro du fil
- M052 :
  - 05 : fusible
  - 2 : numéro fusible
- IC 80A :
  - 80 : climatisation
  - A : +accessoire

### Caractéristique technique du moteur

Moteur	Type réglementaire	Alésage x course [mm]	Cylindre	Rapport volume [/1]	Puissance maxi			Couple maxi			Puissance administrative [France]
					CEE [kW]	DIN [ch]	Régime [tr/min]	CEE	DIN	Régime [tr/min]	
X10J4R	RFV	86 x 86	1998	10,4	97,4	135	5500	18	18,7	4200	10

### Performances

Performances : (km/h)	203
Vitesse maximum	
0 à 400m départ arrêté (DIN) en sec	17,4
0 à 1000m départ arrêté (DIN) en sec	32,3
0 à 100km/h (en sec)	11,0
Consommation (UTAC) : litres A 90km/h	6,10
A 120km./h	7,7
En parcours urbain	11,30

### Rappel des indices de dépollution

Indices [CEE]	b Normes	Moteurs	c Véhicules	Validités [nouveaux types]
K	ECE 15.04	Essence et diesel	VP cylindrée > 2L VP cylindrée > 2L VU toutes cylindrées	Jusqu'à 06/89 Jusqu'à 12/92 Jusqu'à 06/89
L	CEE92	Essence et diesel	VP toutes cylindrées	Depuis 07/92
L3	EURO 96	Essence et diesel	VP toutes cylindrées	Depuis 01/96

## PARAMETRES RELEVES :

### CONDITIONS DES RELEVES :

- Véhicule neuf
- Moteur chaud au ralenti
- Sans consommateur

<b>IDENTIFICATION CALCULATEUR</b>
Réf. Fourn. :
Ind.évol. :

<b>PARAMETRES AFFICHES</b>	<b>VALEURS CONSTRUCTEURS</b>	<b>(1) VALEURS RELEVEES</b>
Régime moteur	750 à 850 tr/min	
Tension batterie	12.5 à 14.5V	
Avance	8° à 15°	
Temps de charge	4 à 5 ms	
Temps d'injection	2,0 à 2,5 ms	
Etat papillon	RALENTI	
Température d'eau	90°C	
Température d'air	40°C	
Moteur pas à pas	30 à 40 pas	
Etat Ev. canister	0 ou 1	
Press. Collec.	350 à 460mb	
Sonde O <sub>2</sub>	0000 à 1000mV	
Entrée therm. Clim.	0	
Vites. Véhi.	<5kmh	
Etat BVA		

PARAMETRE : **Avance**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- U bat correct.
- Moteur chaud.
- Etat pap.: ralenti.
- Sans consommateur.

**MESURE :**

8° à 15°

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

Si incorrect, contrôler :

- Fonction commande bobine.
- Circuit d'allumage (faisceaux).
- Etat et conformité des bougies.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : **Tps. charge**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- U bat correct.
- Moteur chaud.
- Moteur ralenti.
- Temps d'injection correct.

**MESURES :**

Tps de charge1 : 3ms à 4ms

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

Si incorrect, contrôler :

- Fonction commande bobine.
- Circuit d'allumage (faisceaux).
- Etat et conformité des bougies.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : Tps. inject.

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- Ne pas faire fonctionner le moteur au ralenti accéléré plus de 15mn (sans ventilation de l'échappement et du catalyseur)

**MESURES :**

- Montée en température du moteur :  
Evolution du temps d'injection : 4ms à 2.1ms

Moteur chaud :

Régime ( tr/mn)	Ralenti	Régime stabilisé hors ralenti
Tps inject (ms)	2.1 à 2.5	1.9 à 2

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

- Si incorrect, contrôler :
- Fonction commande injecteur.
  - Fonction thermistance eau moteur.
  - Circuit de carburant.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : Etat pap.

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- Pédale d'accélérateur au repos.

**MESURE :**

Pour les mesures, agir directement sur la pédale d'accélérateur et non pas sur le sélecteur d'accélérateur.

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

- Si incorrect, contrôler :
- Fixation du potentiomètre papillon sur le boîtier papillon.
  - Trajet de réglage du câble d'accélérateur.
  - Fonction potentiomètre papillon.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : **Temp. eau**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- Moteur chaud.

**MESURES :**

90°C à 110°C maxi

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

Si incorrect, contrôler :

- Fonction thermistance eau moteur.
- Le circuit de refroidissement.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : **Temp. d'air**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Capot moteur fermé.

**MESURES :**

- 80°C maxi pays tempéré.
- 110°C maxi pays chaud.

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

Si incorrect, contrôler :

- Fonction thermistance air admission.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

**PARAMETRE : Moteur pas à pas**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- Etat papillon : RALENTI .
- Sans consommateur.

**MESURES :**

- Montée en température du moteur :  
Evolution de la position de l'aiguille du moteur pas à pas : 150 pas à 30 pas

Moteur chaud :

- nombre de pas : 30 pas à 40 pas.
- régime de ralenti : 750tr/mn à 850tr/mn.

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

- Nombre de pas incorrect, contrôler :
- Fonction moteur pas à pas régulation ralenti.
- Fonction réchauffage boîtier papillon.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

**PARAMETRE : Etat Ev. canister**

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Moteur tournant.
- Moteur chaud
- Circuit de canister correct.

**MESURES :**

0 ou 1

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

- L'électrovanne ne fonctionne pas, alors que l'état est à 1 : contrôle fonction électrovanne purge canister.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : Press. Collec.

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Tuyau de prise de pression en bon état.
- Sans consommateur.

**MESURE:**

- Moteur tournant.

Regime (tr/mn)	Ralenti	2000 à 3000
Press. (mb)	410 à 460	300 330

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

Si incorrect, contrôler :

- Fonction capteur pression tubulure d'admission.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : Etat B.V.A.

**CONDITIONS PREALABLES :**

- Véhicule équipé d'une BVA .
- Levier de vitesse en position **P** ou **N**

**MESURES :**

- Entrée BVA : **N**
- Levier de vitesse en position **P** ou **N**.
- Entrée BVA : **D**
- Levier de vitesse en position **1** ou **2** ou **D** ou **R**

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

-Si incorrect, contrôler :

Contrôler le faisceau électrique entre le calculateur d'injection et le contacteur de sécurité démarrage.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : Entrée therm. Clim.

**CONDITIONS PREALABLES :**

-Interrupteur de climatisation enclenché.

-Moteur chaud.

**MESURES :**

-Etat = 1

-Etat = 0 si la température de la sonde évaporateur est trop basse :le compresseur ne fonctionne plus

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

-Si incorrect, contrôler :

-La continuité et l'isolement du fil de la borne du calculateur ou il ya l'information thermostat de climatisation.

Si tous les contrôles sont corrects. faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : vites. Véhi.

**CONDITIONS PREALABLES :**

-Vitesse de véhicule supérieure à 5Kmh

**MESURES :**

-Vites. Véhi.> 5Kmh

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

-Si incorrect, contrôler :

La fonction capteur vitesse véhicule

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

PARAMETRE : U sonde O<sub>2</sub>

**CONDITIONS PREALABLES :**

-Moteur tournant.

-Moteur chaud à 90°C

**MESURES :**

U varie entre 000mV et 1000mV.

**INTERPRETATIONS DES MESURES :**

-Si incorrect, contrôler :

-Fonction chauffage sonde à oxygène.

Fonction de régulation de richesse.

Si tous les contrôles sont corrects, faire un essai avec un calculateur neuf.

### **ANNEXE III**



**PERFORMANCE DE QUELQUES VOITURES DE SPORT**

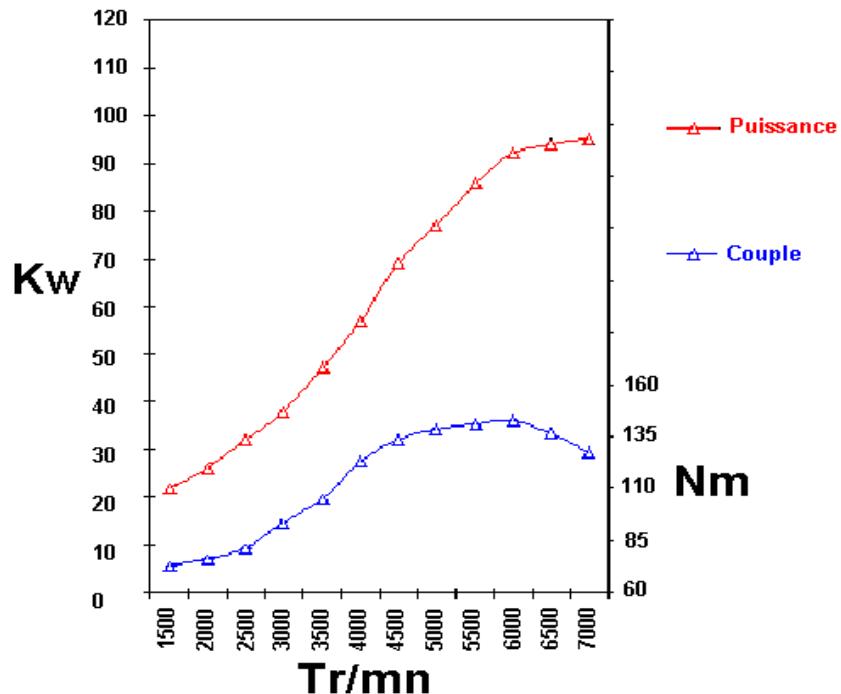
**TEST DE PERFORMANCE MESURES SUR CIRCUITS  
EN FINLANDE  
SAISON 2002**

## PERFORMANCE

Toutes les valeurs affichées sur cette page ne sont pas les valeurs du constructeur (souvent trop optimiste par rapport à la réalité). Il s'agit de valeurs mesurées sur circuit par des professionnels.

### **Honda Civic ESI**

#### Courbe de puissance en fonction du régime moteur



#### Accélération

Vitesse mesurée	Temps en seconde
40 Km/h	2,3 s
60 Km/h	4 s
80 Km/h	5,3 s
90 Km/h	6,8 s
100 Km/h	8,4 s
120 Km/h	11,7 s
140 Km/h	15,3 s
160 Km/h	22,7 s
180 Km/h	33,6

Distance parcourue	Temps en seconde
400 m	16,1 s
1000 m	29,7 s

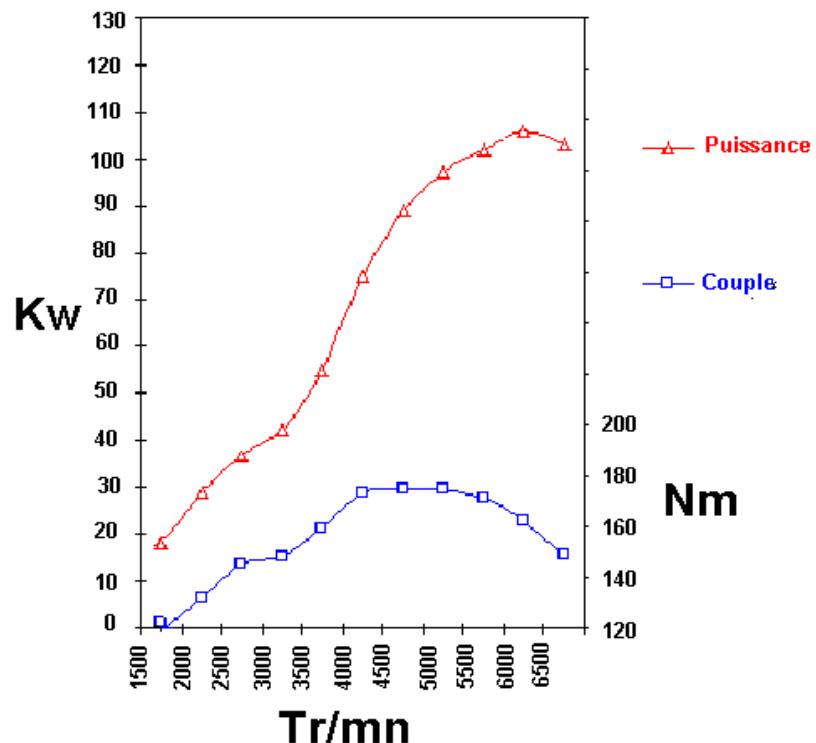
Rapport	Vitesse maxi sur intermédiaire
1	57 Km/h
2	96 Km/h
3	145 Km/h
4	190 Km/h

### Consommation

Vitesse stabilisée	Litre / 100 Km
90 Km/h	5,9 l
120 Km/h	7,5 l
Cycle urbain	8,9 l

### Prelude 2.0i

Courbe de puissance en fonction du régime moteur



#### **ANNEXE IV**

#### **METHODE ET FORMULE ADOPTEES DANS LE LOGICIEL POUR LA MESURE DE LA TEMPERATURE DE VEHICULE**

# MESURE DE LA TEMPERATURE

## Sommaire

- Présentation
- Le capteur CTN
- Principe de mesure
- Conversion tension/température
- Affichage de la température
- Mise en œuvre
  - o Organigramme
- Analyse et conclusion

### Présentation

Les thermistances sont des composants à semi-conducteurs dont la propriété essentielle est d'avoir une résistance électrique dépendant fortement de la température.

La variation de cette résistance sous forme de tension électrique sert à interpréter la variation de température dans le compartiment moteur

On distingue deux types de thermistances :

- o La thermistance à coefficient de température négatif ou CTN.
- o La thermistance à coefficient de température positif ou CTP.

### Le capteur CTN

Ce sont des composants petits, peu coûteux, très sensibles mais peu précis et la variation de leur résistance en fonction de la température est non linéaire. Elles sont surtout utilisées au voisinage de la température ambiante sur le moteur de véhicule. Par conséquent nous jugerons utiles de ne traiter que la CTN.

### Principe de mesure

#### **Relation R=R(T) :**

La résistance est donnée par la loi :

$$R(T)=R_0 \cdot \exp^{\beta[(1/T)-(1/T_0)]}$$

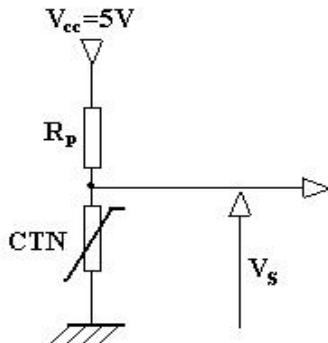
$$R_0=(R(T_0=300^\circ\text{K}); \beta=3977^\circ\text{K}$$

$\beta$ : coefficient de température

$R_0$ : résistance correspondant à la température ambiante, ici nous avons adopté la valeur  $R_0=10\text{k}\Omega$  ;

### Relation $V=V(T)$ :

Notre étude nous a amenée à opter le montage à pont diviseur de tension pour la mesure de la température.



Elle est donnée par la formule :

$$V(T) = R(T)/[R(T) + R_p] \cdot V_{cc}$$

Dans notre application, nous admettons que  $R_p = 10k\Omega$ .

Pour :

- $T < 200^\circ k$  : la tension au borne du CTN vaut  $V = V_{cc} = 5V$
- $200^\circ k < T < 400^\circ k$  : la tension varie de 0 à 5V
- $T > 400^\circ K$  : la tension est sensiblement égale à 0V

Pour avoir plus de précision, on a effectuée un développement au premier ordre au voisinage de  $T_0$  égale à :

$$V(T) = [R_o / (R_o + R_p)] \cdot V_{cc} - [R_o \cdot R_p \cdot \beta (T - T_0) / (R_o + R_p)^2 \cdot T_0^2] \cdot V_{cc}$$

En inversant la relation précédente:

$$T_c = T_0 [1 + (\alpha / \beta) (R_o + R_p) / R_p]$$

$$V_o = 1,559V$$

$$1/\alpha = 22,63^\circ k$$

$$(R_o + R_p) / R_p = 1,47$$

$$T_c = 333,27^\circ k$$

$$\Rightarrow T(^{\circ}k) = 333,27 - 20,80 \cdot V \quad \text{avec } 0^\circ k = -273^\circ C$$

$$T(^{\circ}C) = 60,27 - 20,80 \cdot V$$

On doit donc mesurer la tension aux bornes du CTN pour pouvoir remonter à l'information température.

Pour ce faire, on a utiliser un CAN sur 8 bits à sorties en binaire pur.

Pour l'affichage, nous avons utiliser l'écran d'un micro-ordinateur connecté sur la sortie de l'unité central.

### Conversion tension/température

On a la relation suivante entre tension et température :  $T(^{\circ}C) = 60,27 - 20,80 \cdot V$

Comme le CAN est sur 8 bits, la tension V s'écrit :

$$V = (V_{cc} / 255) \cdot (\$v)_2$$

$(\$v)_2$ : Valeur décimale lue par le CAN convertie en valeur décimale

Si on porte ce résultat dans la formule précédente, on obtient :

$$T^{\circ}(C) = (60,27 - 10100.(\$v)_2)$$

### **Affichage de la température**

Une fois obtenu le résultat de la température en mot binaire, il reste à le convertir en décimal. Pour cela il suffit de le convertir en nombre hexadécimal puis en décimal.

## **ANNEXE V**

### **LISTING DES PROGRAMMES DU LOGICIEL « OSCILLOSCOPE NUMERIQUE – APPAREIL DE DIAGNOSTIC »**

```

End If
If Option2.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Thermistance débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Contact ON " + Chr(13) + Chr(10)
End If
If Option3.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Contact ON" + Chr(13)
End If
If Option4.Value = True Then
    Text13.Text = "- Capteur véhicule débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- régime moteur N>3500tr/mn" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- véhicule roulant, moteur chaud"
End If
If Option5.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- moteur tournant"
End If
If Option6.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Actionner le démarreur"
End If
If Option7.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Contact OFF" + Chr(13) + Chr(10)
End If
If Option8.Value = True Then
    Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Sonde débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
    "- Contact ON"
End If
If Option9.Value = True Then
    Text13.Text = "- moteur tournant"
End If
End sub

Sub J2
    Text12.Text = "j2"

    If Option4.Value = True Then
        Text12.Text = "- Capteur véhicule débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- régime moteur N>3500tr/mn" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- véhicule roulant, moteur chaud"
    End If
    If Option5.Value = True Then
        Text13.Text = "- moteur tournant"
    End If
    If Option6.Value = True Then
        Text13.Text = "- Calculateur débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
        Contact OFF"
    End If
    If Option8.Value = True Then
        Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- Moteur tournant"
    End If
    If Option9.Value = True Then
        Text13.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- Moteur tournant" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- Contact ON"
    End If
End Sub

```

```

Sub j3()
    Text13.Text = "j3"
    If Option9.Value = True Then
        Text13.Text = "- Calculateur débranché" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- Moteur tournant" + Chr(13) + Chr(10) _
        "- Contact ON"
    End If
End Sub

Private Sub Option2_Click()
    If Option11.Value = True Then
        Text14.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If

Private Sub Option3_Click()
    If Option1.Value = True Then
        Text14.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option2.Value = True Then
        Text14.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option3.Value = True Then
        Text14.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option4.Value = True Then
        Text14.Text = "- Calculateur branché" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
End Sub

Private Sub Option4_Click()
    If Option1.Value = True Then
        Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option2.Value = True Then
        If Option1.Value = True Then
            Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé" + Chr(13) + Chr(10) _
        End If
    End If
    If Option3.Value = True Then
        If Option1.Value = True Then
            Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé" + Chr(13) + Chr(10) _
        End If
    End If
    If Option4.Value = True Then
        If Option1.Value = True Then
            Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé" + Chr(13) + Chr(10) _
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Option5_Click()
    If Option1.Value = True Then
        Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé, véhicule démarré" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option2.Value = True Then
        Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé, véhicule démarré" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option3.Value = True Then
        Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé, véhicule démarré" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
    If Option4.Value = True Then
        Text12.Text = "- Calculateur déverrouillé, véhicule démarré" + Chr(13) + Chr(10) _
    End If
End Sub

```

### Listing du programme « oscilloscope numérique »

```
Dim py As Double
Dim qy As Double
Dim qx As Double
Dim t As Single
Dim h As Single
Dim j As Single
Dim la As Integer
Dim min As Integer
Dim horilozy As Integer
Dim nb1 As Single

Private Sub cmb1_Click()
    Select Case cmb1.Text
        Case "Vitesse du véhicule":
            j = 6
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Potentiomètre papillon":
            j = 3
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Capteur de pression absolue":
            j = 4
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Temperature d'eau moteur":
            j = 1
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Temperature d'air admission":
            j = 2
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
    End Select
End Sub

Private Sub cmb2_Click()
    Select Case cmb2.Text
        Case "Temps d'injection":
            j = 10
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Temps d'allumage":
            j = 11
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
    End Select
End Sub

Private Sub cmb3_Click()
    Select Case cmb3.Text
        Case "Temps d'injection/Vitesse":
            j = 106
            'jo 3, py, j
            'jo1 2, qy, j
        Case "Temps d'injection/Temperature d'eau":
            j = 101
            'jo 3, py, j
```

```

'jo1 2, qy, j
Case "Temps d'allumage/Vitesse":
    j = 116
    'jo 3, py, j
    'jo1 2, qy, j
End Select
End Sub

Text8.Text = CStr(ata3)
End Sub

If nb1 > 1 Then
    nb1 = nb1 - 1
    Text10.Text = CStr(nb1)
End If
End Sub

Private Sub cmdnbp_Click()
    nb1 = nb1 + 1
    Text10.Text = CStr(nb1)
End Sub

Private Sub cmdtimerm_Click()

    If opttimed.Value = True Then
        If horilozy > 10 Then
            horilozy = horilozy - 10
        Else
            horilozy = 1
        End If
    End If

    If opttimeun.Value = True Then
        If horilozy > 1 Then
            horilozy = horilozy - 1
        Else
            horilozy = 1
        End If
    End If
    Text9.Text = CStr(horilozy)
End Sub

Private Sub cmdtimerp_Click()
    If opttimed.Value = True Then
        horilozy = horilozy + 10
    End If
    If opttimeun.Value = True Then
        horilozy = horilozy + 1
    End If
    Text9.Text = CStr(horilozy)
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    If Command2.Caption = "Arrêter" Then
        Timer1.Interval = 0
        Timer1.Enabled = true
        Command2.Caption = "Lancer"
        t = 0
    End If
End Sub

```

```

h = 0
min = 0
Picture1.Cls
reperal Picture1
    miseazero
    Else
        Timer1.Interval = horiloz
        Timer1.Enabled = True
        Picture1.Cls
        Option3_Click
        reperal Picture1
        Command2.Caption = "Arrêter"
    End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    If (Option2.Value = True) Or (Option3.Value = True) Then
        If qy > 0 And qy < 40 Then
            If qy < 1 Then
                qy = qy + 0.1
            Else
                qy = qy + 1
            End If
        End If
        Text2.Text = CStr(qy)
        If Option2.Value = True Then
            la1.Caption = CStr(af * (-4))
            la2.Caption = CStr(af * (-3))
            la3.Caption = CStr(af * (-2))
            la4.Caption = CStr(af * (-1))
            la5.Caption = CStr(0)
            la6.Caption = CStr(af * 1)
            la7.Caption = CStr(af * 2)
            la8.Caption = CStr(af * 3)
            la9.Caption = CStr(af * 4)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    If (Option2.Value = True) Or (Option3.Value = True) Then
        If qy > 0.1 And qy < 41 Then
            If qy < 2 Then
                qy = qy - 0.1
            Else
                qy = qy - 1
            End If
        End If
        Text2.Text = CStr(qy)
        If Option2.Value = True Then
            la1.Caption = CStr(af * (-4))
            la2.Caption = CStr(af * (-3))
            la3.Caption = CStr(af * (-2))
            la4.Caption = CStr(af * (-1))
            la5.Caption = CStr(0)
            la6.Caption = CStr(af * 1)
            la7.Caption = CStr(af * 2)
            la8.Caption = CStr(af * 3)
            la9.Caption = CStr(af * 4)
        End If
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Command5_Click()
    If (Option1.Value = True) Or (Option3.Value = True) Then
        If py > 0 And py < 40 Then
            If py < 1 Then
                py = py + 0.1
            Else
                py = py + 1
            End If
        End If
        Text4.Text = CStr(py)
        la1.Caption = CStr(af * (-4))
        la2.Caption = CStr(af * (-3))
        la3.Caption = CStr(af * (-2))
        la4.Caption = CStr(af * (-1))
        la5.Caption = CStr(0)
        la6.Caption = CStr(af * 1)
        la7.Caption = CStr(af * 2)
        la8.Caption = CStr(af * 3)
        la9.Caption = CStr(af * 4)
    End If
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    If (Option1.Value = True) Or (Option3.Value = True) Then
        If py > 0.1 And py < 41 Then
            If py < 2 Then
                py = py - 0.1
            Else
                py = py - 1
            End If
        End If
        Text4.Text = CStr(py)
        la1.Caption = CStr(af * (-4))
        la2.Caption = CStr(af * (-3))
        la3.Caption = CStr(af * (-2))
        la4.Caption = CStr(af * (-1))
        la5.Caption = CStr(0)
        la6.Caption = CStr(af * 1)
        la7.Caption = CStr(af * 2)
        la8.Caption = CStr(af * 3)
        la9.Caption = CStr(af * 4)
    End If
End Sub

Private Sub Command7_Click()
    Unload Me
    Form15.Show
End Sub

Private Sub Option1_Click()
    Timer1.Enabled = False
    Picture1.Cls
    reperal1 Picture1
    If Option1.Value = True Then
        cmb1.Enabled = True
        cmb2.Enabled = False
        cmb3.Enabled = False
        cmb1_Click
    End If

```

## **ANNEXE VI**

### **DIMENSIONNEMENT DU TEMPS D'INJECTION-TEMPS D'ALLUMAGE POUR UNE AMELIORATION DE LA PERFORMANCE**

## **TEMPS D'INJECTION**

### **Définition du dosage**

La préparation du mélange carburé définit le dosage, celui-ci dépend de la quantité d'essence injectée par cycle «  $Q_c$  »

Comme nous avons vu, l'injection est du type simultané (voir chapitre I), les quatre injecteurs sont commandés en même temps une fois par tour de rotation moteur.

On peut écrire :

$$Q_c = Q_{ve} \cdot T_i$$

$T_i$  : temps d'ouverture de l'injecteur

$Q_{ve}$  : débit volumique d'essence à l'injecteur

Le débit volumique d'essence à l'injecteur :

$$Q_{ve} = K_i \cdot \sqrt{(\Delta P_i)}$$

$K$  : constante d'écoulement

$S_i$  : section de l'écoulement de l'injecteur

$\Delta P_i$  : la différence de pression entre l'amont et l'aval de la section  $S_i$  de l'injecteur

La différence de pression :

$$\Delta P_i = P_e - P_a$$

$P_e$  : pression d'essence en amont de l'injecteur

$P_a$  : pression d'air dans la tubulure d'admission

$$Q_c = T_i \cdot K \cdot S_i \cdot \sqrt{(R / S)}$$

$R$  : action du ressort

$S$  : section de la membrane du régulateur

La quantité d'essence injectée par cycle «  $Q_c$  » ne dépend alors que du temps d'injection «  $T_i$  »

$S_i$  est constante si l'aiguille de l'injecteur s'ouvre complètement,

$K$  est constante

$R / S$  est une constante (2,5 bars +/- 0,2).

Donc pour améliorer la performance du moteur, on doit réduire ou accroître cette quantité d'essence injectée suivant les différentes phases du moteur qui, comme nous avons vu ci-dessus, dépend du temps d'injection donc de la durée d'impulsion délivrée par le calculateur.

### **Mesure du débit massique d'air « $Q_{ma}$ »**

Cette débit massique est donnée par la formule :

$$Q_{ma} = Q_{va} \cdot \rho_a$$

$\rho_a$  : masse volumique de l'air admis,

$Q_{va}$  : débit volumique d'air à l'admission

$$Q_{va} = K' \cdot C / 2 \cdot N$$

$K'$  : constante liée au rendement volumétrique et au coefficient de débit du moteur,  
 $C / 2$  la cylindrée par tour,

$N$  le nombre de tours par seconde.

$$\rho_a = \rho_{0a} \cdot P / P_0 \cdot T_0 / T$$

où  $\rho_{0a}$  est la masse volumique de l'air dans les conditions standard de température  $T_0$  et de pression  $P_0$

$P$  la pression de l'air admis,

$T$  la température de l'air admis.

$$Q_{ma} = K' \cdot C / 2 \cdot N \cdot \rho_{0a} \cdot P / P_0 \cdot T_0 / T$$

$K'$ ,  $C$ ,  $\rho_{0a}$ ,  $T_0$ ,  $P_0$  sont des constantes.

Le nombre de tours par seconde  $N$ , la pression  $P$  et la température  $T$  de l'air admis sont les variables à partir desquelles est appréhendé le débit massique d'air  $Q_{ma}$ .

Les capteurs assurant la saisie de ces valeurs sont ceux de régime moteur ( $N$ ), de pression d'air admis ( $P$ ) et de température de l'air admis  $T$ .

Les variables déterminantes par leur amplitude de variation sont le régime de rotation  $N$  et la pression de l'air admis  $P$ .

C'est pour cela que cette injection est dite du type "pression-vitesse".

### **Dosages requis pour chaque condition de fonctionnement**

Cartographie du temps d'injection  $T_i$  en fonction du régime moteur  $N$  et de la pression de l'air admis  $P$ .

$$Q_{me} = Q_c \cdot N \cdot \rho_e = K_1 \cdot T_i \cdot N$$

où  $Q_{me}$  est le débit massique d'essence,

$\rho_e$  la masse volumique de l'essence ( $\rho_e$  est une constante),

$$\text{Dosage du mélange } d = Q_{me} / Q_{ma}$$

$$\text{Remplissage } R = \text{Débit massique air réel} / \text{Débit massique air standard} = Q_{ma} / (Q_{va} \cdot \rho_0)$$

Le débit massique d'essence  $Q_{me}$  est proportionnel au temps d'injection  $T_i$ .

$$Q_{me} = Q_c \cdot N \cdot \rho_e = K_1 \cdot T_i \cdot N$$

$$Q_{ma} = K_2 \cdot (P/T) \cdot N \text{ ou } Q_{ma} = K_2 \cdot P \cdot N \text{ en négligeant l'influence de la température « } T \text{ ».}$$

Le débit massique d'air  $Q_{ma}$  est proportionnel à la pression de l'air admis  $P$ .

$$\text{dosage } d = Q_{me} / Q_{ma} = K_3 \times T_i / P$$

$$\text{Remplissage } R = K_2 \cdot P \cdot N / (K' \cdot C / 2 \cdot \rho_0 \cdot N) = K_4 \cdot P$$

L'expression du dosage  $d = K_3$  et du remplissage  $R = K_4 \cdot P$ , permettent, à partir de la cartographie, de représenter les variations du dosage utilisé en fonction de chaque condition de fonctionnement, c'est-à-dire du remplissage et du régime moteur.

Exemple : Représentation de la courbe des dosages en fonction des remplissages pour le régime maxi (5 500 tr/mn).

Pour  $N < 1\ 500$  tr/mn et P.L. et  $P < 200$ .k<sub>4</sub>, la valeur de dosage fournie par la cartographie est corrigée en richesse (régime de ralenti, augmentation).

Pour  $N > 1\ 500$  tr/mn et signal P.L. (pied levé), l'injection est couplée.

Pour P.F. (pied à fond), la richesse fournie par la cartographie est aussi modifiée (régime de puissance, augmentation).

### **Pompe à essence**

Les pompes utilisées sont de type turbine dont l'entraînement est assuré par un moteur électrique.

Afin que la pression soit maintenue dans le circuit, la quantité de carburant refoulée est supérieure à la quantité consommée par le moteur (en pleine charge, 70% du carburant retourne au réservoir)

Sous une pression de 3 bars, la pompe débite en moyenne 100 litres par heure

Débit volumique de la pompe 100 l/h

Masse volumique de l'essence  $\rho_e = 730 \text{ kg/dm}^3$

Viscosité cinématique  $\nu = 10^{-2}$  st (stock) =  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

### Débit massique

Le débit massique  $q_m$  est la masse de fluide par unité de temps qui traverse une section droite quelconque de la conduite.

$q_m = \text{débit massique kg/s} = \rho_e \cdot S \cdot v$

$\rho_e = \text{masse volumique kg/m}^3$

$S = \text{section de la conduite m}^3$

$v = \text{vitesse moyenne du fluide à travers } S \text{ en m/s}$

Exemple

$$Q_m = 0,73 \cdot 3,9 \cdot 7 \cdot 10^{-7} = 0,00002 \text{ kg/s ou } 2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

### Débit volumique

Le débit volumique  $q_v$  est le volume de fluide par unité de temps qui traverse une section droite quelconque de la conduite.

$q_v = S \cdot v$

$q_v = \text{débit volumique m}^3/\text{s}$

$S = \text{section de la conduite m}^2$

$v = \text{vitesse moyenne du fluide à travers } S \text{ en m/s}$

Exemple : vitesse d'écoulement d'essence dans la durite

$$v = q_v/S = 0,0000277/0,000007 = 3,9 \text{ m/s}$$

Ecoulement permanent d'un fluide réel (nombre de Reynolds R)

Différents types d'écoulement

Si  $R < 2000$  l'écoulement est certainement laminaire

Si  $R > 2000$  l'écoulement peut être turbulent

Notons qu'en dehors de fluide très visqueux (pétrole brut par exemple), les écoulements rencontrés en milieu industriel sont généralement turbulent. Parmi les écoulements turbulents on distingue encore :

Les écoulements turbulents lisses :  $2000 < R > 105$

Les écoulements turbulents rugueux :  $R > 105$

$R = v \cdot d / \nu$

R = nombre de Reynolds sans unité

$v = \text{vitesse moyenne d'écoulement en m/s}$

$d = \text{diamètre de la conduite en mm}$

$\nu = \text{se lit nu viscosité cinématique du fluide en m}^2/\text{s}$

Exemple

$$R = 3,9 \cdot 0,003/10^{-6} = 11700$$

Ecoulement turbulent lisse

### **Filtre à carburant**

Le filtre à carburant est implanté sur la canalisation de refoulement de la pompe d'alimentation.

Il renferme une cartouche en papier dont le seuil de filtration est de 8 à 10 m.

Il présente une surface filtrante d'environ  $3000 \text{ cm}^2$ .

Un tamis arrête les éventuels débris de papier, c'est pourquoi le sens d'écoulement du carburant indiqué par une flèche (b) gravée sur le corps du filtre doit être impérativement respecté.

### **Régulateur de pression**

Montée sur la rampe de distribution, il est asservi à la pression régnant dans la tubulure d'admission. Il maintient une différence de pression constante entre la pression d'essence et la pression d'admission

### **Equilibre de la membrane**

soit  $F_r$  la force exercée par la membrane,  $P_{adm}$  la pression d'admission,  $P_{ess}$  la pression d'essence,  $S$  la section de la membrane.

Le diamètre de la membrane est de 33 mm,  $S = 8.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

La pression d'équilibre est de 2.4 bar soit  $2.4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$P = F/S$  donc  $F = P \times S = 2.4 \cdot 10^5 \times 8.5 \cdot 10^{-4} = 205 \text{ N}$

### **Raideur du ressort**

longueur utile  $l = 30 \text{ mm}$

$F = k \cdot l$  donc  $k = F/l = k = 205 / 30 \text{ K} = 6,8 \text{ N/mm}$

Pour améliorer la performance (puissance, couple) du moteur coté injection, nous proposons la formule ci-contre dépendant du temps:

$$Y_i = Q_c + Q_{ma} + R + g + C$$

$$Y_i = Q_{ve} \cdot T_i + Q_{va} \cdot \Phi_a + K_4 \times P + g + C$$

Pour un dosage approprié, on a:

$$Y_i = d + R + G + C = [Q_{me}/Q_{ma}] + K_4 \times P + G + C$$

$$= [K_1 \times T_i \times N] / [K_2 \times (P / T) \times N] + K_4 \times P + G + C$$

$$= [K_1 \times T_i / K_2 \times P] + K_4 \times P + G + C$$

Soit «  $Y_i$  » l'optimisation du temps d'injection :

En posant:  $K = K_1 / K_2$

$$Y_i = K \times [T_i / P] + K_4 \times P + G + \psi$$

Où :

$P$  : pression d'air d'admission

$G$  : perméabilité de la filtre à essence

$\psi$  : constante de régulateur de pression

$T_i$  : temps d'injection

$Q_{me}$  : débit massique essence

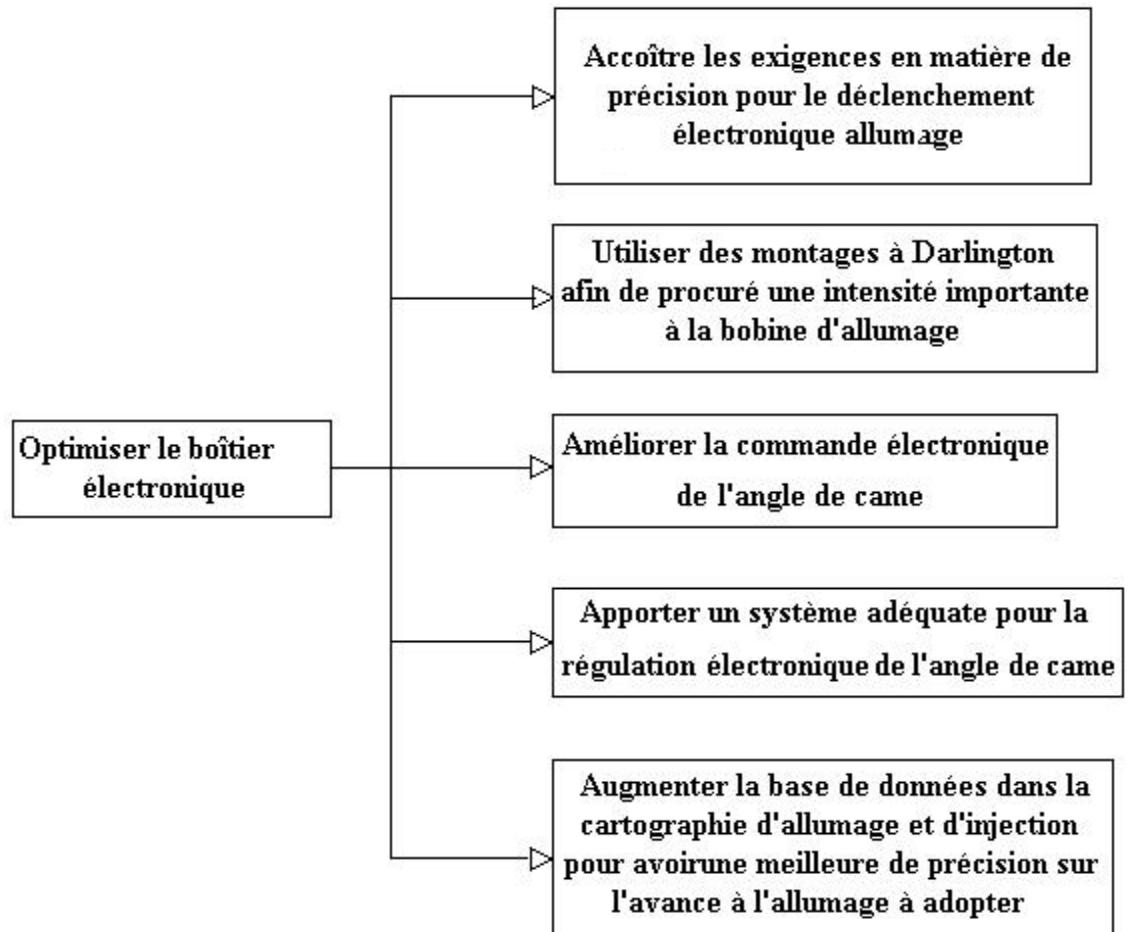
$Q_{ma}$  : débit massique d'air

## AMELIORATION DE LA PERFORMANCE EN FONCTION DU TEMPS D'ALLUMAGE

$Y_{all}$ =Optimisation du boîtier allumage + Perfectionnement de la bobine à H.T. + Utilisation d'une batterie climatisé + Usage des bougies de meilleures qualités.

### Optimisation du boîtier électronique

Soit «  $Y_{be}$  » l'optimisation du boîtier électronique.



### **Perfectionnement de la bobine à haute tension**

Si l'enroulement primaire contient  $N_1$  spires et l'enroulement secondaire a  $N_2$  spires, leur différence de potentiel respective entre les extrémités du circuit primaire et secondaire sont :

$$E_1 = -10^{-8} [d\Phi / dt] \times N_1$$

$$E_2 = -10^{-8} [d\Phi / dt] \times N_2$$

$d\Phi$  = variation de flux

$dt$  = durée de la variation de flux

Soit  $i$  l'intensité du courant primaire

$n$  le nombre de spires de l'enroulement primaire

$l$  la longueur de l'enroulement

Le champ magnétique  $H$  produit par le passage du courant primaire a pour valeur :

$$H = [4\pi / 10].[ni / l]$$

Si  $\mu$  est la perméabilité du noyau

$S$  la section du noyau

Le flux  $\phi$  a pour valeur :

$$\phi = \mu \cdot S \cdot H$$

d'où

$$\phi = [4\pi / 10].\mu \cdot S.[ni / l]$$

et

$$d\phi / dt = [4\pi / 10].\mu \cdot S.[n / l].[di / dt]$$

finalement :

$$E_2 = -10^{-8}.[4\pi / 10].\mu \cdot S \cdot N.[n / l].[di / dt] \quad [Volts] \quad [1]$$

Cette différence de potentiel entre les extrémités de l'enroulement secondaire doit être de l'ordre de 20.000 Volts.

Autre formule reliant les enroulements :

$$[E_2 / E_1] = [N_2 / N_1]$$

$$E_2 = E_1 \cdot [N_2 / N_1] \quad [2]$$

Où :

**[di / dt]** : vitesse de variation de l'intensité du courant primaire

**S** : section du noyau de fer doux

**[n / l ]:** nombre de spires par centimètre de l'enroulement primaire

**$\mu$**  : perméabilité du noyau

**$N_2$**  : nombre de spires de l'enroulement secondaire

**Influence de di/dt :** Il faut réaliser la plus grande variation d'intensité  $di$ , dans le temps  $dt$  le plus court possible.

L'intensité avant la rupture  $i_0$  dépend de la force électromotrice du générateur à basse tension : 6 à 13,8 Volts pour une batterie

Elle dépend également de la résistance du circuit primaire, l'enroulement primaire doit être peu résistant, donc constitué par un fil de faible longueur et d'assez grosse section.  $i_0$  ne peut cependant atteindre une valeur trop importante. Sa valeur maximum possible est déterminée par l'intensité que peut supporter l'enroulement primaire sans échauffement exagéré

**Influence de S :** la valeur de S comprise entre 1 à 2 cm<sup>2</sup> détermine la longueur de chaque spire. Si on augmente la surface S, alors la résistance de l'enroulement primaire deviendrait trop élevée et le courant primaire diminuerait.

**Influence de n/l :** L'accroissement de ce facteur suppose un grand nombre de spires et une bobine assez longue par rapport à son diamètre. Ceci n'est admissible que si l'intensité du courant primaire conserve une valeur suffisante. Le nombre de spires de l'enroulement primaire est de l'ordre de 200 à 300. La longueur de la bobine n'excède pas quelques centimètres, et le rapport n/l est toujours voisin de 50.

**Influence de  $\mu$  :** La perméabilité n'est pas indépendante du champ; pour des champs de l'ordre de 200 Gauss, valeur approximative du champ produit par le passage du courant dans l'enroulement primaire, la perméabilité du fer recuit a une valeur voisine de 100.

**Influence de N<sub>2</sub> :** Le nombre de spires de l'enroulement secondaire peut être élevé, la résistance de ce circuit ayant peu d'importance. Il suffit que le fil ne soit pas trop fin pour ne pas chauffer, cette condition est aisément satisfaite, l'intensité du courant secondaire étant extrêmement faible. Dans ces conditions l'enroulement secondaire est constitué par un fil fin et long: 15:000 à 20.000 spires de fil de 0,1 mm.

**Influence du temps :** L'enroulement primaire est le siège au moment de l'ouverture du circuit de phénomènes d'auto-induction. L'ouverture brusque du rupteur annule le flux dans l'enroulement primaire.

La création d'une meilleure haute tension « E », compte tenue de la formule [1] et [2] nous amène à proposer la formule suivante :

$$Y_E = k\varphi[\text{perméabilité}].\psi[\text{surface}].\omega \psi [\text{nombre spires}].\chi[\text{variation intensité/temps}] + \varepsilon[\text{auto-induction}]$$

Où k : -10<sup>-8</sup>.[4π / 10]

φ: coefficient d'amélioration de la perméabilité

ψ: coefficient de réduction de la surface de la bobine

ω: coefficient de multiplication du nombre de spire

χ: coefficient de la variation du courant par rapport au temps

ε : coefficient d'un surplus de courant d'auto-induction.

### Usage des bougies adéquates.

Utiliser des bougies remplissant les conditions suivantes :

- Exigences électriques « Ψ[électrique] »: résistance d'isolement de l'électrode centrale de la bougie doit être élevée (pouvant résister à des tensions supérieurs à 20.000V)
- Exigences mécaniques « Ω[mécanique] »: la bougie doit résister aux pressions périodiques 50 bars environ)
  - Exigences chimiques « v[chimique] » : la bougie doit résister aux phénomènes chimique qui se déroulent à haute température dans la chambre de combustion.
  - Exigences thermiques « κ[thermique] » : la bougie doit être capable de résister à la chaleur des gaz de combustion (2000 à 3000°C) et au mélange air-carburant (50 à 100°C).

Si « Y<sub>bg</sub> » est la condition d'utilisation des bougies de meilleures qualités, voici la formule que nous proposons pour améliorer la performance la formule ci-contre :

$$Y_{bg} = \Psi[\text{électrique}] + \Omega[\text{mécanique}] + v[\text{chimique}] + \kappa[\text{thermique}]$$

### Usage des batteries tropicalisées

D'après notre enquête à la société VIRIO, le climat (humidité, température, etc....) dans les pays tropicalisé influence la densité de l'électrolyte, les pôles ainsi que les plaques de la batterie. Cette variation de climat cause la décharge et perturbe au bon fonctionnement de la batterie avant sa date d'expiration.

Soit «  $Y_{batt}$  » la condition d'usage de la batterie, nous aurons la formule :

$$Y_{batt} = \zeta[\text{électrolyte}] + \lambda[\text{pôles}] + \theta[\text{plaques}] + \varepsilon[\text{mécaniques}]$$

### Usage des carburants de bonnes qualités

Utiliser un carburant ayant une indice d'octane élevé c'est à dire la proportion respective ( $\alpha$  et  $\beta$ ) dans le carburant de  $C_6H_{10}$  doit être supérieure à celle de  $C_7H_{16}$

Soit «  $Y_Q$  » cette qualités donc on doit avoir :

$$Y_Q = \alpha[C_6H_{10}] + \beta[C_7H_{16}]$$

$$P(t) = K \times [T_i / P(t)] + K_4 \times P(t) + G(t) + \psi$$

Finalement, nous nous proposons la formule ci-dessous si on veut réellement améliorer du coté électronique et électrique la performance «  $A_p$  » d'un moteur à injection essence :

$$Y_{ap} = [Y_i / Y_{all} + Y_Q] \cdot Y_p$$

Où :

$$Y_{all} = Y_{be} + Y_E + Y_{bg} + Y_{batt}$$

$$Y_i = Y_i = K \times [T_i / P] + K_4 \times P + G + \psi$$

$$Y_Q = \alpha[C_6H_{10}] + \beta[C_7H_{16}]$$

$Y_p$ : la performance inscrit sur la fiche technique du véhicule.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Yvon ANDRIANAHAHARISON, cours de commande numérique, ESP ANTANANARIVO 2001-2002
- [2] : Radovola G. RAKOTONDRAZOA, technologie générale des moteurs thermiques CAF-SICAM 2001
- [3] : PEUGEOT, cahier technique : technologie du système d'injection électronique essence –indirecte, multipoint simultané BOSCH MP5.2 CAF-SICAM 1996
- [4] : PEUGEOT, principe de fonctionnement de l'injection - allumage BOSCH MP5.2 CAF-SICAM 1996
- [5] : PEUGEOT, documentation technique BOSCH MP5.2 sur TEP92 1992
- [6] : Jean Louis FERRIER, cours d'automatique tome1 : signaux et systèmes 1992
- [7] : Jean Louis FERRIER, cours d'automatique tome2 : commande analogique 1995
- [8] : S. THELLIEZ et M. VERGE, commande des systèmes dynamique par calculateur 1999
- [9] : L. BENOIT, technologies des injections électroniques et performances du moteur  
ETAI 1995
- [10]: LETOCHA: introduction au circuit logique  
1985
- [11] : FAIRCHILD CAMERA AND INSTRUMENT, TTL Data book  
1995
- [12]: H. LILLEN, répertoire mondiale des microprocesseur  
EDITION RADIO 1990
- [13] : Eric LARCHEVEC et L. LELU, montage pour P.C.  
Paris 1999