

18/96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'état en
ELECTRONIQUE

THEME

ETUDE D'UN SYSTÈME ELECTRONIQUE
D'INJECTION D'ESSENCE

Proposé et dirigé par :
Mr. ZERGUERRAS

Etudier par :
Ayache KHERROUBI

Promotion 95-96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du
Diplome d'Ingénieur d'état en
ELECTRONIQUE

THEME

**ETUDE D'UN SYSTEME ELECTRONIQUE
D'INJECTION D'ESSENCE**

Proposé et dirigé par :
Mr. ZERGUERRAS

Etudier par :
Ayache KHERROUBI

Promotion 95-96

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier particulièrement mon promoteur Mr Zerquerras, pour son suivi, ses conseils et son apport pour l'aboutissement de ce projet.

Je remercie vivement les sociétés TRANSMEX et SONACOME pour leurs conseils et leurs apports bibliographiques. Ainsi que Mr B. Abdelhakim, Mr B. Khaled et Z. Sid Ahmed pour leurs aides.

Je remercie aussi le personnel de la bibliothèque centrale et périodique de l'ENP pour leur serviabilité et leur compréhension.

Enfin, on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

SOMMAIRE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Chapitre 0 : INTRODUCTION GENERALE

1- Introduction Générale

Chapitre 1 : FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A QUATRE TEMPS

- 1- Introduction
- 2- Description du moteur à quatre temps
- 3- Fonctionnement du moteur à quatre temps
 - 3-1- Cycle théorique
 - 3-2- Diagramme théorique des pressions
 - 3-3- Cycle pratique
 - 3-4- Diagramme pratique des pressions
- 4- Couple moteur

Chapitre 2 : AUTOMATISME DE LA CARBURATION CLASSIQUE

- 1- Définition
- 2- Carburateur théorique
 - 2-1- Dosage
 - 2-2- Vaporisation
 - 2-3- Homogénéité
- 3- Dispositifs du carburateur
 - 3-1- Dispositif de départ à froid
 - 3-2- Dispositif de ralenti
 - 3-3- Dispositif de passage du ralenti à la marche normale
 - 3-4- Dispositif de reprise et d'accélération

Chapitre 3 : SYSTEME D'ALLUMAGE

- 1- Introduction
- 2- système d'allumage traditionnel
- 3- Allumage transistorisé (Breakerless)
- 4- Système d'allumage électronique intégral
 - 4-1- Digiplex
 - 4-2- Microplex

Chapitre 4 : AUTOMATISME DE L'INJECTION ELECTRONIQUE

- 1- Introduction
- 2- Carburant dans les moteurs à injection
 - 2-1- Injection directe
 - 2-2- Injection indirecte
- 3- Commande électronique de l'injection
- 4- Injection d'essence L-JETRONIC BOSCH
 - 4-1- Circuit carburant
 - 4-1-1- Pompe à carburant électrique
 - 4-1-2- Filtre

- 4-1-3- Rampe de distribution
- 4-1-4- Regulateur de pression
- 4-1-5- Injecteurs

5- Circuit d'air

- 5-1- Débitmètre
- 5-2- Boîtier papillon
- 5-3- Boîtier contacteur de papillon

6- Dipositif de correction moteur froid

- 6-1- Boîtier d'air additionnel
- 6-2- Thermocontact temporisé
- 6-3- Injecteur de départ à froid
- 6-4- Sonde de température

7- Sonde Lambda

8- Boîtier électronique d'injection

9- Diagramme d'impulsion

10- Avantages de l'injection électronique

Chapitre 5 : SCHEMA BLOC DE L'INJECTION ELECTRONIQUE

- 1- Introduction
- 2- Première étape (conception)
- 3- Deuxième étape (élaboration du schéma)
- 4- Organigramme de calcul

Chapitre 6 : CONCLUSION

Chapitre 7 : ANNEXE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Chapitre 0

INTRODUCTION GENERALE

1- INTRODUCTION GENERALE :

Depuis les débuts de l'automobile, les constructeurs cherchaient à réaliser une alimentation parfaite en carburant pour les moteurs à explosions à carburateur, pour les différents régimes et charges du moteur.

L'amélioration de la carburation aux moyens de techniques purement mécaniques ayant atteints leurs limites, des constructeurs ont dû faire appel à l'électronique.

L'injection électronique permet une diminution de la consommation d'essence, une réduction des échappements polluant une automatisation plus poussée du fonctionnement du carburateur.

En effet, la composition et le débit des gaz à injecter vers l'allumage dépendent étroitement de la vitesse de l'accélération, de la section de la tubulure d'admission, ainsi que les températures de l'air et de l'essence.

Il est pratiquement impossible de résoudre ce problème d'optimisation par voie mécanique, alors que les circuits électriques le font aisément, et ne présentent pas d'inertie durant le fonctionnement.

VOLKSWAGEN a été le premier constructeur à utiliser l'injection électronique en série sur les voitures. Le système a été mis au point par BOSCH qui l'a constamment perfectionné.

Aussi est ce encore à BOSCH que CITRÖEN s'adressera pour équiper la DS21 d'un calculateur analogique L.JETRONIC en 1969. Il en résulte un gain de puissance d'environ 20% à 100 Km/h tout en épargnant 0,9 litre d'essence aux cent kilomètres.

Récemment les calculateurs sont réalisés à partir d'une technologie à micro processeurs ou micro contrôleur en garantissant bien sûr plus de perfection.

Chapitre I

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A QUATRE TEMPS

I- INTRODUCTION :

Le moteur est un organe qui transforme en travail mécanique une source d'énergie qui lui est fournie.

Il est dit moteur thermique si la source d'énergie est constituée par un combustible.

Il est dit moteur électrique si la source d'énergie est l'électricité.

Dans un moteur thermique la combustion peut se faire :

- A l'extérieur du moteur : c'est le cas de la machine à vapeur.

- A l'intérieur du moteur : c'est le cas de tous les moteurs thermique employés actuellement en automobile.

Les moteurs utilisant l'essence ont été dénommés "*moteurs à explosion ou à allumage commandé*". Dans ces moteurs l'inflammation des gaz est produite par une étincelle électrique qui provoque l'explosion du mélange gazeux. Ces moteurs peuvent être à quatre temps ou à deux temps. Ces deux types ne diffèrent que par leurs modes de distribution.

Dans notre étude on s'intéresse aux moteurs à quatre temps.

II- DESCRIPTION DU MOTEUR A QUATRE TEMPS :

Le moteur à quatre temps comporte un ensemble mobile constitué du piston, de la bielle et du vilebrequin. Cet ensemble est entouré par le bloque moteur, avec les cylindres la culasse, et le carter. Le piston coulisse dans le cylindre, la bielle transmet ce mouvement au vilebrequin. L'ensemble bielle-vilebrequin transforme le mouvement alternatif du piston en un mouvement circulaire.

L'introduction des gaz frais se fait par une soupape d'admission S et l'évacuation des gaz brûlés par une soupape d'échappement S' . L'ouverture de ces soupapes est réalisées par l'arbre à cames. Le mélange carburant air ou mélange carburé est réalisé par le carburateur ou par un système d'injection. La combustion du mélange dans la chambre d'explosion est provoqué par une étincelle électrique qui jaillit entre les électrodes de la bougie (Fig.1).

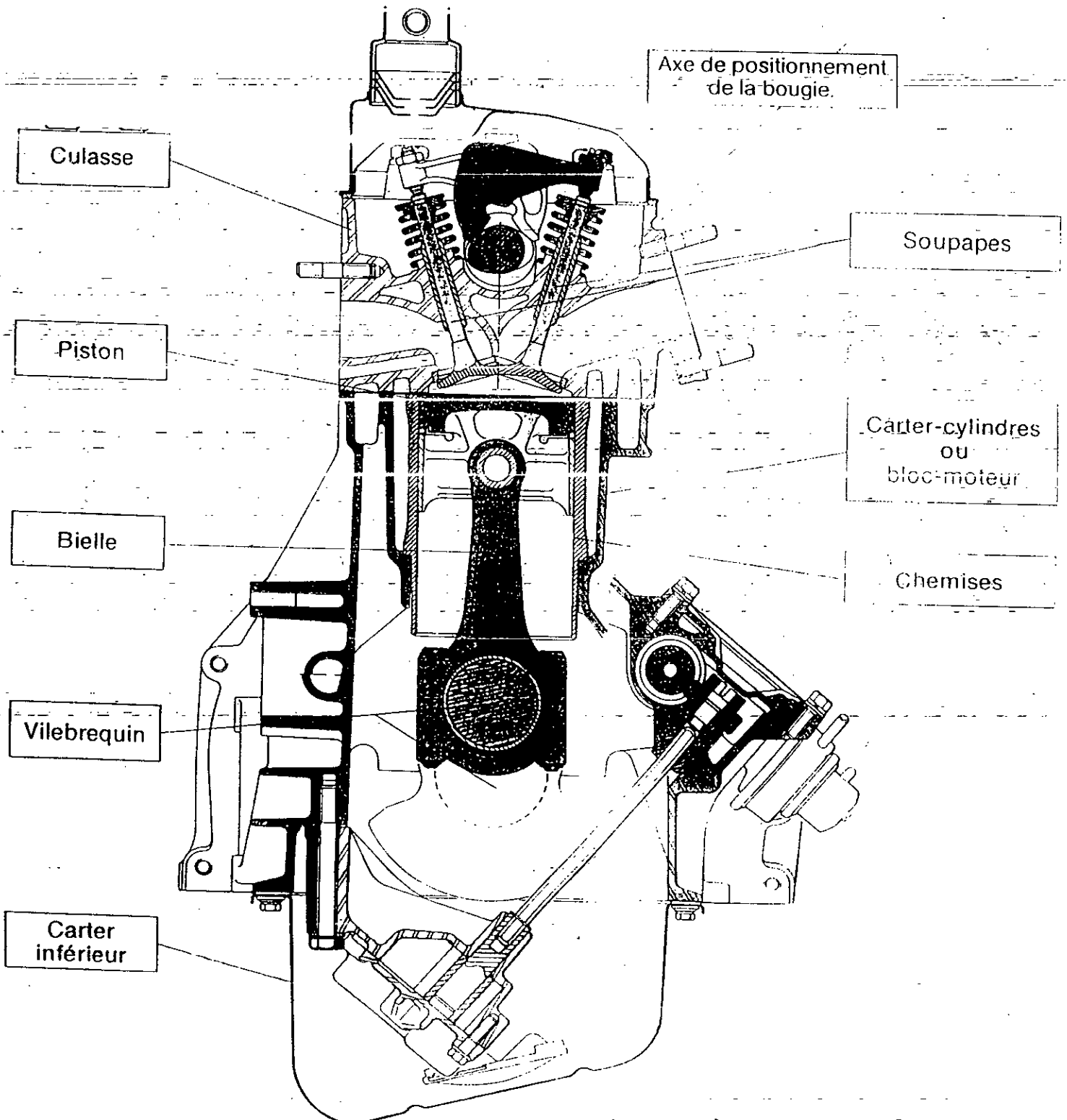


Fig.1, Moteur à essence à quatre temps [8]

III- FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A QUATRE TEMPS :

Comme son nom l'indique pour assurer le fonctionnement d'un tel moteur, il est nécessaire de réaliser quatre opérations.

III-1- Cycle théorique :

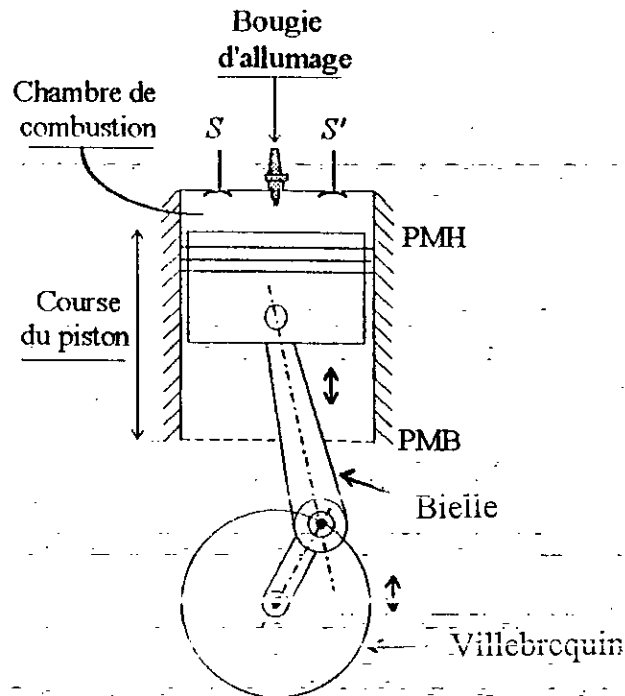


Fig. 2

Imaginons un moteur théorique (Fig. 2) où il serait fait abstraction des divers éléments tel que :

- Les échanges de chaleurs qui sont inévitables.
- La vitesse d'explosion qui n'est pas instantanée.
- Le remplissage incomplet du cylindre.

Et si on suppose que :

- La soupape d'admission s'ouvre au point mort le plus haut (PMH).
- La soupape d'échappement au point mort le plus bas (PMB).
- L'allumage du mélange gazeux ait lieu au PMH.

Le cycle théorique des quatre opérations sera le suivant :

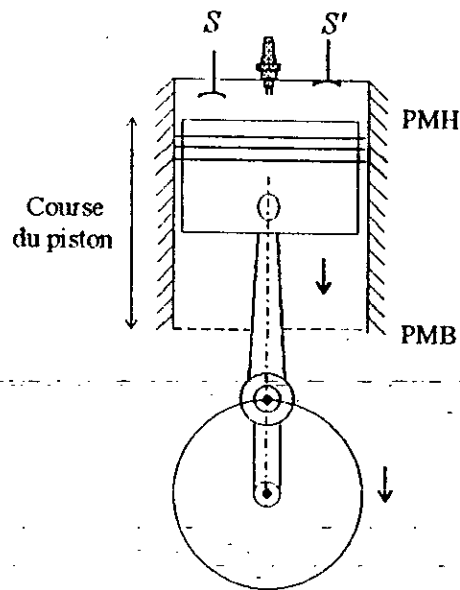
- Premier temps : Admission

Fig. 3

Le moteur est supposé en marche.

- Le piston est au PMH.
- La soupape d'admission S soulevée par la came correspondante découvre l'orifice d'admission.
- Le piston descend, créant dans le cylindre une dépression qui aspire les gaz frais.

Quand le piston atteint le PMB la soupape d'admission se ferme. Pendant toute la course descendante du piston, la soupape d'admission étant ouverte, la pression a conservé théoriquement la même valeur égale à la pression atmosphérique.

- Deuxième temps : Compression

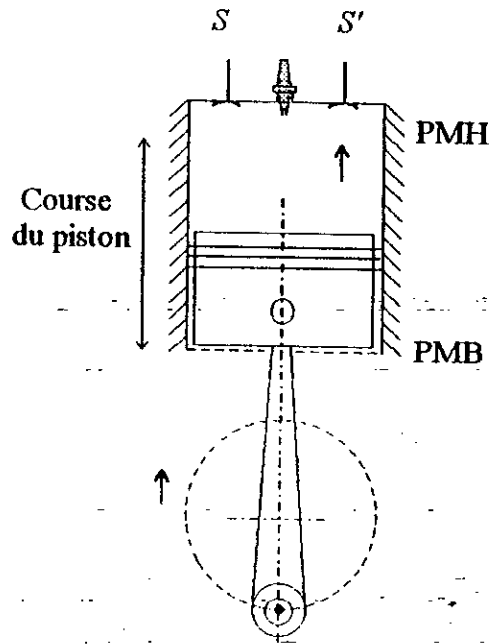


Fig. 4

- les deux soupapes S et S' sont fermées, le piston en remontant comprime le gaz.
- La pression augmente progressivement.
- En fin de course au PMH, les gaz ont atteint une pression déterminée par le volume de la chambre de compression.

- Troisième temps : Explosion-Détente

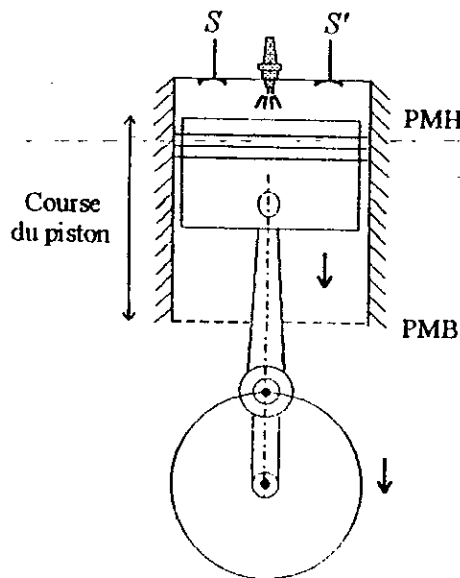


Fig. 5

- Les soupapes S et S' sont toujours fermées.

- Le piston étant au PMH, l'étincelle se produit et enflamme les gaz : il y a une brusque augmentation de pression. L'explosion étant supposée instantanée, cette augmentation brusque de pression se fait théoriquement sans déplacement du piston, qui n'a pas le temps de se déplacer.

- Puis, le piston poussé par la pression des gaz est chassé vers le PMB : c'est le temps moteur pendant lequel la pression diminue progressivement puisque le volume augmente.

- Quatrième temps : Echappement

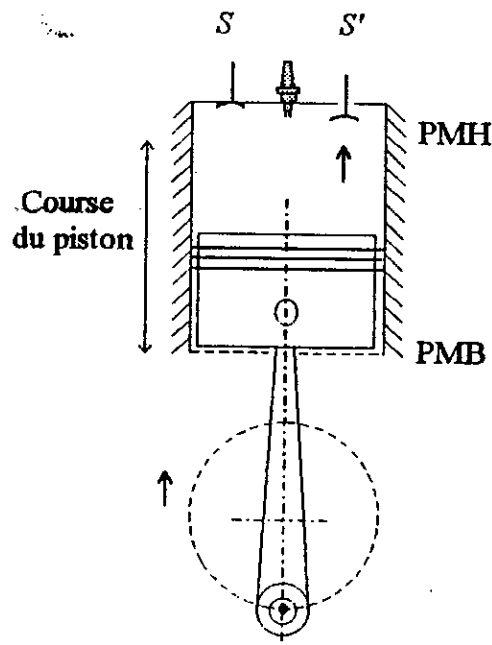


Fig. 6

- Le piston étant au PMB, la soupape d'échappement S' s'ouvre et le piston entraîné par l'énergie emmagasinée, remonte en chassant les gaz brûlés à l'extérieur.

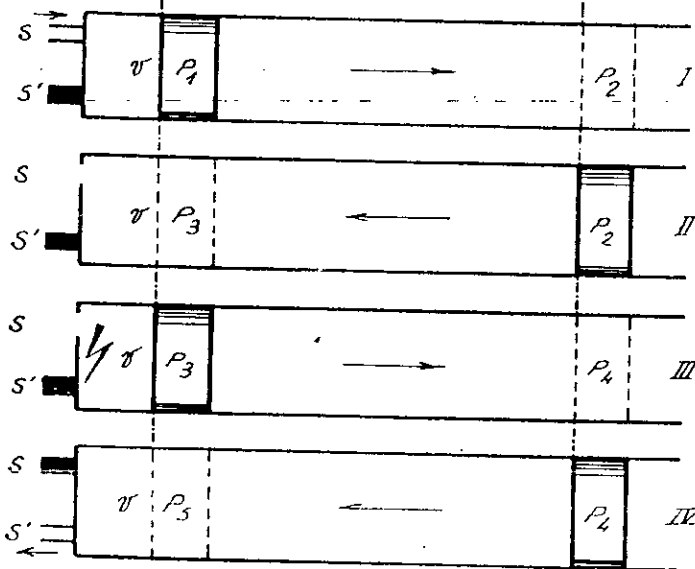
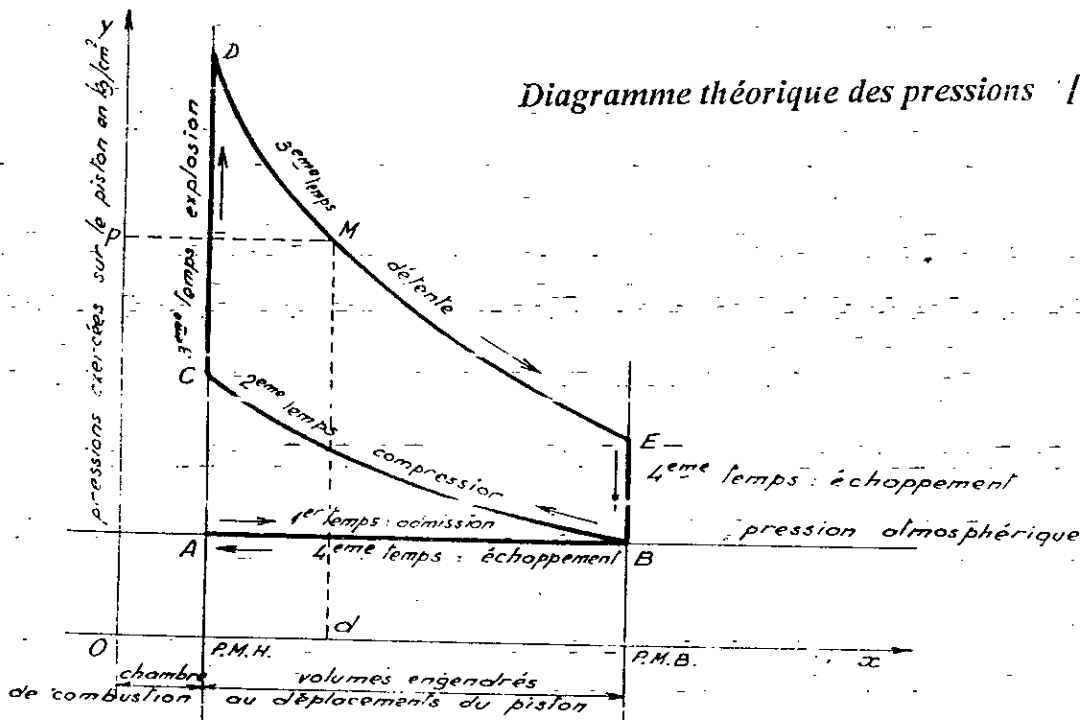
La soupape s'étant ouverte les gaz ont conservé théoriquement pendant la course ascendante du piston, une pression égale à la pression atmosphérique et le cycle se renouvelle

I-3-2 Diagramme théorique des pressions :

A chaque position du piston, il existe un certain volume de gaz dans le cylindre. Le gaz est soumis à une pression variable avec la position du piston et le temps du cycle considéré

On peut donc envisager de construire un diagramme qui donne la pression exercée sur le piston en fonction du déplacement. (Figure ci dessous)

Diagramme théorique des pressions [2]



S soupape d'admission
 S' soupape d'échappement
 v chambre de combustion
 étincelle d'allumage

piston en début de phase
 piston en fin de phase

Selon le diagramme de la figure on peut donner les conclusions suivantes :

| Temps | Soupapes | | Variation de pression | Courbes | Courses du piston |
|-------------------|----------|----|--|--------------|-------------------|
| | S | S' | | | |
| I Admission | O | F | Pression invariable égale à la pression atmosphérique. | Droite AB | P_1 vers P_2 |
| II Compression | F | F | La pression augmente progressivement par suite de la remontée du piston | Courbe BC | P_2 vers P_3 |
| III Explosion | F | F | Explosion supposée instantanée. La pression augmente brusquement. | Droite CD | P_3 vers P_4 |
| Detente | F | F | La pression diminue progressivement par la suite de la descente du piston. | Courbe DE | |
| IV Echappement | F | O | La pression diminue brusquement à l'ouverture de la soupape d'échappement. | Droite ED | P_4 vers P_5 |
| | | | La pression est égale à la pression atmosphérique. | Droite BA | |

I-3-3- Cycle pratique :

Il est évident qu'un moteur ne peut fonctionner suivant le cycle théorique étudié ci dessus, car on a fait lors du fonctionnement quatre hypothèses inexactes qui sont :

- inertie des gaz supposé nulle.
- levée instantanée des soupapes dont l'équilibre des pressions instantané entre l'atmosphère et l'intérieur du cylindre
- combustion instantanée du mélange gazeux.
- compression et détente adiabatique, c'est à dire sans échange de température entre les masses gazeuses et les parois du cylindre.

Pour tenir compte de tous ces éléments, on fait modifier d'une part les points d'ouverture des soupapes, d'autre part on fait jaillir l'étincelle avant que le piston ait atteint le PMH, cela permet au gaz de brûler complètement dans le cylindre.

En conséquence, le cycle pratique sera le suivant :

- Premier temps : Admission

Au cours de cette opération il s'agit de remplir au maximum le cylindre de gaz frais, ce qui entraîne une durée d'ouverture de la soupape d'admission la plus longue possible. Logiquement, on serait donc amené à ouvrir la soupape d'admission le plus tôt possible et à la fermer le plus tard possible.

Si le moteur est à une vitesse de rotation élevée on fait ouvrir la soupape d'admission avant que le piston ait atteint le PMH, c'est ce qu'on appelle l'avance α à l'ouverture de l'admission (AOA) Fig. 7.

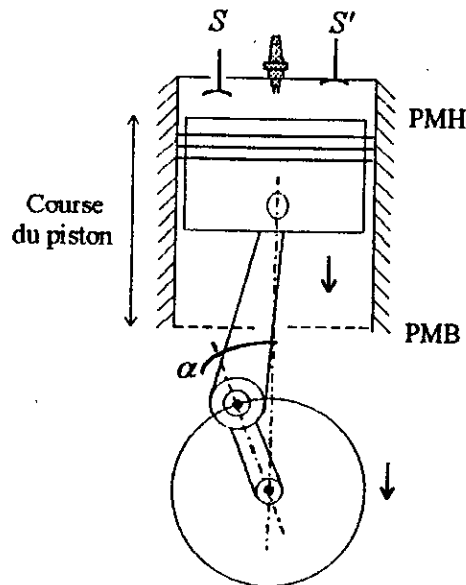


Fig. 7

Pendant la course du piston entre l'ouverture de la soupape d'admission et le PMH et même un court instant après le PMH, la soupape d'échappement est encore ouverte, les gaz brûlés qui s'échappent avec une grande vitesse contribuent à l'aspiration des gaz frais.

Si le moteur tourne lentement, les gaz d'échappement s'écouleront dans ce cas à une vitesse plus réduite que dans le cas du moteur tournant plus vite. On a donc intérêt pour ce type de moteur à attendre que le piston ait créé dans le cylindre une dépression suffisante pour obtenir une aspiration plus rapide des gaz frais. En conséquence, on est amené à ouvrir la soupape d'admission après le passage du piston au PMH. C'est le retard β à l'ouverture d'admission (ROA) Fig. 8.

A ce stade on se trouve dans les mêmes conditions pour les deux types de moteurs. Le piston continuant à descendre, sa vitesse linéaire nulle au PMH, croît, passe par un maximum $\theta = \pi/2$ et redevient nulle au PMB. La dépression devient de plus en plus forte.

Après le passage au point de vitesse maximum, la vitesse du piston diminue progressivement.

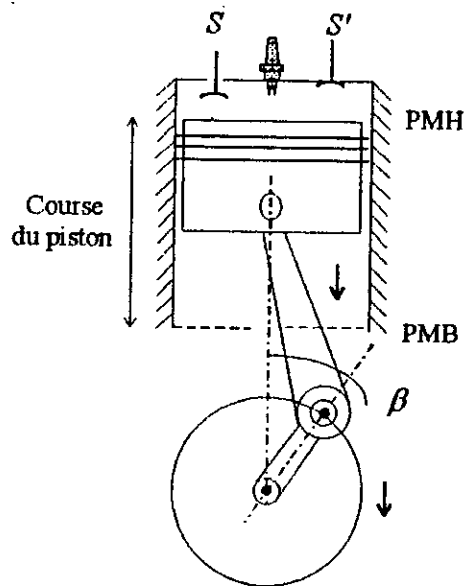


Fig. 8

A la fin de la course descendante du piston la vitesse de celui-ci tend vers zéro. La dépression diminue rapidement mais au PMB elle n'est pas encore nulle et le gaz n'ayant pas encore rempli complètement le cylindre, continue d'arriver à grande vitesse. Il y a donc intérêt à ne pas fermer la soupape d'admission au PMB.

Le piston après être passé au PMB commence sa course ascendante, on ferme la soupape d'admission lorsque la vitesse des gaz est redevenue voisine du zéro. C'est le retard γ à la fermeture de l'admission (RFA) fig. 9.

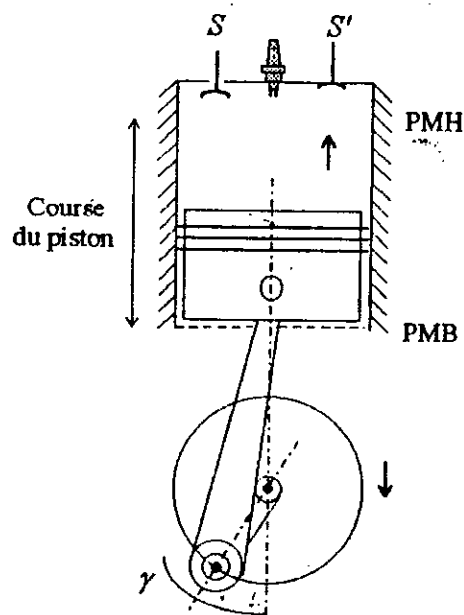


Fig. 9

- Deuxième temps : Compression

La première période de la compression commence au PMB, elle se confond donc avec la fin de la période précédente d'admission qui est très courte. Les deux soupapes sont fermées.

Le piston continue sa course ascendante jusqu'à une position située un peu avant le PMH en comprimant les gaz, on enflamme les gaz qui commencent à brûler (Fig. 10).

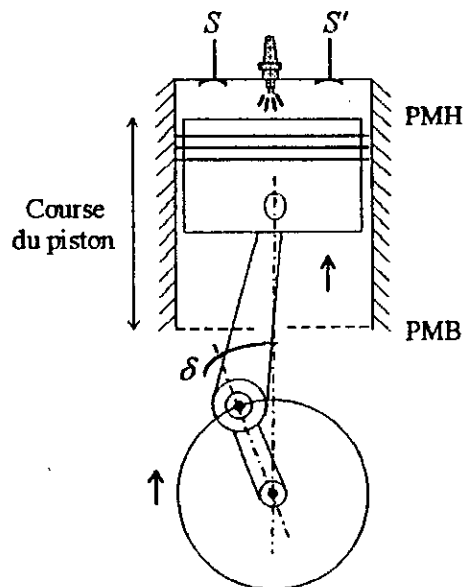


Fig. 10

Le piston continue sa course jusqu'au PMH.

- Troisième temps : Explosion-Détente

On a vu dans la dernière période de la compression que l'on enflamme les gaz avant que le piston ait atteint le PMH. En effet, l'explosion n'est pas un phénomène instantané, si l'on faisait éclater l'étincelle au PMH, la combustion des gaz ne serait terminée que lorsque le piston serait descendu d'une fraction importante de sa course de détente. La pression maximale obtenue serait donc réduite et il y aurait perte de puissance pour le moteur. C'est pourquoi l'allumage est provoqué toujours avant le PMH, c'est l'avance δ de l'allumage (AA).

Par la force gagnée par la combustion, le piston commence sa deuxième course descendante, mais la combustion qui n'est pas terminée continue pendant un certain temps.

- la combustion est terminée. Le piston poussé par les gaz qui se dilatent continue sa course descendante. Avant que le piston n'ait atteint le PMB, on fait ouvrir la soupape d'échappement. C'est l'avance ϵ de l'ouverture à l'échappement (AOE) fig. 11.

. Le piston continue sa course jusqu'au PMB.

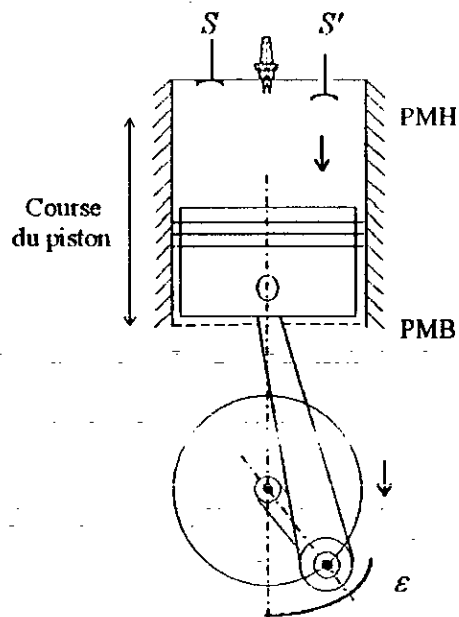


Fig. 11

Quatrième temps : Echappement

Nous avons vu dans la dernière période de la détente, que la soupape d'échappement s'ouvrait avant le PMB. Si l'on ouvrait cette soupape qu'au PMB, le piston rencontrerait dans sa course ascendante une résistance importante, car la pression des gaz est encore relativement grande. La soupape d'échappement s'ouvre avant le PMB.

La première partie de l'échappement est donc conjuguée avec la fin de la détente jusqu'au PMB. Le piston remontant jusqu'au PMH chasse les gaz brûlés par la soupape d'échappement. Au PMH, il reste encore une certaine quantité de gaz brûlé dans le cylindre.

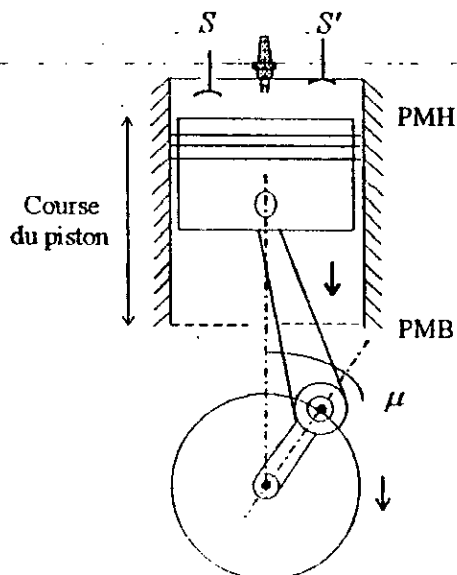
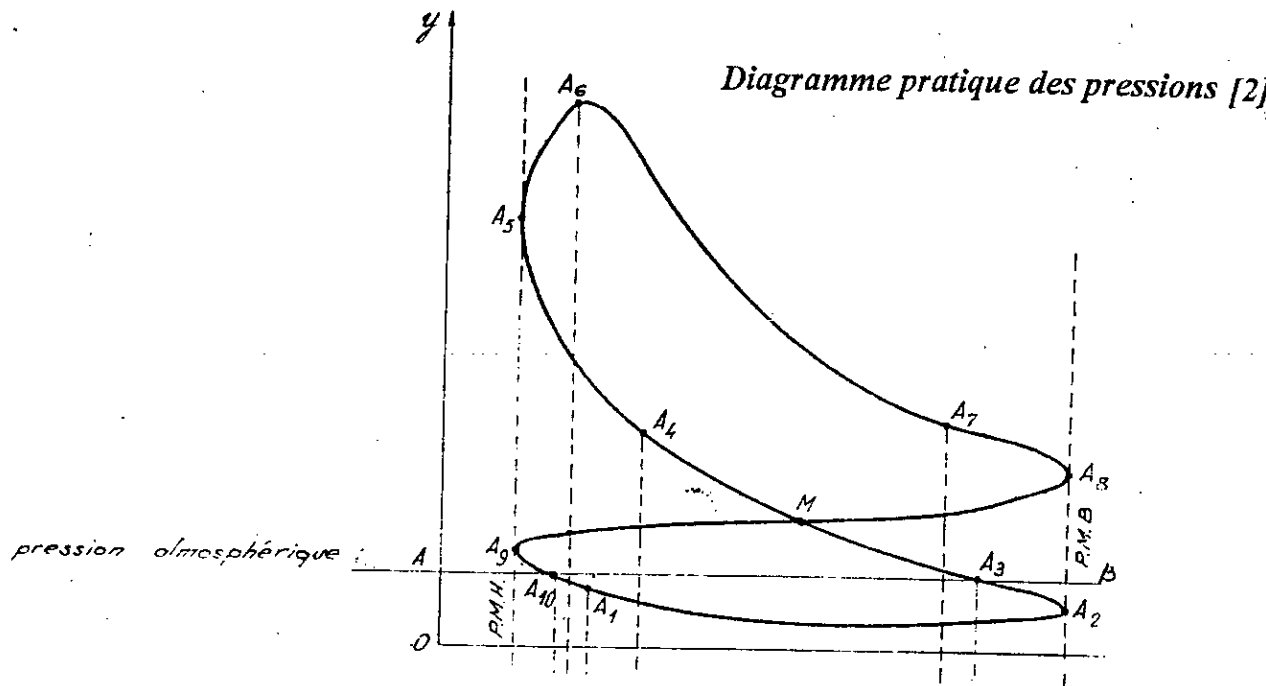


Fig. 12

Le piston commence sa course descendante d'aspiration. La soupape d'échappement reste ouverte encore un très court instant jusqu'à ce que la vitesse d'échappement des gaz brûlés soit voisine de zéro. C'est le retard μ à la fermeture de l'échappement (RFE) Fig. 12.

I-3 4- Diagramme pratique des pressions :

Selon ce que a été dit sur la cycle réel d'un moteur à quatre temps on a construit un diagramme des pressions qui se trouve sensiblement différent de celui d'un moteur théorique.



| Temps | Phase | Soupapes | | Variation de pression | Courbes | Course du piston |
|----------------------|-------|----------|----|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | S | S' | | | |
| ADMISSION PMB | I | O | F | Avec le retard à l'ouverture de l'admission, l'admission ne commence qu'en A ₁ . Le piston, ayant déjà amorcé sa descente, crée une dépression. La pression est inférieure à la pression atmosphérique. Cette pression continue à diminuer jusqu'à ce que le volume de gaz admis compense le vide créé par le piston, puis remonte un peu jusqu'au PMB. | A ₁ A ₂ | P ₁ vers P ₂ |
| COMPRES- SION | II | O | F | Le piston commençant à remonter, la pression augmente jusqu'à atteindre la pression atmosphérique. | A ₂ A ₃ | P ₂ vers P ₃ |
| | III | F | F | Le piston remonte : la pression augmente. | A ₃ A ₄ | P ₃ vers P ₄ |
| PMH | IV | F | F | L'explosion se produit. La compression continuant et la force de l'explosion font monter rapidement la pression jusqu'au PMH. | A ₄ A ₅ | P ₄ vers P ₅ |
| EXPLOSION | V | F | F | La compression cesse mais l'explosion continue jusqu'au point de compression maximum | A ₅ A ₆ | P ₅ vers P ₆ |
| DETENTE | VI | F | F | La détente commence : la pression diminue progressivement jusqu'à l'ouverture de la soupape d'échappement. | A ₆ A ₇ | P ₆ vers P ₇ |
| PMB | VII | F | O | La détente combinée avec l'échappement, fait tomber la pression jusqu'à ce que le piston atteigne le PMB | A ₇ A ₈ | P ₇ vers P ₈ |
| ECHAPP- EMENT | VIII | F | O | La pression diminue progressivement jusqu'à atteindre au Pmh une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique : les gaz brûlés n'étant pas encore complètement évacués. | A ₈ A ₉ | P ₈ vers P ₉ |
| PMH | IX | F | O | La pression continue à diminuer pour atteindre la pression atmosphérique au moment de la fermeture de la soupape d'échappement. | A ₉ A ₁₀ | P ₉ vers P ₁₀ |

IV- COUPLE MOTEUR :

Le moteur est en mesure de fournir une énergie mécanique qui fait tourner le vilebrequin donc un couple moteur

Mais après l'étude du cycle moteur monocylindrique à quatre temps on a remarqué que le couple a l'allure irrégulière présentée par la figure ci dessous puisqu'il comporte un seul temps moteur et trois temps résistants (Fig. 14).

Il n'est positif que pendant le troisième temps, c'est pourquoi les voitures sont équipés de quatre, six ou huit cylindres pour que le couple soit toujours positif et sa valeur moyenne augmente avec le nombre de cylindre (Fig. 15).

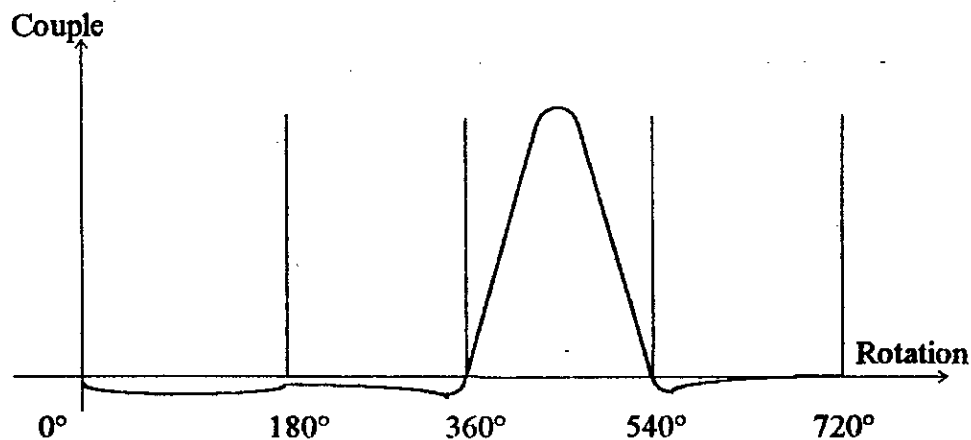


Fig. 14 - Couple moteur: cas d'un moteur monocylindrique [8]

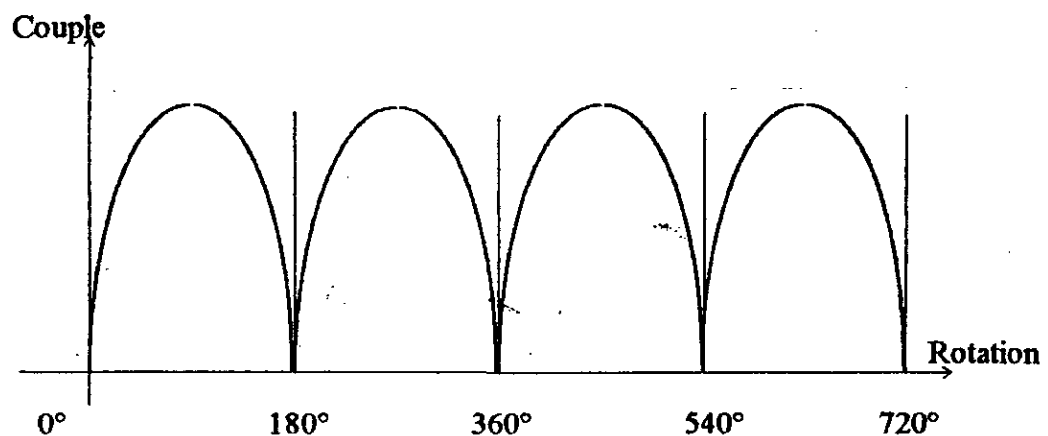


Fig. 15 - Couple moteur: cas d'un moteur à quatre cylindres [8]

Pour limiter encore l'irrégularité cyclique de fonctionnement le vilebrequin entraîne une masse d'inertie appelée le volant.

Le volant restitue pendant les temps résistants l'énergie emmagasinée pendant le temps moteur.

Chapitre II

AUTOMATISME DE LA CARBURATION CLASSIQUE

I- DEFINITION:

La carburation est l'opération la plus complexe à réaliser correctement pour obtenir le fonctionnement normal d'un moteur à tous les régimes.

Le but de la carburation est de produire un mélange intime de carburant et d'air qui lui ait nécessaire pour brûler, dans les proportions et dans un état tel que l'on obtienne soit le plus grand rendement possible, c'est à dire que l'on tire d'une certaine quantité de carburant le maximum d'énergie, soit le plus de puissance.

Un mélange gazeux sera donc défini par:

1- Sa composition, c'est à dire le rapport entre les quantités d'essence et d'air qu'il contient. C'est ce qu'on appelle le dosage ou la richesse du mélange.

2- Sont état physique, c'est à dire sa température, son homogénéité et sa pression.

3- Sa turbulence.

Dans les moteurs modernes le dosage peut être réalisé de deux façons:

- Soit dans un carburateur qui mélange l'essence et l'air dans des proportions définies, ce mélange étant aspiré par la dépression créée dans le cylindre et la tubulure d'admission par le piston lors de sa course descendante. Soit par une pompe d'injection et d'un injecteur qui introduit de l'essence pulvérisée à forte pression et à grande vitesse dans le cylindre rempli d'air ou dans la tubulure d'admission.

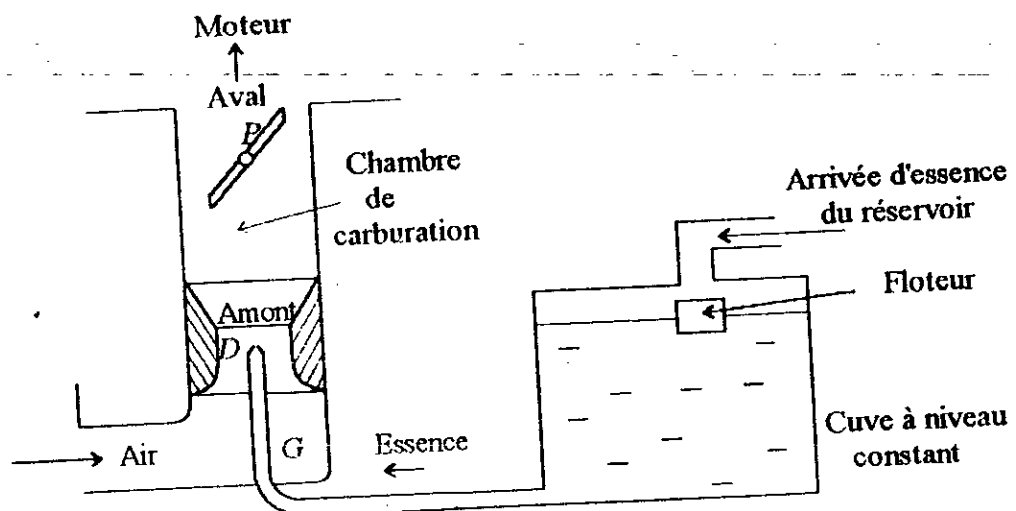
II- CARBURATEUR THEORIQUE :

Fig. 16

En marche normale un carburateur doit produire un mélange de richesse à peu près constante. Il est donc nécessaire que la pression d'air et celle de l'essence soient à peu près constantes.

Pour l'essence, on réalise cette condition en l'emmagasinant dans une cuve où grâce à un dispositif spécial, elle peut conserver un niveau constant (Fig. 16).

Ce dispositif est en générale composé d'une cuve, d'un flotteur et d'un pointeau. Ce dernier peut fermer l'arrivée d'essence lorsque le niveau est correct dans la cuve. Autrement dit, les dosages donnés par le carburateur ne doivent pas être influencés par la charge d'essence.

Faisant suite à la cuve à niveau constant, se trouve la chambre de carburation où se forme le mélange combustible. Cette chambre peut présenter des formes variables, dont la plus simple est la forme cylindrique. Elle comporte à la partie inférieure, une arrivée d'essence venant de la cuve à niveau constant et une entrée d'air. L'essence passe dans une petite pièce *G* appelée gicleur. A la sortie du gicleur, l'essence passe au travers d'un diffuseur *D* appelé buse comporte un étranglement, qui a pour objet d'accélérer le courant d'air admis. En effet cet étranglement entraîne une augmentation de la dépression.

A l'intérieur du conduit menant à la tubulure d'admission se trouve un organe d'obturation *P* appelé *papillon* commandé par la pédale d'accélérateur destiné à régler l'influence de la dépression à l'intérieur du carburateur.

Le mélange carburé est défini par sa composition (dosage), par son état physique (température, pression, vaporisation) et par son état cinétique.

La combustion ne peut être parfaite que si le mélange air-essence répond à plusieurs conditions indispensables:

- être convenablement dosé (dosage).
- être à l'état de vapeur vaporisation.
- être parfaitement homogène (homogénéité).

II-2-1- Dosage :

1- Dosage parfait :

Si on fait brûler un mélange parfaitement homogène d'essence et d'air, théoriquement, on montre que la combustion n'est complète sans autres résidus que les produits de cette combustion, azote, gaz carbonique et eau, que si les proportions du mélange sont 1g d'essence pour 15g d'air.

2- Dosage de puissance maximum :

A la suite de nombreux essais on a constaté que le mélange permettant de tirer du moteur la plus grande puissance est de 1g d'essence pour 12.5g d'air. C'est celui qui correspond à la plus grande vitesse de propagation de la flamme due à l'explosion.

3- Dosage de rendement maximum :

Le mélange admis dans les cylindres n'est jamais parfaitement homogène et si l'on veut que la combustion de l'essence soit complète, il faut un léger excès d'air. Les mélanges dits "économiques" c'est à dire ceux qui ne laissent aucune particule d'essence non brûlée dans les gaz d'échappement sont donc pauvres par rapport au mélange parfait, il est de 1g d'essence pour 18g d'air.

Si on détermine la courbe représentative des variations du couple moteur en fonction du rapport air-essence, la vitesse de rotation étant constante (Fig 17), on constate que :

- Un mélange pauvre contenant plus de 28 grammes d'air pour 1 gramme d'essence ne s'enflamme pas.

- En dessous de cette proportion au fur et à mesure que la quantité d'essence augmente, le couple et par conséquent la puissance du moteur augmente d'abord très rapidement puis plus lentement, pour passer par un maximum et décroître ensuite.

- Pour un mélange riche contenant moins de 8 grammes d'air pour 1 gramme d'essence, le mélange devient de nouveau incombustible.

- Il existe un mélange dit de rendement maximum qui est celui donnant le meilleur couple pour la moindre consommation.

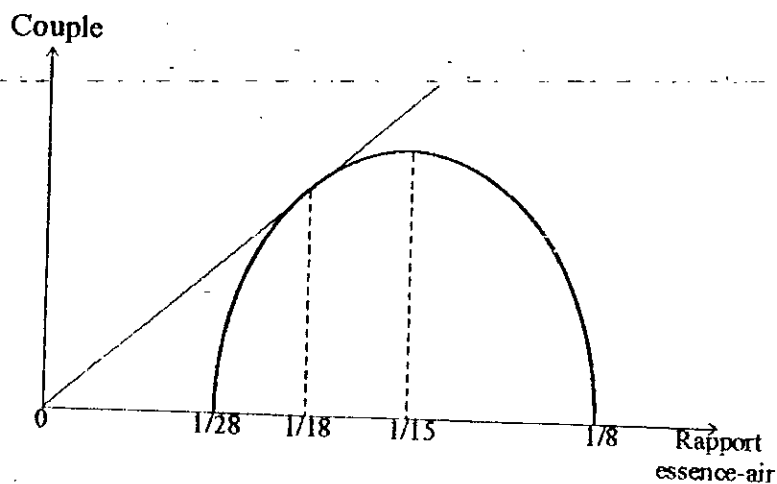


Fig. 17

II-2-2- Vaporisation :

pour que le mélange air-essence puisse s'enflammer et brûler convenablement il faut qu'il soit entièrement gazeux, donc que l'essence soit parfaitement vaporisée.

La vaporisation est d'autant plus active que :

- la dépression est plus grande.
- la pulvérisation plus poussée.
- le réchauffage mieux assuré.

1- La dépression :

Lorsque le moteur est en marche le papillon presque fermé, la dépression est très forte entre le papillon et le moteur, elle est pratiquement nulle entre le papillon et la chambre de carburation.

Si la vitesse de rotation augmente la dépression en aval du papillon croît alors qu'elle reste presque nulle en amont. C'est d'ailleurs cette particularité que l'on utilise dans le frein moteur : les pistons sont retenus dans leurs course descendante par la forte dépression qu'ils engendrent et freinent la voiture.

Si l'on ouvre légèrement le papillon, la dépression en aval va diminuer, puisqu'il y aura communication avec la chambre de carburation mais elle aura tendance à augmenter parce que la vitesse de rotation va croître.

A pleine ouverture, les dépressions en amont et en aval devaient avoir théoriquement la même valeur mais cela n'est pas complètement exact, car le papillon et son axe constituant un obstacle dans la tubulure entraînent une perte de charge.

On voit donc que l'influence du papillon est primordiale sur la valeur de la dépression mesurée à hauteur de la buse.

2- Pulvérisation :

Un diffuseur simple ne permet qu'une pulvérisation grossière. Le passage de l'air dans le tuyau d'aspiration produit une dépression, Celle ci aspire le carburant qui est entraîné à l'embouchure par le courant d'air et pulvérisé de façon grossière. On obtient une diffusion fine en donnant une émulsion préalable au carburant cette émulsion est obtenue par un apport d'air dans le conduit avant son entrée dans le diffuseur.

3- Chaleur :

la chaleur est nécessaire à la gazéification du carburant pulvérisé (chaleur d'évacuation) est fournie par l'air d'aspiration et par les organes du moteur en contact avec le mélange.

II-2-3- Homogénéité :

L'homogénéité résulte de la bonne vaporisation du carburant et son brassage d'air. Le brassage du mélange commence dans le diffuseur où le courant d'air brise le jet : dans la chambre de carburation l'essence pulvérisé commence à se répartir dans la masse. Le brassage se poursuit pendant le parcours dans les tuyauteries et lors du passage au seuil des soupapes. Enfin il se termine dans le cylindre pendant la compression en raison de la turbulence c'est dire que le carburateur n'est pas le seul en cause pour résoudre l'homogénéité. Bien souvent le fonctionnement défectueux d'un moteur est attribué au carburateur alors que la forme de la tuyauterie est seule à incriminer.

L'établissement du collecteur d'admission est très délicat. Les conditions favorisant le brassage nuisant en principe au bon remplissage. Chaque constructeur tente donc de réaliser le meilleur compromis d'après les conditions qu'il s'est fixées dans l'étude de son moteur.

III- LES DISPOSITIFS DU CARBURATEUR :

1- Dispositif de départ à froid :

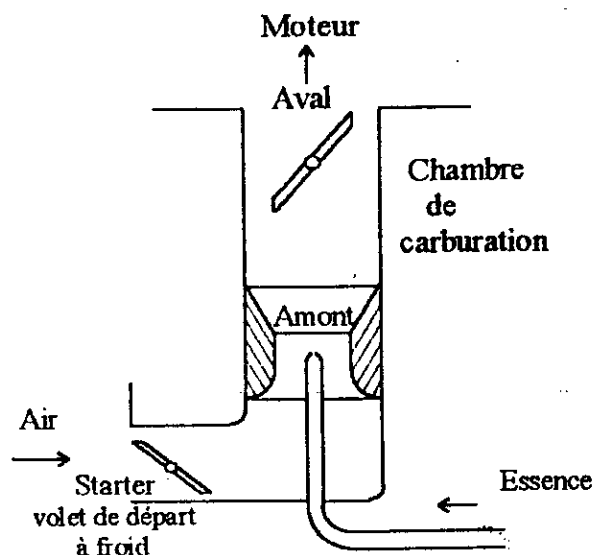


Fig. 18 Dispositif de départ à froid [3]

La mise en marche d'un moteur, à froid ne peut se faire avec le mélange carburé fournie par la marche normale.

En particulier si la température ambiante est faible, l'essence se vaporise mal, une partie se dépose dans la tuyauterie, il n'arrive au cylindre qu'un mélange trop pauvre pour être combustible.

D'autre part au moment de lancement le moteur tournant lentement le courant gazeux n'a qu'une faible vitesse et la vaporisation sera insuffisante.

Il faut donc pour obtenir le départ à froid prévoir une richesse accrue du dosage. C'est le rôle du starter (Fig. 18).

Le volet de départ avec clapet d'air est disposé à l'entrée du tube du carburateur, dont l'axe est excentré. La fermeture du volet au moment du démarrage du moteur provoque une augmentation de la dépression dans la chambre de carburation et l'essence s'écoule par les embouchures des gicleurs. Une fois le moteur lancé le clapet d'air s'ouvre automatiquement est plus ou moins en fonction du régime laissant passer de l'air qui évite un enrichissement trop important du mélange.

2- Dispositif de ralenti :

La rotation du moteur au ralenti, lorsqu'il est chaud, devrait s'obtenir en étranglant suffisamment l'admission des gaz, mais si on ferme progressivement le papillon, on constate que le moteur ne peut continuer à tourner en dessous d'une certaine vitesse qui est encore trop grande pour être acceptable.

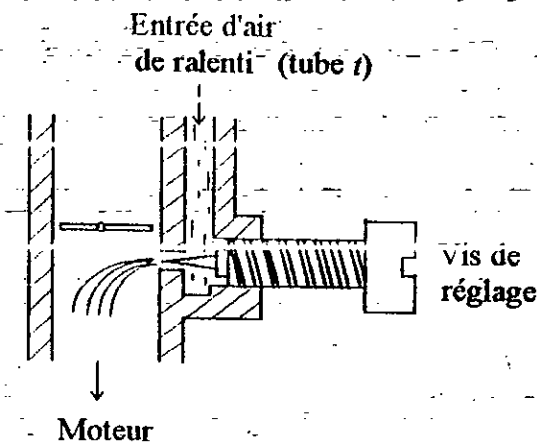


Fig. 19 Dispositif de ralenti [3]

L'expérience montre que le gicleur ne peut débiter que si la dépression est supérieure à une valeur minimum, alors que l'air est aspiré dès qu'il se fait sentir.

Lorsqu'on ferme de plus en plus le papillon, la dépression diminue dans le diffuseur et il arrive un moment où bien que le moteur tourne encore trop vite, le débit d'essence cesse et le ralenti n'est plus possible.

On pourrait chercher à diminuer cette vitesse en mettant un diffuseur plus petit, et dans ce cas lorsque le moteur tourne, papillon fermé, une forte dépression se produit dans le tube 't'. L'essence est aspiré par le gicleur principal ainsi que l'air par l'ajustage, air qui émulsionne l'essence (Fig. 19).

Cette émulsion débouche dans le corps du carburateur où elle se mélange avec l'air qui passe autour du papillon. La richesse du mélange dépend du gicleur de ralenti et du calibre d'air.

3- Dispositif de passage du ralenti à la marche normale :

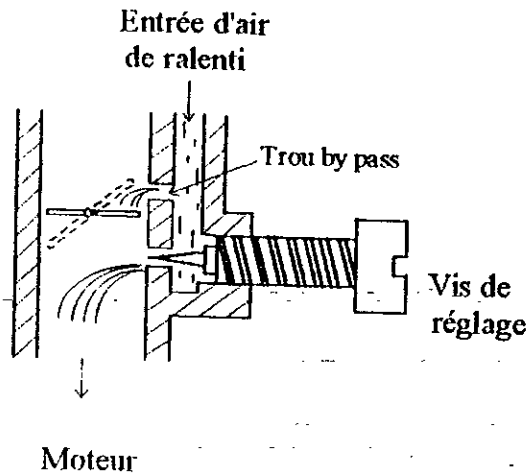


Fig. 20 Dispositif de passage du ralenti à la marche normale [3]

Quand le moteur tourne au ralenti, si l'on appuie légèrement sur l'accélérateur, la dépression va diminuer en aval du papillon, ce qui va tendre à réduire le débit du dispositif de ralenti. Il peut arriver un moment où avant que la dépression en amont du papillon ait atteint une valeur suffisante pour amorcer le gicleur de marche normale, ce débit devient insuffisant, il y aura ce qu'on appelle un 'trou' dans la carburation. Pour palier cet inconvénient, on a percé dans la canalisation du ralenti une ou plusieurs ouvertures de bouclant en amont du papillon (Fig. 20).

Quand le papillon est en position de ralenti, ces ouvertures n'étant pas soumises à aucune dépression ne débitent pas.

Au moment où le bord du papillon a dépassé ces orifices, la dépression s'y fait sentir et ils commencent à débiter jusqu'à ce que le gicleur de la marche normale soit amorcé. Il y a donc un débit de mélange supplémentaire venant s'ajouter au débit du ralenti et permettant une progression régulière entre le ralenti et la marche normale.

Les orifices sont appelés "by-pass" et leur position conditionne la qualité de la progression. Il n'entre en action évidemment qu'au moment où le moteur tourne au ralenti, et si l'on accélère doucement. Mais en cas d'accélération brusque, ce sont les dispositifs de reprise qui assurent l'alimentation correcte du moteur.

4- Dispositif de reprise et d'accélération :

On appelle reprise en automobile, l'accélération de la voiture consécutive à un appui plus ou moins brusque sur la pédale d'accélération entraînant une ouverture plus ou moins rapide du papillon des gaz.

Lors de l'ouverture rapide de ce papillon, la dépression agit brusquement sur les aspirations d'air et d'essence, mais par suite de l'inertie plus grande de cette dernière, l'équilibre de richesse ne peut s'établir.

De plus, on a constaté qu'en marche normale, quand le papillon est ouvert, il se forme dans la tuyauterie des condensations d'essence liquide. Au ralenti, la très forte dépression qui existe en aval du papillon entraîne une vaporisation plus importante de l'essence, il y a moins de condensation. Au moment de la reprise, une certaine partie de l'essence va donc se condenser sur les parois sèches de la tuyauterie entraînant un nouvel appauvrissement du mélange admis aux cylindres.

Les accélérations, qui sont en quelque sorte des reprises moins brusques que la reprise proprement dite, entraînant, quoi qu'à un degré moindre les mêmes inconvénients.

Pour ces raisons, on devra, si l'on veut que la reprise soit bonne, c'est à dire que les cylindres reçoivent un mélange correct, accompagner l'ouverture du papillon de l'envoi dans la tuyauterie une quantité d'essence supplémentaire convenablement choisie pour compenser l'appauvrissement ceci d'autant plus rapidement que le coup d'accélérateur sera plus brusque.

Cet enrichissement est devenu soit par l'aspiration d'une petite réserve d'essence soit par un jet d'essence assuré par une pompe de reprise (pompe d'accélération) entrant en action automatiquement ou commandée par l'accélérateur.

Chapitre III

| |
|--|
| <h1>SYSTEME D'ALLUMAGE</h1> |
|--|

I- INTRODUCTION :

Tous les moteurs à essence ont besoin d'un allumage indépendant pour amorcer la combustion du mélange air-carburant.

Cet allumage est assuré par une étincelle électrique produite par le système. Ce dernier doit enflammer le mélange au moment opportun dans tous les conditions d'exploitation (Fig. 21).

La tension de la batterie de 12 volts ou 24 volts est à cette effet transformée en une tension d'allumage de 25000 volts ou plus, afin qu'une étincelle puisse sauter entre les électrodes de la bougie d'allumage.

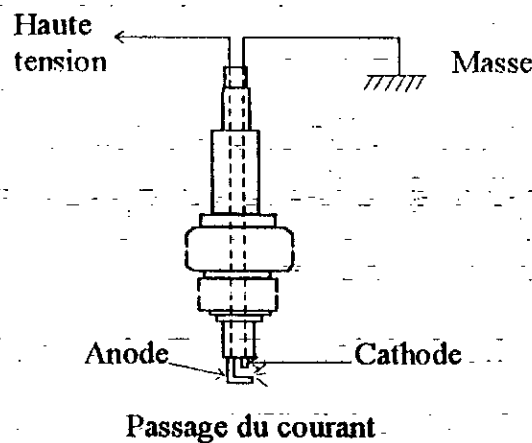


Fig. 21 - Bougie d'allumage [8]

Pourquoi la haute tension ?

Pour faire jaillir une étincelle dans un milieu gazeux, la différence de potentiel est proportionnel à la pression régnant dans ce milieu.

Pour celle d'un cylindre en fin de compression et pour une distance de 0.4 mm entre les électrodes de la bougie, la différence de potentiel doit être de l'ordre de 20KV à 35KV.

Le point d'allumage doit s'adapter automatiquement aux différents régimes, ainsi qu'aux conditions de charge du moteur.

Il existe trois types d'allumage :

- Allumage traditionnel.
- Allumage transistorisé ou *breakerless*.
- Allumage électronique intégral.

II- SYSTEME D'ALLUMAGE TRADITIONNEL :

a- Description :

Ce système comporte essentiellement (Fig. 22) :

- L'interrupteur d'allumage.
- la bobine haute tension.
- le distributeur avec rupteur.
- le dispositif d'avance centrifuge.
- la commande d'avance par dépression.
- les bougies.
- la batterie qui fournit l'énergie.

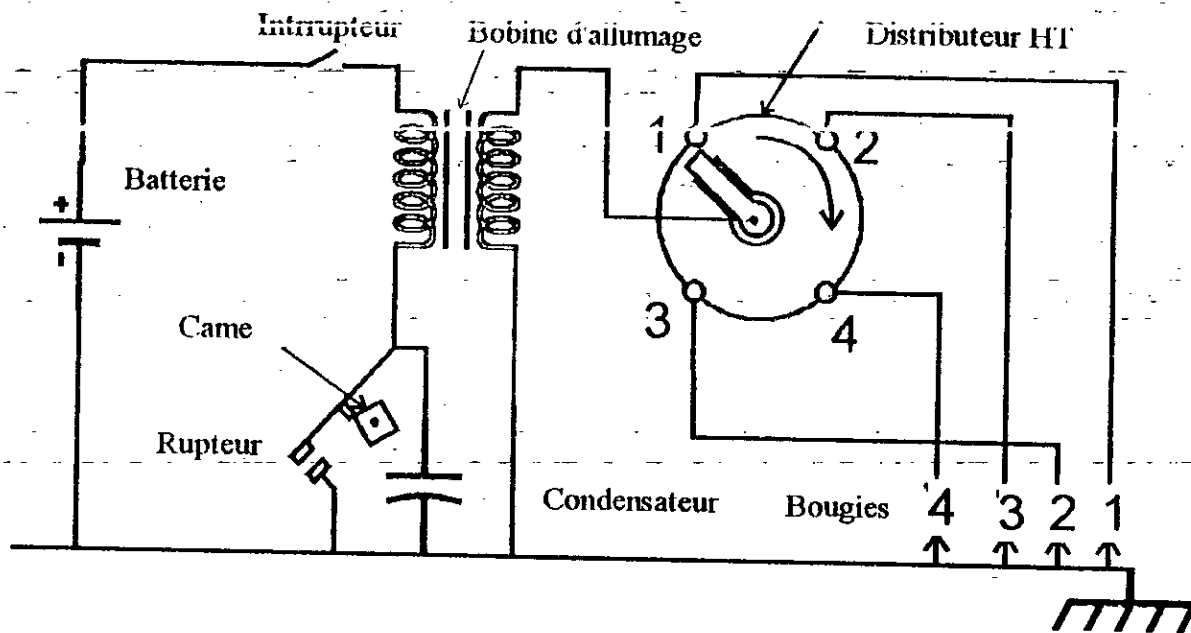


Fig. 22

b- Principe de fonctionnement :

Lorsque le rupteur se ferme, un courant primaire s'établit en produisant dans l'enroulement primaire de la bobine un champ magnétique.

Lors de l'ouverture des contacts du rupteur, le courant est coupé et le champ magnétique disparaît, il en résulte l'induction dans l'enroulement secondaire d'une haute tension.

Le courant secondaire passe par le distributeur qui l'envoie successivement à la bougie du cylindre concerné ou va se produire l'étincelle inflammatoire.

Le courant secondaire se referme alors par la masse. La liaison entre la rotation de la came du rupteur et la rotation du doigt du distributeur assure la fermeture du circuit secondaire au moment précis de la rupture du courant primaire.

Rôle du condensateur :

La variation du flux magnétique qui a donné naissance au courant secondaire, engendre également dans l'enroulement primaire en raison de sa self induction, un courant induit dit "extra courant de rupture" qui s'oppose à l'ouverture du circuit et produit au contact du rupteur une étincelle qui le mettrait rapidement hors d'usage.

Ce courant prolonge le courant primaire au moment de la rupture et rend en conséquence celle ci moins instantanée.

Or, il est indispensable d'obtenir une rupture très brusque nécessitant par ailleurs un rupteur possédant la plus faible inertie possible.

L'extra courant de rupture charge le condensateur qui se charge dans le circuit primaire en donnant naissance à un courant à variations rapides capable de donner par induction dans le secondaire des potentiels élevés.

Le condensateur a donc pour effet en définitive d'éviter la production d'étincelles détériorant les contacts du rupteur tout en renforçant considérablement l'étincelle aux bougies.

C- Avance à l'allumage :

Nécessité de la régulation du point d'avance à l'allumage.

Le point d'ouverture des contacts est réglé par la came du rupteur de façon à ce que l'étincelle produite dans l'enroulement secondaire de la bobine d'allumage éclate au moment où la combustion exerce le maximum de pression sur le piston; la bielle et le vilebrequin, et où l'angle de rotation du vilebrequin se situe environ 10° après le point mort haut quelque soit la vitesse du moteur. On déplace l'allumeur au complet pour régler le point d'allumage par rapport à la position du piston.

Mécanisme d'avance à l'allumage :

Afin que la combustion exerce un maximum de pression sur le piston, il est nécessaire de varier l'allumage selon la vitesse et la charge du moteur.

Pour ce faire, la première méthode qui a été utilisée est l'avance automatique centrifuge et l'avance automatique à dépression.

- L'avance automatique centrifuge :

Modifie le point d'allumage en fonction du régime du moteur (Fig. 23).

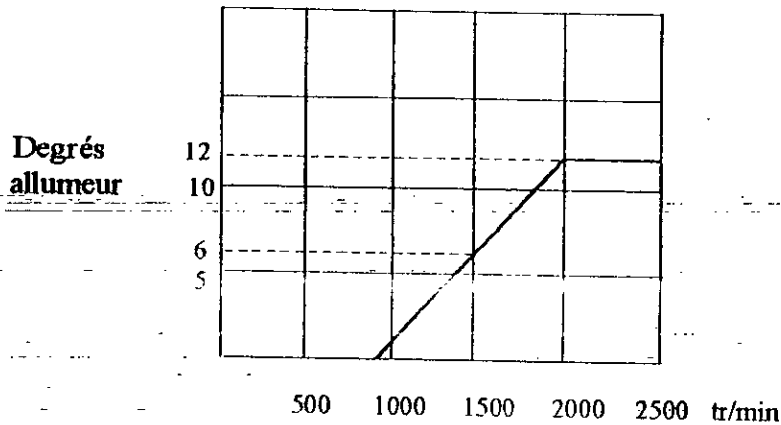


Fig. 23- Diagramme de l'avance automatique centrifuge [1]

La came du rupteur est logée de façon mobile sur l'arbre de commande.

Les masselottes sont écartées par la force centrifuge au fur et à mesure que le régime augmente.

Les cames du rupteur sont en même temps déplacées dans le sens de rotation de l'arbre, les contacts du rupteur s'ouvrent plus tôt (Fig. 24).

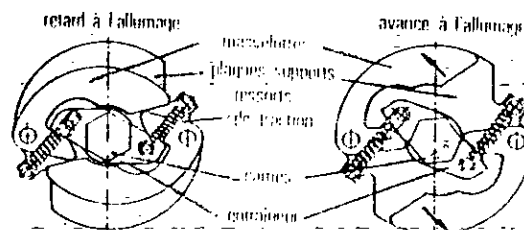


Fig. 24- Dispositif de l'avance automatique centrifuge [4]

- L'avance automatique à dépression :

Modifie le point d'allumage en fonction de la charge du moteur (Fig. 25).

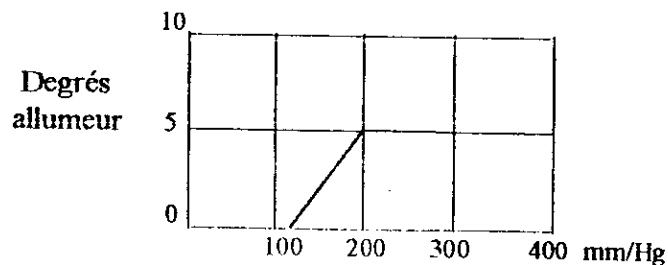


Fig. 25- Diagramme de l'avance automatique à dépression [1]

La dépression régnant dans le collecteur d'admission dépend de la charge du moteur, elle est transmise à la capsule à dépression. La modification de la position de la membrane précontrainte par le ressort est transmise par une tige au plateau ponteur, dont le logement est mobile.

Ce plateau, de même que le rupteur, sont déplacés dans le sens contraire à la rotation de l'arbre de commande. Les contacts du rupteur sont ainsi commandés plus tôt (Fig. 26).

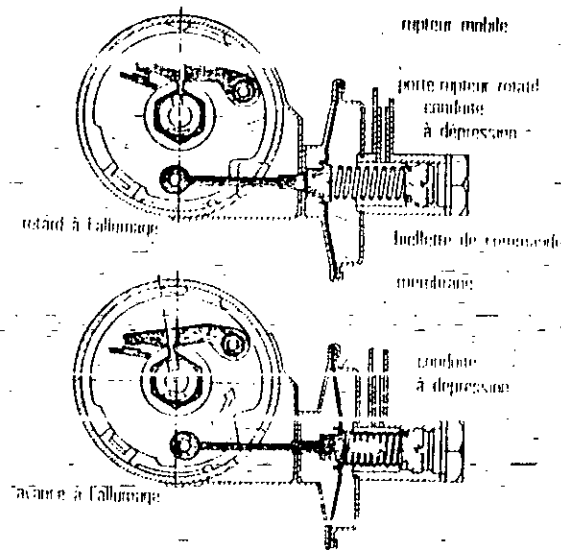


Fig. 26- Dispositif de l'avance automatique à dépression [4]

III- ALLUMAGE TRANSISTORISE (breakerless) :

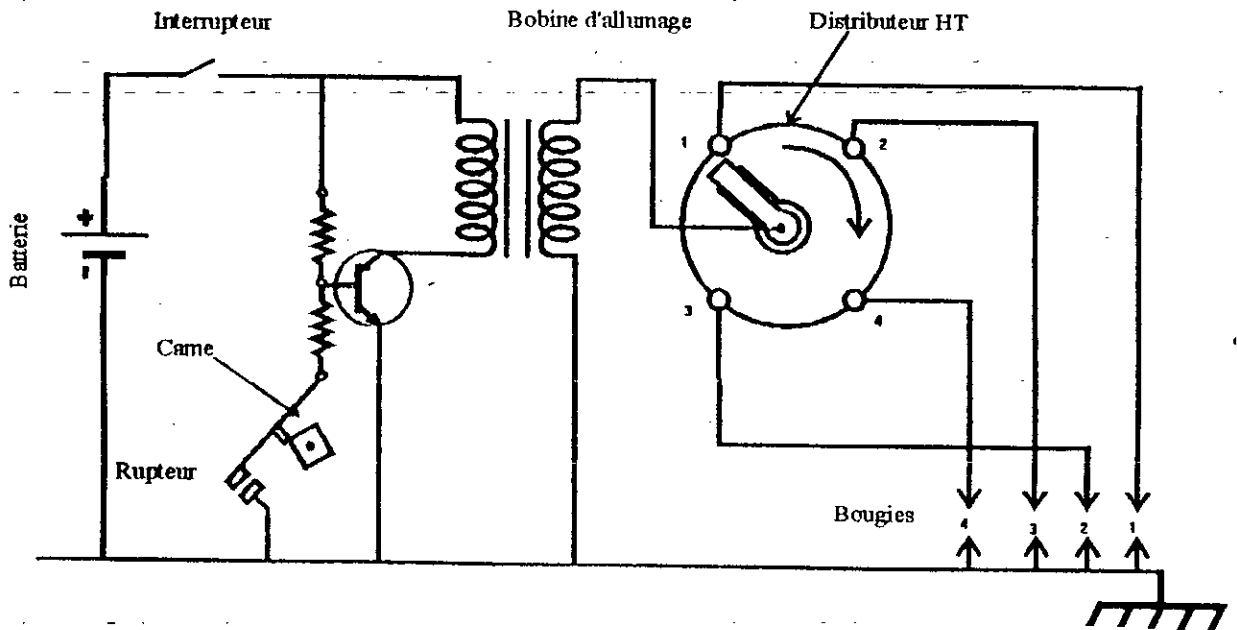


Fig. 27 - Schéma de l'allumage transistorisé (breakerless) [5]

Dans l'allumage par transitoire, l'idée initiale fut d'éviter l'usure du contact du rupteur. En effet, on sait que ce dernier est le siège d'étincelles dans le montage classique, car il coupe un courant de plusieurs ampères dans l'enroulement primaire de bobine d'allumage (Fig. 27).

En intercalant un transistor commandé par le rupteur, celui-ci ne coupe plus qu'un courant de quelques milliampères. Ce qui entraîne la coupure du courant émetteur-collecteur qui est celui du courant primaire de la bobine qui est de quelques ampères.

Mais le problème, c'est que même après soulagement du rupteur par l'emploi du transistor, il demeure celui qui commande l'allumage, or, l'usure mécanique éventuelle des contacts dérègle le point d'allumage, on peut observer ainsi des dispersions atteignant jusqu'à 7°. Pour pallier cet inconvénient, on a adopté un autre système d'allumage électronique qui est l'allumage intégral.

IV- SYSTEME D'ALLUMAGE ELECTRONIQUE INTEGRAL :

Dans ce système, un calculateur électronique définit le moment où l'étincelle doit se produire en fonction de trois données instantanées.

- position angulaire du vilebrequin (par rapport au PMH).
- fréquence de rotation du moteur.
- la dépression dans la tubulure d'admission.

Actuellement il existe deux types d'allumage

- Allumage digiplex 1 et 2.
- Allumage microplex.

1- L'allumage Digiplex 1 :

La création de ce système d'allumage a pour but :

- d'éliminer l'avance centrifuge.
- éliminer tous les jeux possibles.

Composition (Fig. 28) :

S₁ : capteur de tr/min moteur

S₂ : capteur PMH

Un transducteur de pression incorporé dans le module pour fournir un signal proportionnel à la dépression existante dans la collecteur d'admission.

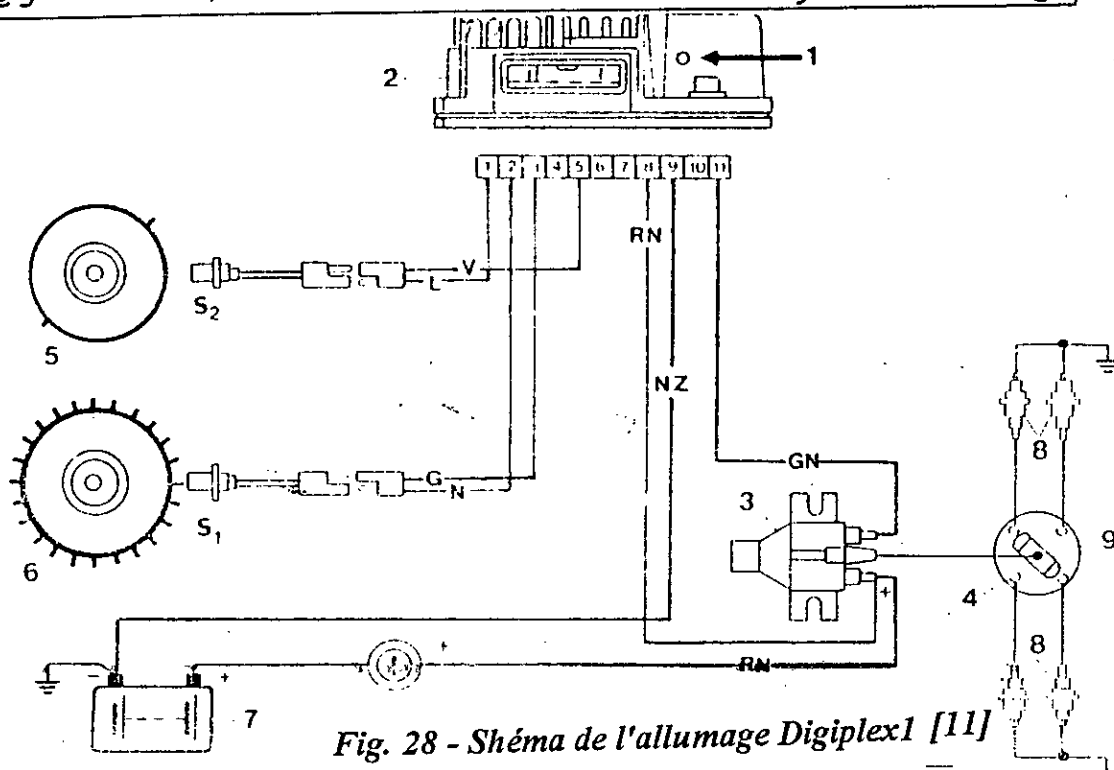


Fig. 28 - Schéma de l'allumage Digiplex1 [11]

Les trois signaux sont envoyés au micro calculateur incorporé dans le module et traités aussitôt.

La plage du régime du moteur est partagée en 64 intervalles. Dans chaque intervalle, il est possible de programmer 8 valeurs d'avance correspondantes à 8 valeurs de dépression.

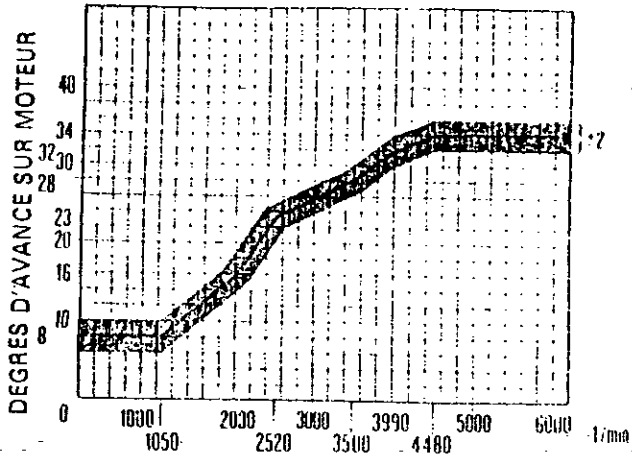
Ainsi le système d'allumage est en mesure de fournir 512 points d'avance (8×64) en fonction des conditions de fonctionnement du moteur.

Les points d'avance sont mémorisés selon des données fournis par le constructeur du véhicule, et choisissant des points d'allumage optimaux pour réduire la consommation et obtenir les meilleures performances du moteur en tenant compte des lois d'antipollution en vigueur dans les différents pays.

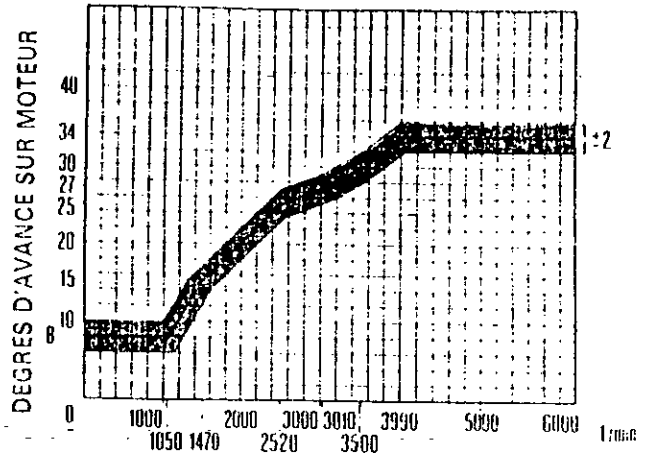
Avantages :

- Une grande précision d'angle d'avance à n'importe quelle condition de fonctionnement.
- Aucune baisse des performances par des températures comprises entre -30° et 100° .
- Aucune baisse de performance pour des tensions de batterie comprise entre 6V et 16V.
- Durée plus longue des bougies.
- Consommation réduite.

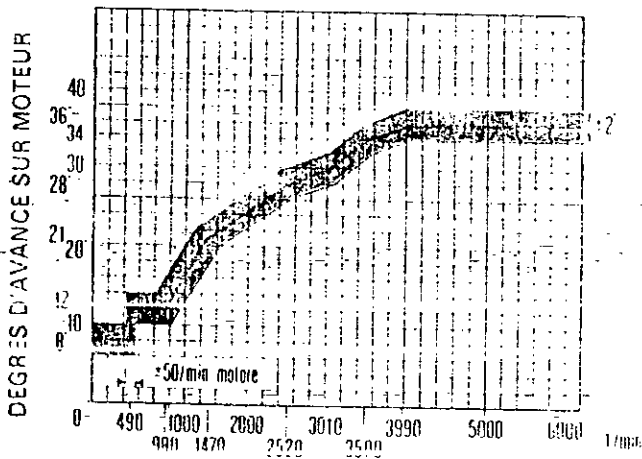
à 0,04 bar (30 mm Hg)



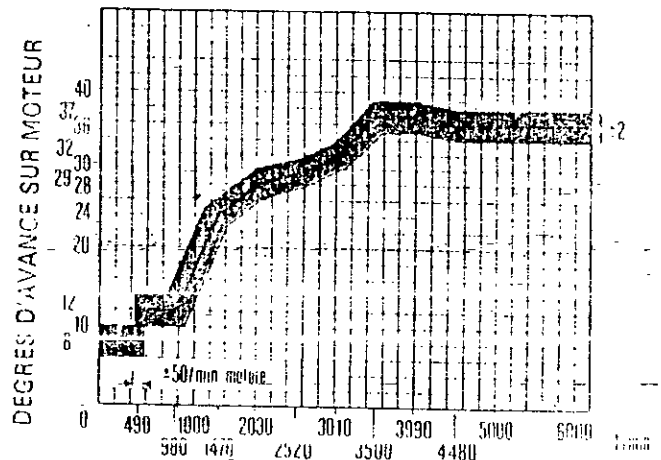
à 0,12 bar (90 mm Hg)



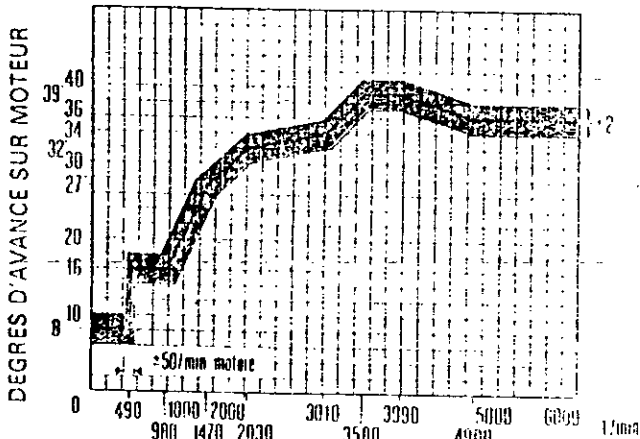
à 0,2 bar (150 mm Hg)



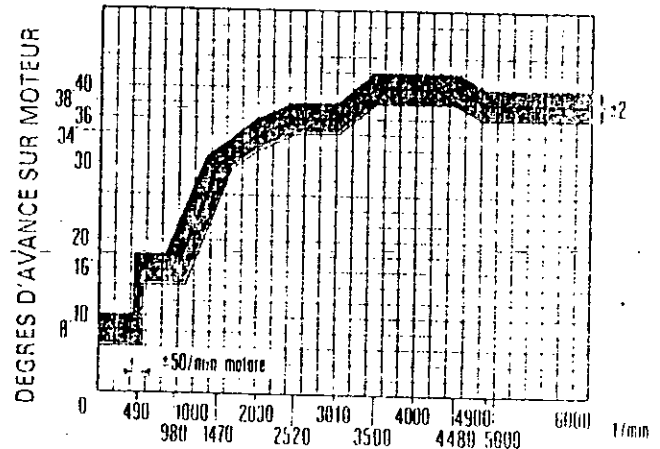
à 0,28 bar (210 mm Hg)



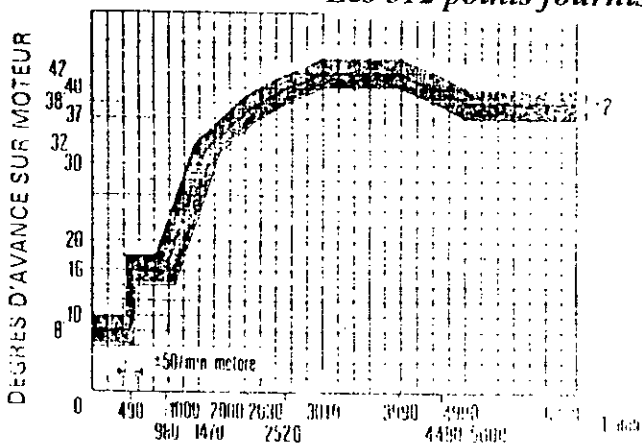
à 0,36 bar (270 mm Hg)



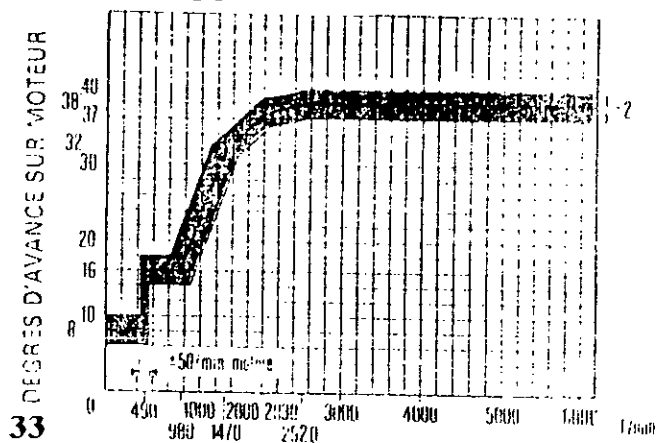
à 0,44 bar (330 mm Hg)



à 0,52 bar (390 mm Hg)



à 0,6 bar (450 mm Hg)



Les 512 points fournis par le système digiplex 1 [11]

2- Le microplex :

Composition :

- Capteur PMH.
- Capteur tr/min.
- Capteur cliquetis.
- Capteur pression absolue.

Fonctionnement :

Un capteur magnétique fournit un signal au niveau de deux encoches ou dents obtenues sur la poulie du vilebrequin et indique ainsi la position du PMH.

Un autre capteur magnétique fournit un signal au niveau du volant moteur et fournit d'abord-) les tours/minutes, et la position instantanée qui est utilisée pour faire éclater l'étincelle.

Un troisième capteur fournit un signal électrique au niveau du collecteur d'admission pour mesurer proportionnellement la pression et la dépression

Un quatrième capteur permet de détecter les cliquetis du moteur et de corriger l'avance à l'allumage par une réduction du point d'avance. Pour réaliser cette opération de réduction du point d'avance, le capteur doit signaler à trois reprises durant 50 cycles du fonctionnement du moteur. La courbe est réduite de 5°.

Si les cliquetis persistent toujours, une autre réduction de 5° pourra se faire vérifier jusqu'à un maximum de 15°.

Après un certain nombre de cycles sans détonation (cliquetis) l'avance retourne au stade originale.

Capteur de suralimentation :

Lorsque la pression d'alimentation dépasse 0.7 bars, un interrupteur de sécurité qui est dans le pressostat du collecteur d'admission met la centrale d'allumage électronique (EA) à la masse qui interrompt l'envoi des étincelles aux bougies

Chapitre IV

AUTOMATISME DE L'INJECTION ELECTRONIQUE

I- INTRODUCTION :

Dans un moteur classique, la pulvérisation du carburant nécessaire à une bonne combustion est produite dans certains organes du carburateur par la dépression créée par le piston dans sa course descendante d'admission. Le carburant pulvérisé mélangé ensuite à l'air est introduit dans le cylindre.

Le principe de l'injection est d'obtenir cette pulvérisation par un procédé mécanique.

II. CARBURATION DANS LES MOTEURS A INJECTION.

Il consiste à envoyer du carburant dans une pompe, dite pompe d'injection qui le comprime à haute pression et l'envoie dans un organe appelé injecteur, placé à l'intérieur ou très près de la chambre de combustion. L'injecteur est percé d'un petit trou à la sortie du quel le carburant se pulvérise et se mélange à l'air.

L'essence qui arrive à la pompe d'injection passe tout d'abord par une pompe électrique puis par un filtre F et l'excès d'essence débité la pompe P est retourné au réservoir par le même filtre (Fig. 29).

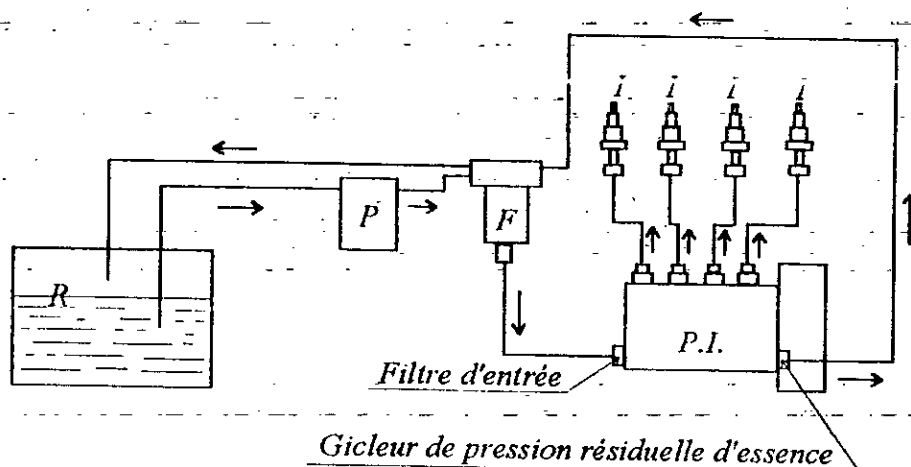


Fig. 29 Carburation dans le moteur à injection [2]

Il existe deux types d'injection :

- injection directe.
- injection indirecte

1- Injection directe :

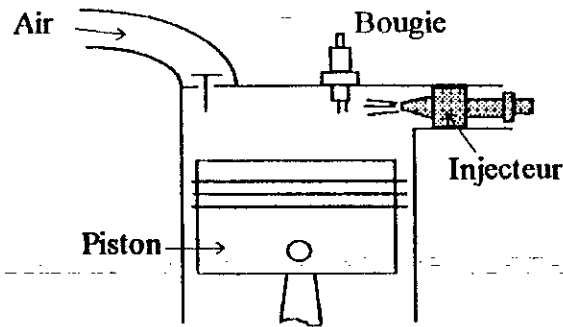


Fig. 30- Carburation dans le cas de l'injection directe [2]

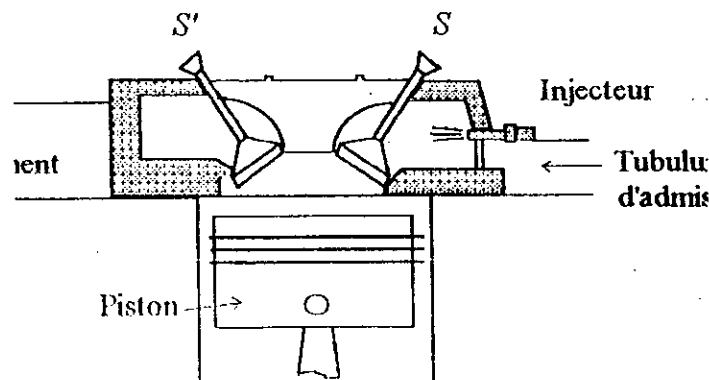
Dans laquelle la soupape d'admission n'aspire que de l'air et où le carburant est injecté dans la chambre de combustion en fin de période de compression. Donc la pompe devra donner une pression très forte pour vaincre la pression de compression existant dans le cylindre au moment de l'injection (Fig. 30).

On se trouve donc non seulement dans un problème de résistance mécanique mais aussi devant un problème d'étanchéité.

2- Injection indirecte :

Dans laquelle le carburant est injecté dans la tubulure d'admission quelque degrés après l'ouverture de la soupape d'admission. Dans ce cas cette dernière commence à aspirer de l'air, puis un mélange d'air et de carburant. Donc la pompe peut être beaucoup moins compliquée et plus légère et ne demande pas une grande pression du fait que l'injection se fait au moment où la dépression se fait sentir dans le cylindre (Fig. 31).

C'est cette avantage qui préfère le système d'injection indirecte bien qu'il ait l'inconvénient de laisser plus longtemps en contact l'air et l'essence, avant la combustion.



Fi 31- Carburation dans le cas de l'injection indirecte [2]

III- COMMANDE ELECTRONIQUE DE L'INJECTION :

Le système présente l'avantage de ne comporter aucun entraînement à partir du moteur ce qui facilite le choix de l'emplacement des différents accessoires.

Il existe deux types d'injection :

L'injection SPI (Simple point d'injection) :

Dans ce système un seul injecteur est utilisé pour les quatre cylindres du moteur.

L'injection MPI (Multipoint d'injection) :

Dans ce système le plus utilisé, chaque cylindre est doté d'un injecteur. On trouve l'injection *monotronique* et l'injection *JETRONIC* qui ne diffère que par le traitement numérique à l'intérieur du boîtier électronique.

Pour notre étude on adopte le système L- JETRONIC BOSH.

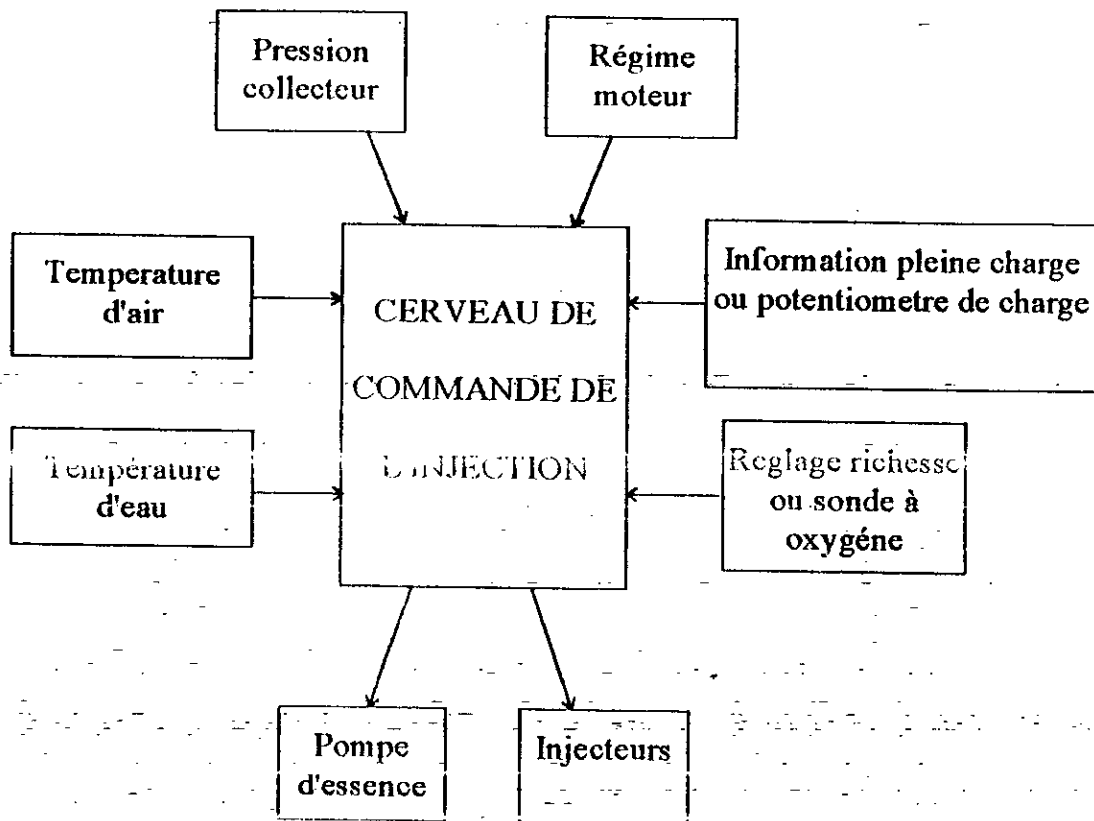
Le système est du type pression-vitesse. Le débit d'essence injecté est une fonction linéaire de la pression dans le collecteur d'admission et du régime de rotation du moteur.

Ces deux informations déterminent le temps d'injection de base.

Cette valeur est ensuite corrigée en fonction de l'état de fonctionnement du moteur qui est détecté par différentes sondes. Les signaux émis par celles-ci sont exploités dans un boîtier électronique ou cerveau qui assure la commande des injecteurs fonctionnant simultanément et pulvérisant le carburant en amont de la soupape d'admission.

Pour assurer une bonne répartition du carburant, deux injections sont effectuées à chaque cycle moteur.

La moitié de la quantité de carburant dosé pour un cycle moteur complet est pulvérisée à chaque injection.



Calculateur injection et périphériques [9]

IV- INJECTION D'ESSENCE L-JETRONIC BOSCH :

Description : (Fig. 32)

Circuit de carburant

- 1- réservoir
- 2- pompe à carburant électrique
- 3- filtre
- 4- rampe de distribution
- 5- régulateur de pression de carburant
- 6- injecteur

Circuit d'air

- 7- débitmètre d'air
- 8- boîtier papillon et boîtier contacteurs (9)
- 10- vis de réglage régime de ralenti
- 11- vis de réglage vitesse

Boîtier électronique d'injection (12)**Dispositifs de correction moteur froid**

- 13- injecteur de départ à froid
- 14- thermocontact temporisé
- 15- boîtier d'air additionnel
- 16- sonde de température moteur

I Alimentation en carburant des injecteurs**II Retour du carburant au réservoir**

Pour illustrer les divers branchements électriques, le schéma a été complété par quelques éléments :

- 17- contact sur antivol
- 18- bobine d'allumage
- 19- relais de commande de la pompe d'alimentation

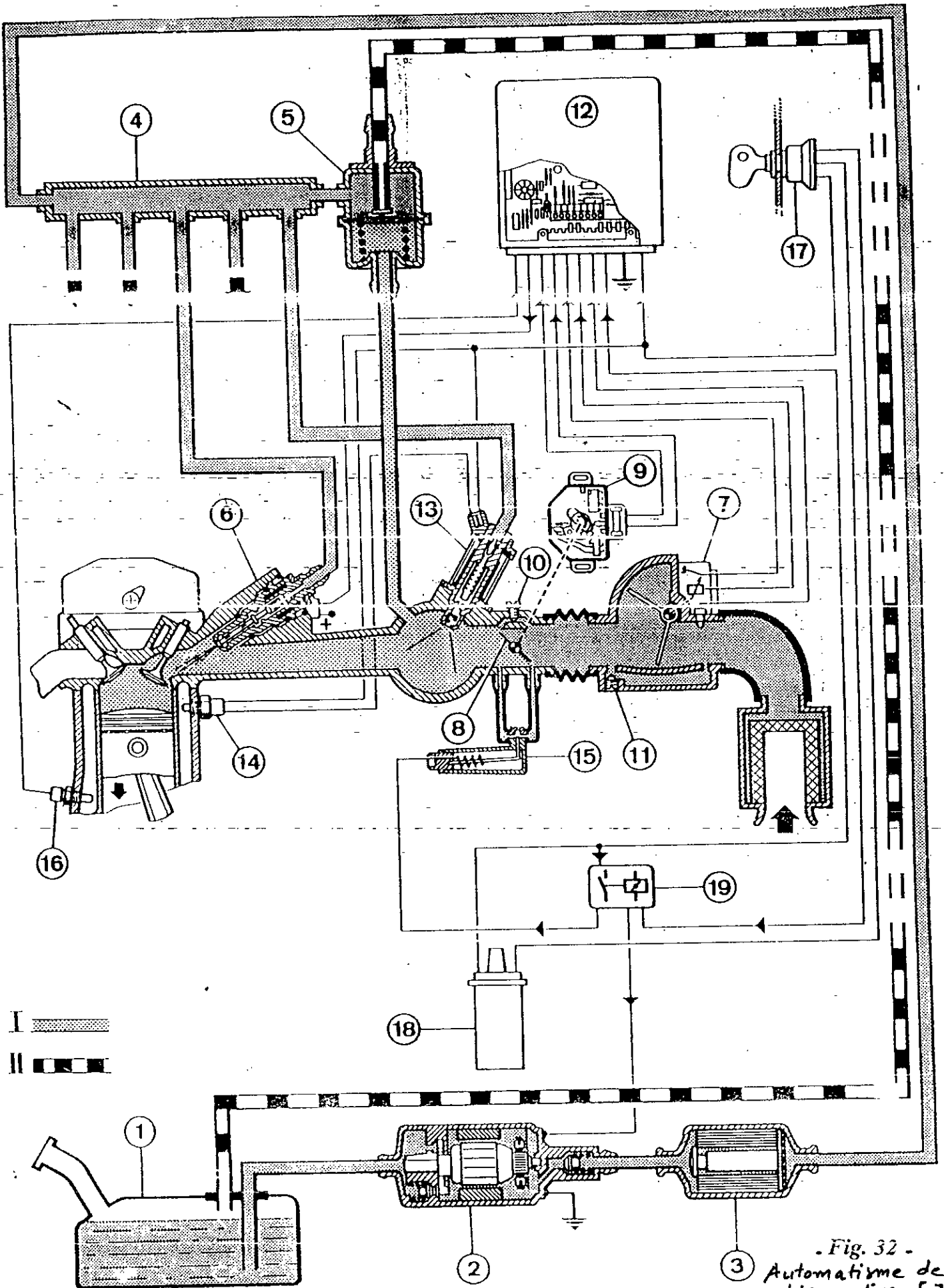
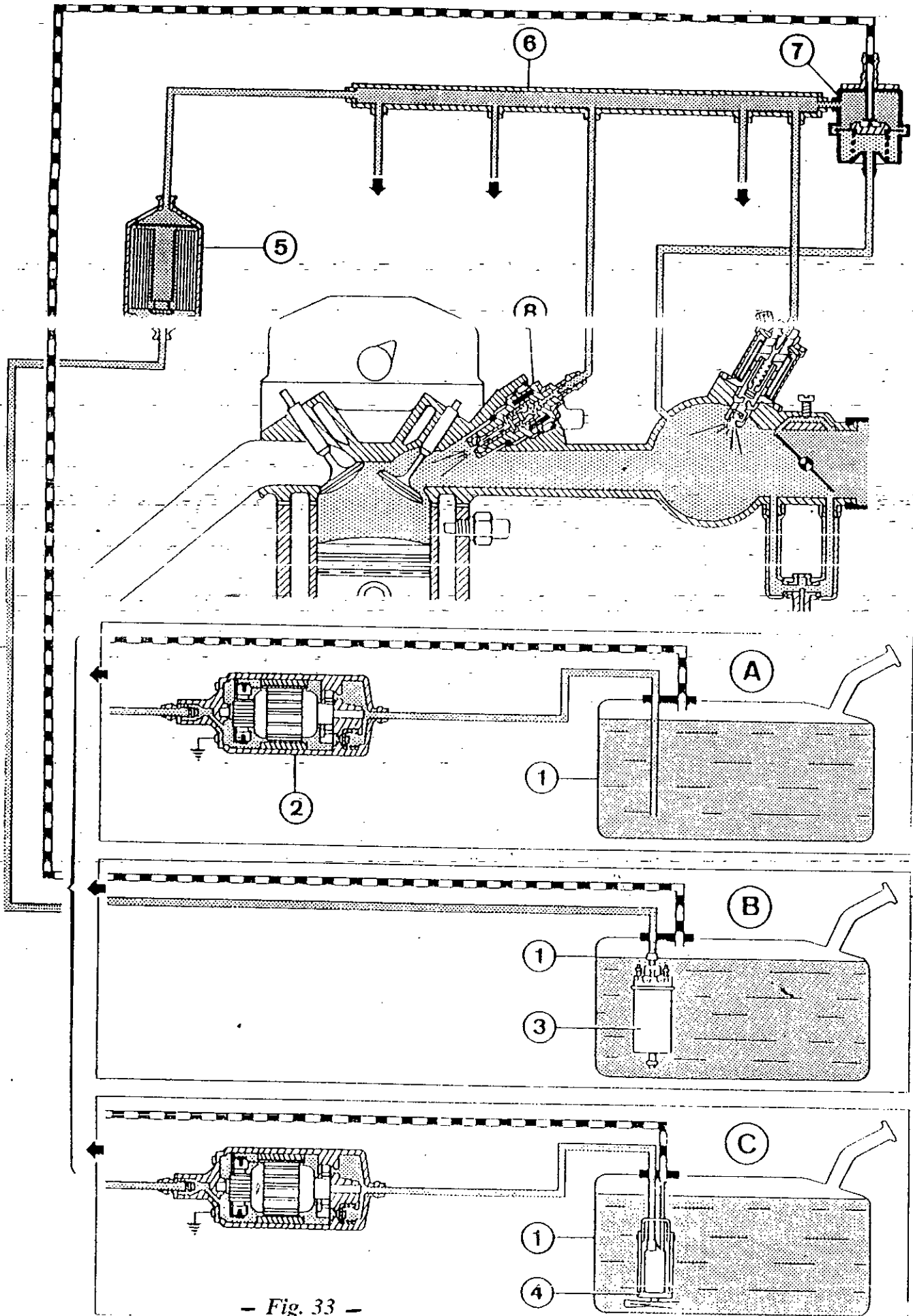


Fig. 32 -
Automatisme de
l'injection. [7]

IV-1- CIRCUIT CARBURANT :**Description :** (Fig. 33)

Le circuit carburant se compose :

- D'un réservoir (1)
- D'une pompe à carburant (2)
- d'un filtre (5)
- d'une rampe de distribution (6)
- d'un régulateur de pression de carburant (7)
- d'injecteur (8) (un par cylindre)



- Fig. 33 -
- circuit Carburant. [X] -

IV-1-1- Pompes à carburant électrique : (Fig. 34-35)

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

La pompe est chargée de fournir le carburant sous pression aux injecteur, son débit est nettement supérieur à la consommation maximale du moteur afin que la pression du circuit d'essence soit toujours correcte.

L'excès de carburant est refoulé au réservoir par le régulateur.

Il existe trois types de montages des pompes à carburant :

- montage **A** : pompe à carburant en ligne (2)
- montage **B** : pompe à carburant immergée dans le réservoir (3)
- montage **C** : pompe de gavage dans le réservoir plus pompe à carburant en ligne. Ce montage a pour but d'éviter les phénomènes de vapeur d'essence entre réservoir et pompe à carburant en ligne.

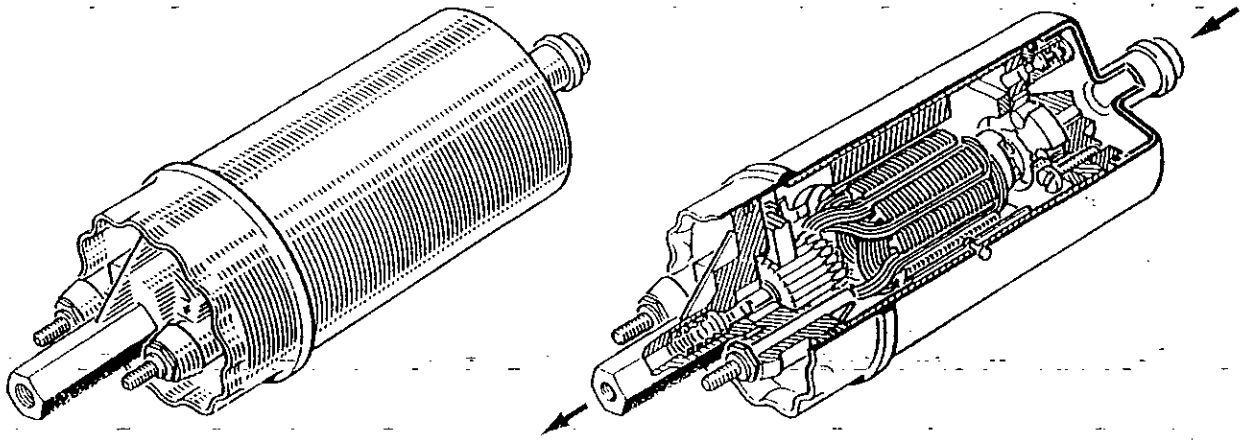
IV-1-2- Filtre : (Fig. 36)

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

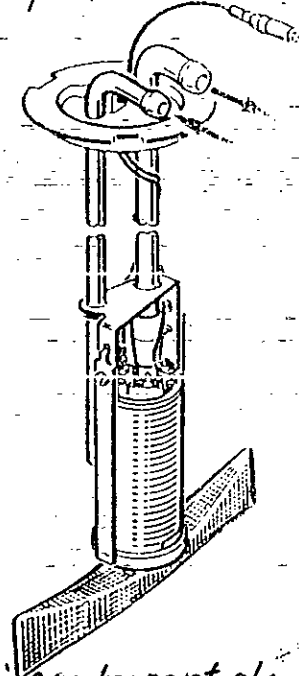
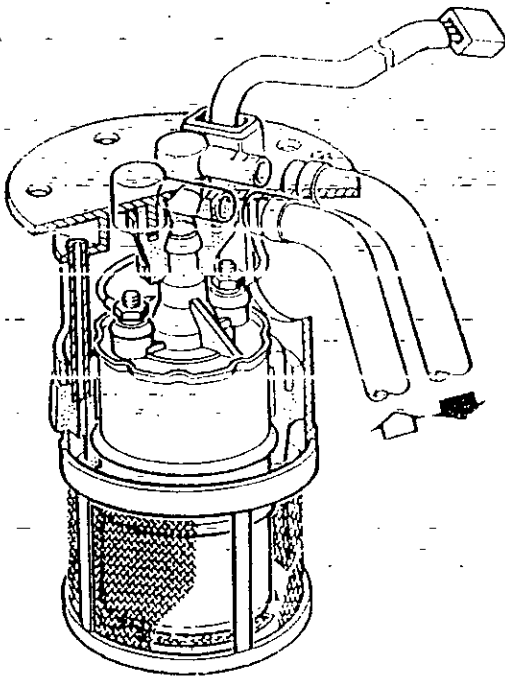
Il renferme une cartouche en papier dont le seuil de filtration est de 8 à 10 μ .

Il présente une surface filtrante d'environ 300cm².

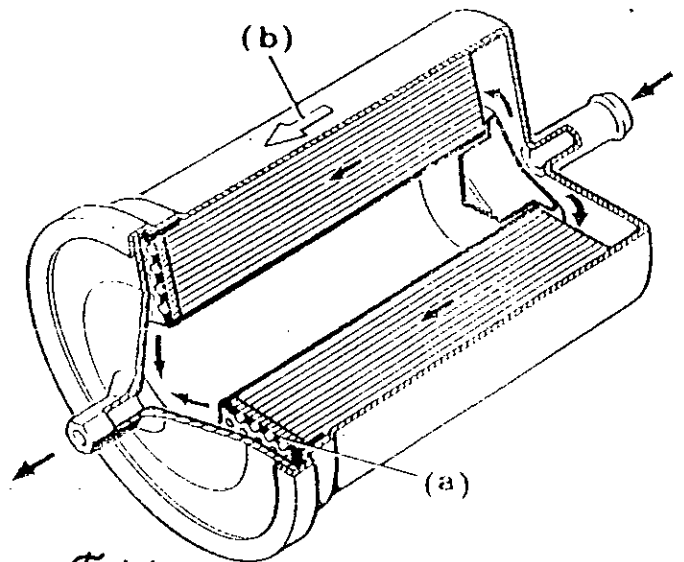
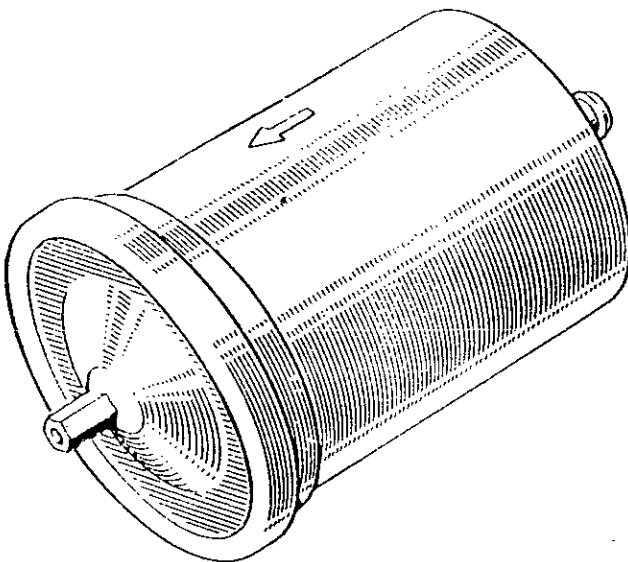
Un tamis (a) arrête les éventuels débris de papier, c'est pourquoi le sens d'écoulement du carburant indiqué par la flèche (b) gravée sur le corps du filtre doit être impérativement respecté.



- Fig. 34 pompe à carburant électrique [7] -



- Fig. 35 pompe à carburant électrique [7] -



- Fig. 36 Filtre [7] -

IV-1-3- Rampe de distribution : (Fig. 37)

La rampe de distribution permet le montage simple des injecteurs et joue le rôle accumulateur garantissant une pression uniforme aux injecteurs.

IV-1-4- Régulateur de pression de carburant : (Fig. 38)

Le régulateur de pression contrôle le débit de retour d'essence au réservoir afin de maintenir une pression constante quelque soit le débit aux injecteurs, environ deux à trois bars.

La pression dans la rampe d'injection est corrigée en fonction de la dépression dans le collecteur d'admission pour faire travailler les injecteurs à pression constante.

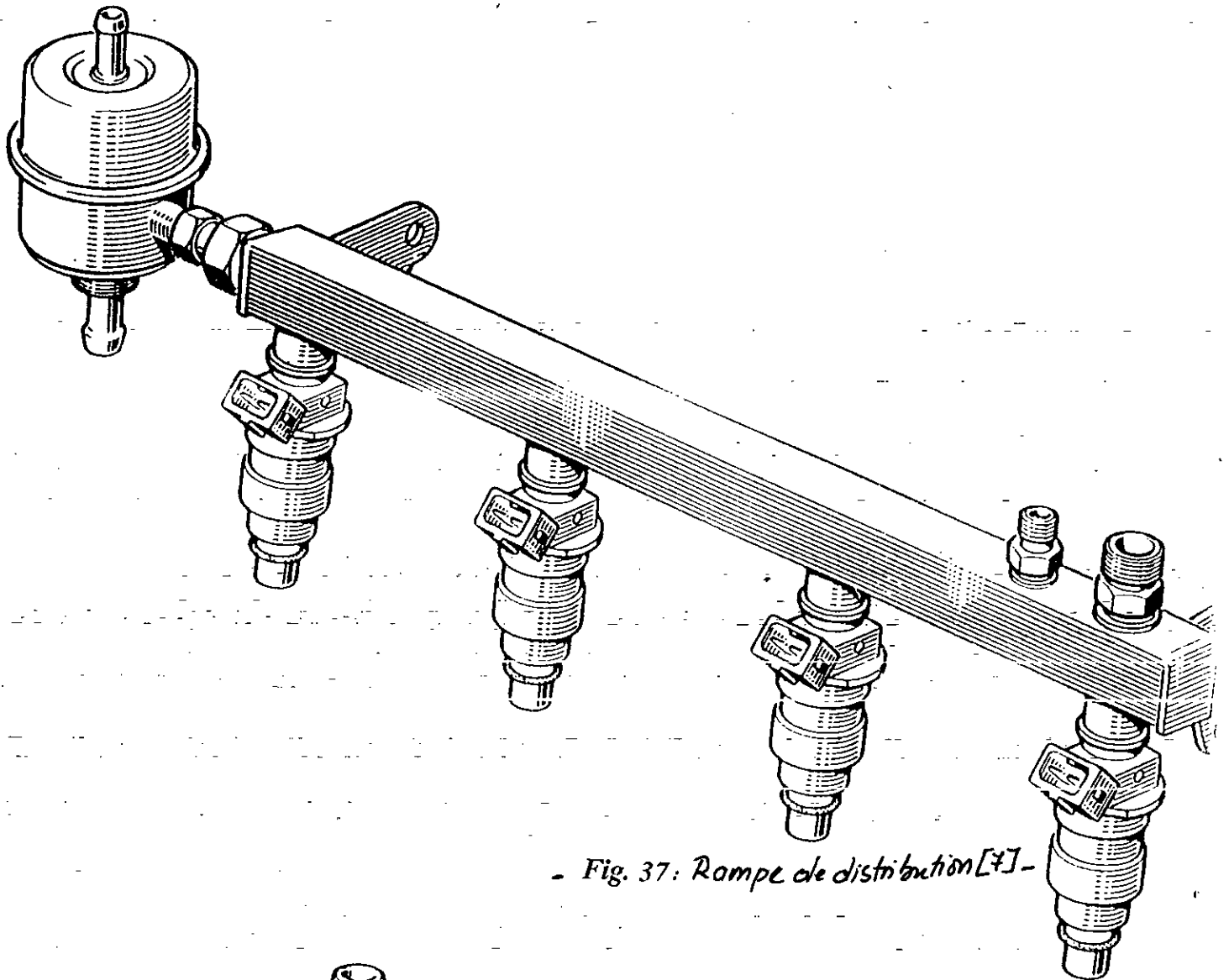
Il est composé :

- d'un boîtier métallique (1)
- d'une membrane (2)
- d'un ressort (3)
- d'un raccord arrivé de carburant (5)
- d'un raccord retour carburant (6)
- d'une soupape (7)

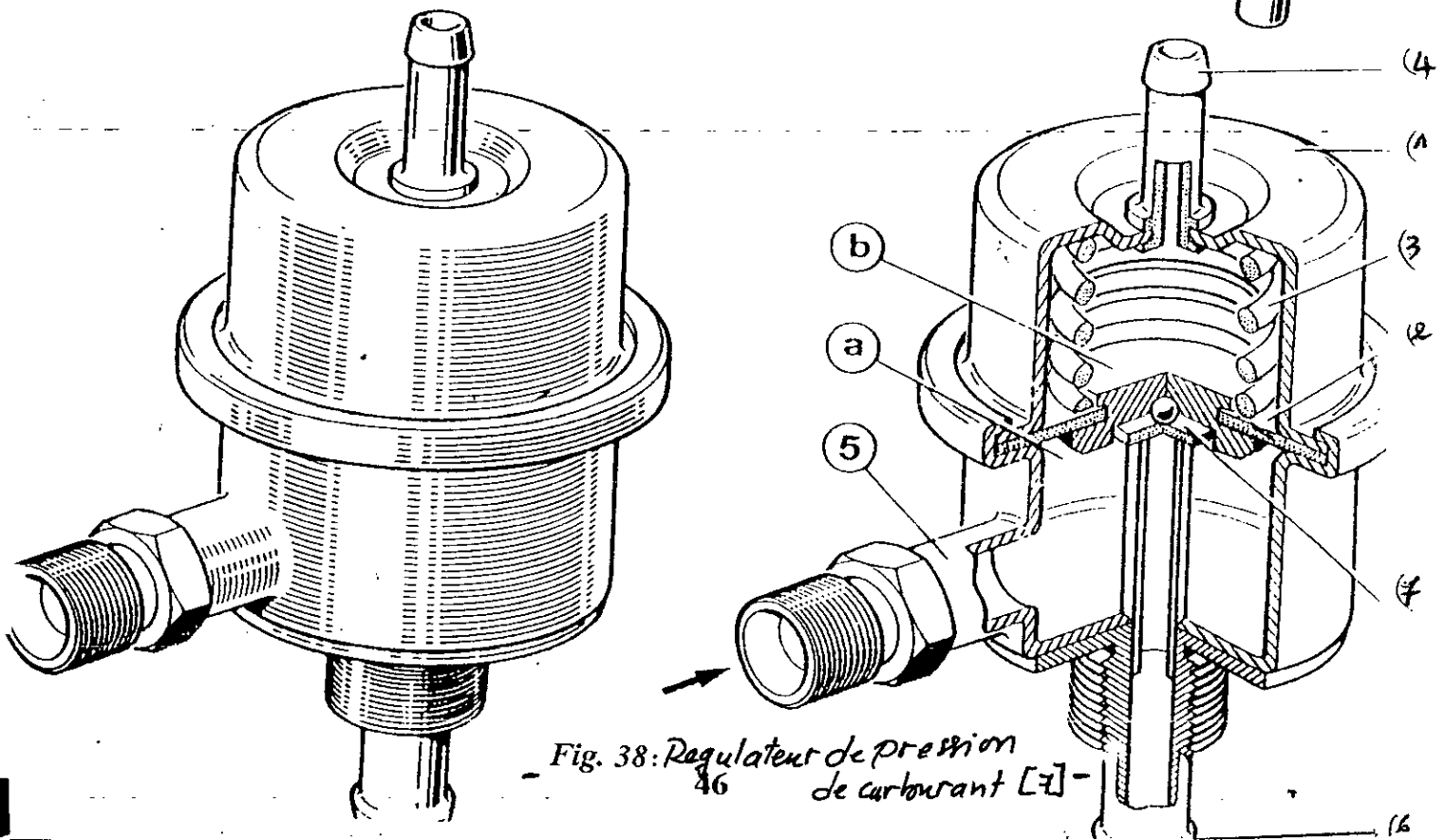
Principe de fonctionnement :

Lorsque la pression de la chambre (a) s'élève au-dessus de la valeur fixée par le tarage du ressort (3), la soupape (7) s'ouvre et le carburant retourne au réservoir.

La chambre (b) est reliée par un tuyau souple à la tubulure d'admission et module le tarage du ressort afin que la différence de pression entre la chambre (a) et la tubulure d'admission soit toujours constante. Dès lors, la chute de pression aux injecteurs est toujours la même quelque soit la charge du moteur.



- Fig. 37: Rampe de distribution [?] -



- Fig. 38: Regulateur de pression de carburant [?] -

IV-1-5- Injecteurs : (Fig. 39)

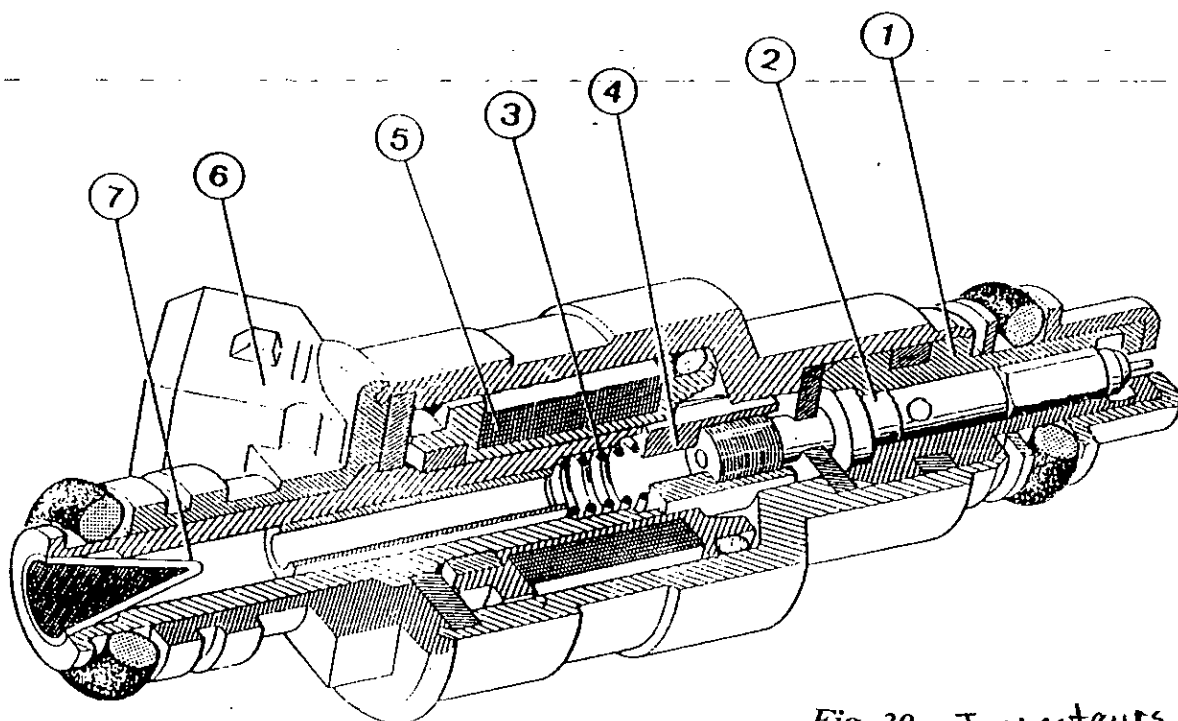
Les injecteurs à commande électro-magnétique se composent principalement :

- d'un corps d'injecteur (1)
- d'une aiguille d'injecteur (2)
- d'un ressort (3)
- d'un noyau magnétique (4)
- d'un enroulement magnétique (5)
- d'une connexion électrique (6)
- d'un filtre (7)

Principe de fonctionnement :

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 d'injection se soulève de son siège (course 0,1 mm). Le carburant sous pression est pulvérisé par une fente annulaire calibrée.

Chaque cylindre dispose d'un injecteur qui est placé dans la pipe d'admission et qui pulvérise l'essence en amont de la soupape d'admission on peut ainsi commander en groupe les injecteurs, ce qui permet de simplifier le système. On injecte deux fois par cycle moteur, soit une fois par tour moteur.



- Fig. 39 . Injecteurs. [7] -

IV-2- LE CIRCUIT D'AIR : (Fig. 40)**Description :**

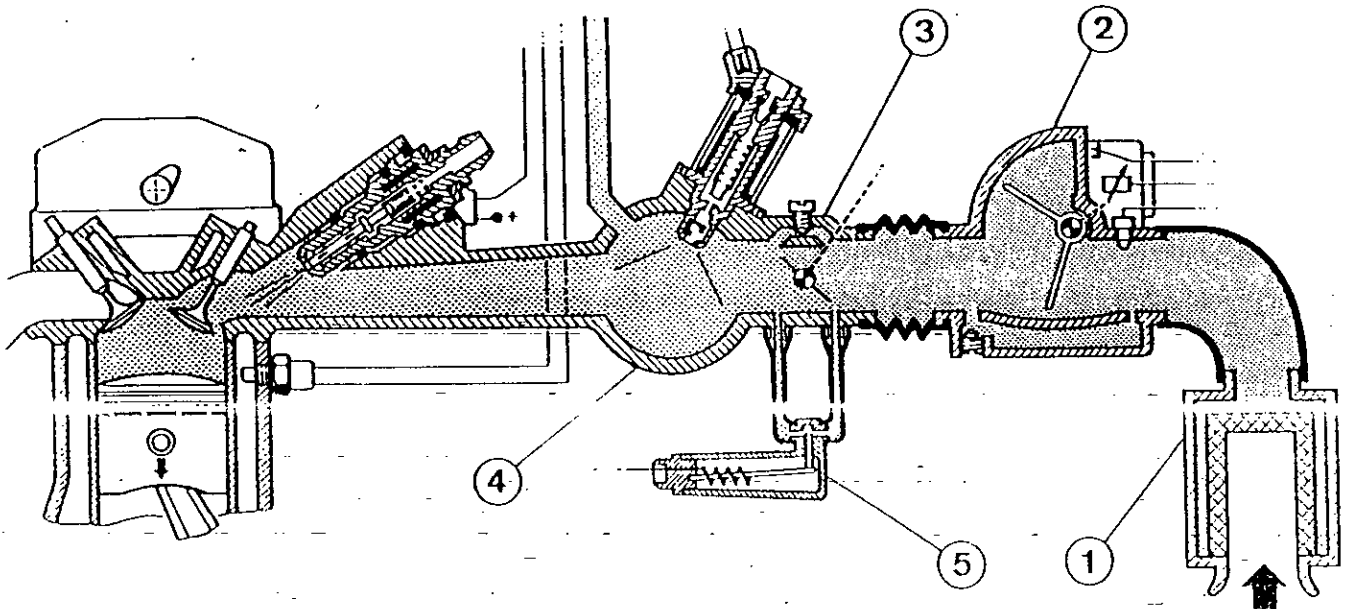
Le circuit d'air se compose :

- d'un filtre à air (1)
- d'un débitmètre (2)
- d'un boîtier papillon (3)
- d'un répartiteur d'air (4)
- d'un boîtier air additionnel (5)

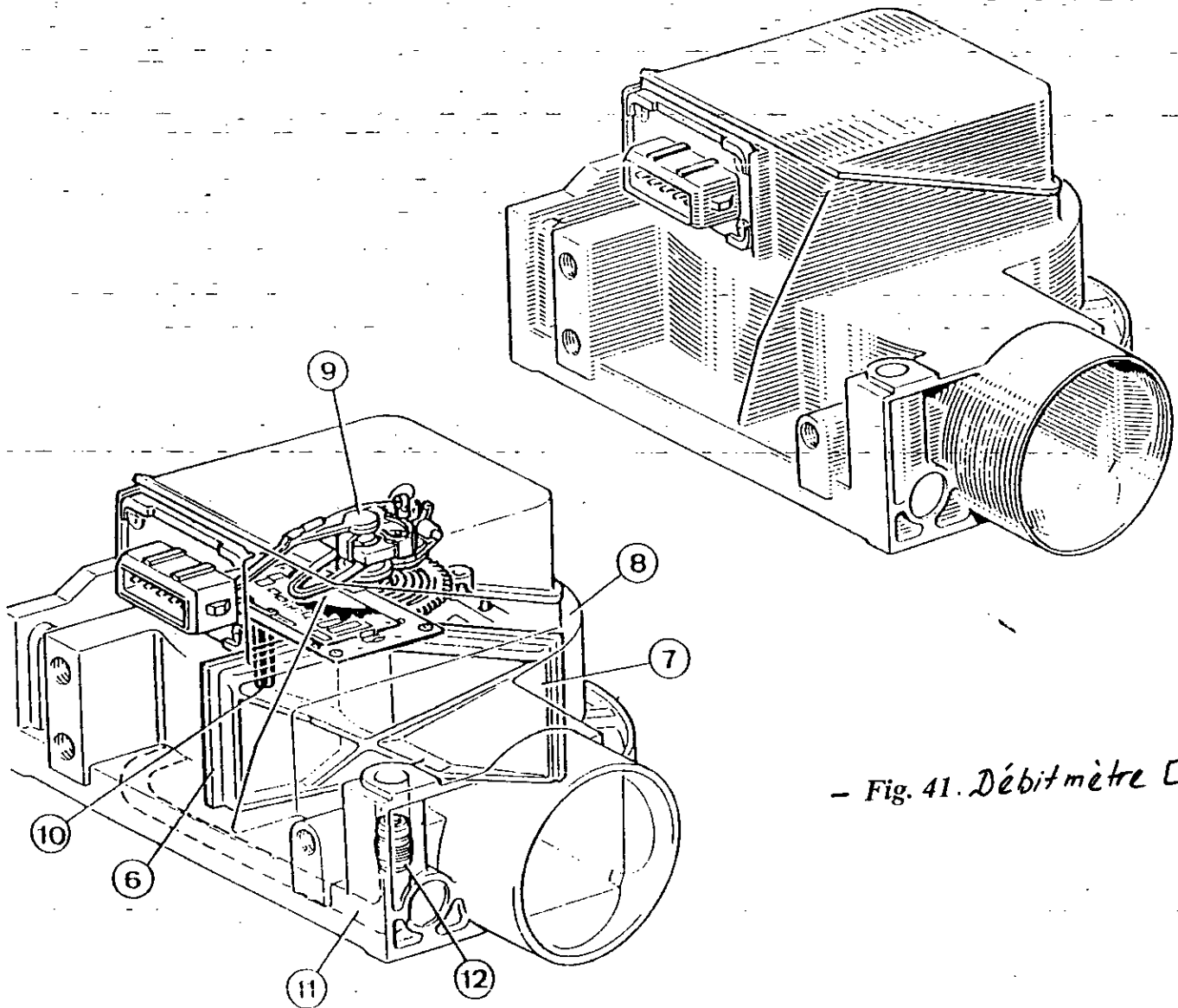
VI-2-1- Débitmètre : (Fig. 41)**Description :**

Il comprend :

- un volet sonde (6)
- un volet de compensation (7)
- une chambre d'amortissement (8)
- un potentiomètre (9)
- une sonde de température (10)
- un canal by-pass (11) et une vis de richesse (12)



- Fig. 40 Circuit D'air [7] -



- Fig. 41. Débitmètre [7] -

Principe de fonctionnement :

La quantité d'air aspiré par le moteur caractérise son état de charge. La mesure précise de ce paramètre est indispensable pour déterminer la quantité exacte de carburant à injecter.

Le volet sonde (1) prend une certaine position angulaire en fonction de la force exercée par l'écoulement de l'air aspiré par le moteur.

Dans la chambre d'amortissement (2), le volet de compensation (3) ayant la même surface active que le volet sonde, réduit les pulsations dues aux contre pressions éventuelles dans la tubulure d'admission.

Une sonde de température (4) est montée en parallèle dans le circuit électrique du débitmètre. Elle modifie le signal de sortie du débitmètre en fonction de la température de l'air d'admission. Ainsi le calculateur possède une information sur la densité de l'air d'admission.

Lorsque la température de l'air baisse, sa densité augmente et le calculateur accroît la quantité d'essence injectée pour rétablir le rapport air-essence prévu. Si la température d'air augmente, la densité diminue, le calculateur diminue le temps d'injection. Une admission d'air non comptabilisée par le volet sonde (1) est autorisée par le canal by-pass (5).

En faisant varier la section du canal (5), on modifie la richesse de mélange au ralenti.

Le potentiomètre (6) solidaire du volet sonde, transmet au boîtier électronique d'injection le signal de tension correspondant à l'angle de déplacement du volet (1).

Monté sous atmosphère sèche dans un boîtier étanche, le potentiomètre (6) est composé d'une plaque en céramique supportant une rampe de contact (7) et de plusieurs résistances dont les valeurs sont ajustées par faisceaux au laser.

Les résistances ont la particularité de ne pas varier avec les brusques changements de températures existant dans le compartiment moteur. Un curseur (8) solidaire du volet sonde établit le contact avec la rampe.

Afin que la tension batterie n'influe pas sur le signal délivré par le potentiomètre, c'est le rapport entre la tension de sortie et la tension batterie qui est pris en compte par le boîtier électronique d'injection. Le paramètre température d'air d'admission mesuré par la sonde de température (4) influence directement la tension de sortie.

IV-2-2- BOITIER PAPILLON : (Fig. 43)

Le boîtier papillon est composé :

- d'un corps de boîtier (1)
- d'un papillon (2)
- d'un canal by-pass de ralenti (3) et d'une vis de réglage (4)

L'air admis par le moteur est déterminé par l'ouverture du papillon des gaz (2).

Au ralenti, le papillon fermé, l'air nécessaire à la combustion transite par :

- les fuites papillon
- le canal by-pass (3)

IV-2-3- BOITIER CONTACTEUR DE PAPILLON : (Fig. 44)

Le boîtier contacteur de papillon, commandé par l'axe de papillon, comporte deux contacts :

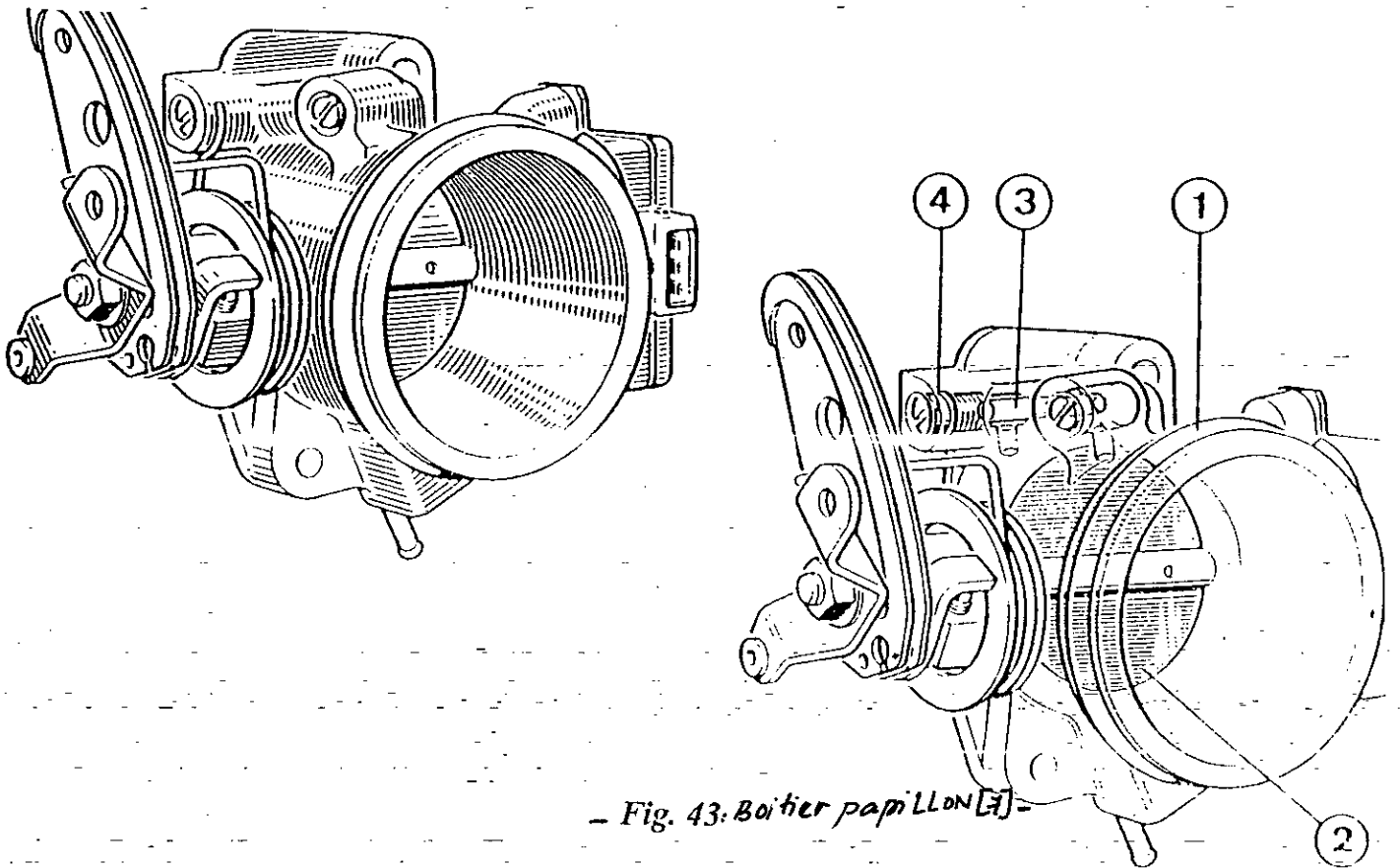
- contact de ralenti (5) : il informe le boîtier électronique d'injection de la position ralenti. Cette information est nécessaire pour la coupure d'injection en décélération.

En effet, celle-ci est réalisée par deux conditions suivantes :

- contact papillon en position ralenti
- régime moteur supérieur à 1300 tr/mn

Le carburant est de nouveau injecté dès que le régime atteint 1100 tr/mn.

- un contact de pleine charge (6) il informe le boîtier électronique d'injection sur la position du papillon des gaz, de manière à déclencher l'enrichissement de pleine charge.



- Fig. 43: Boitier papillon [7] -

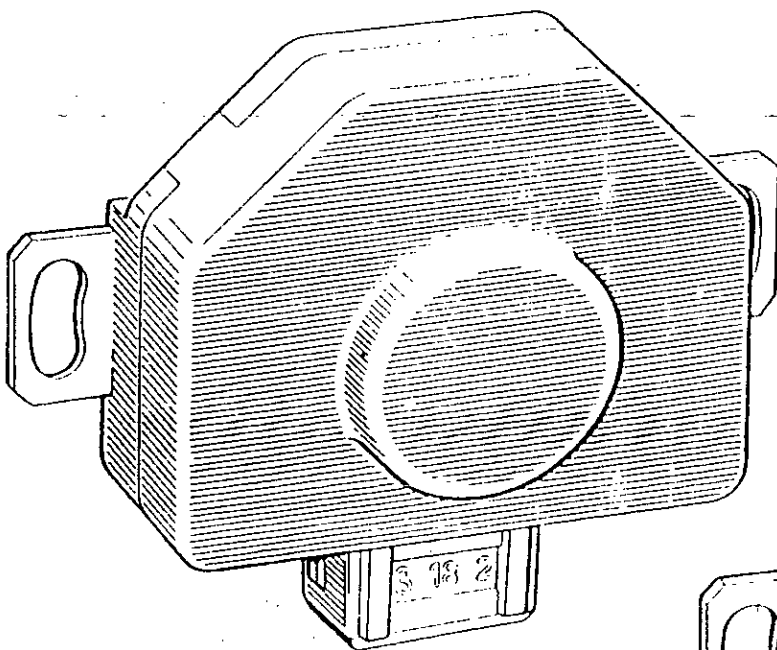
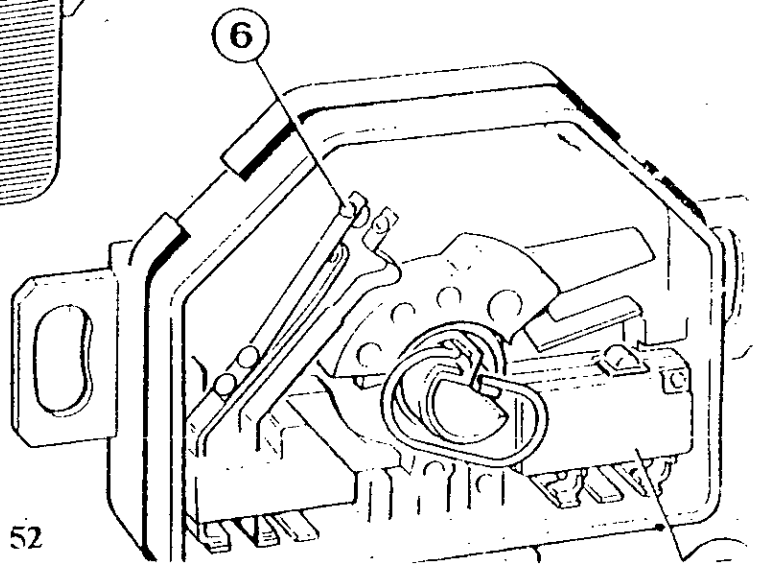


Fig. 44

- Boitier contacteur papillon [7] -



V- DISPOSITIF DE CORRECTION MOTEUR FROID :

A froid, le moteur a besoin d'être enrichi pour compenser la condensation du carburant sur les parois froides de la tubulure d'admission et de la chambre de combustion (rôle du boîtier de l'injecteur de départ à froid).

Parallèlement à cet enrichissement, il convient d'augmenter la quantité de mélange d'air-carburant pour compenser les importantes pertes par frottement sur les surfaces froides du moteur (rôle du boîtier d'air additionnel).

V-1- Boîtier d'air additionnel : (Fig. 45)

Monté en dérivation sur le papillon des gaz, le boîtier d'air additionnel (1) est traversé par le flux d'air comptabilisé par le débitmètre.

Un volet d'arrêt (2) (diaphragme) est articulé sur un axe (3). L'obturation de l'orifice (4) est obtenue par la rotation du volet d'arrêt. Ce dernier est commandé par un bilame à chauffage électrique (5). Lorsque le bilame est froid, le circuit est ouvert, l'air gagne les canalisations internes de la tubulure d'admission.

En se réchauffant le bilame ferme progressivement le passage d'air.

V-2- Thermocontact temporisé : (Fig. 46)

Le thermocontact temporisé (6) ferme et ouvre le circuit de l'injecteur de départ à froid en fonction de la température du moteur.

Au démarrage, la durée de mise en circuit de l'injecteur de départ à froid est limité par le chauffage d'un bilame électrique.

Le thermocontact temporisé dispose d'un enroulement de chauffage (R2) ou de deux enroulements (R1 et R2) pour un chauffage plus rapide. Lorsque la température de commutation est atteinte, le bilame s'écarte et ouvre le contact.

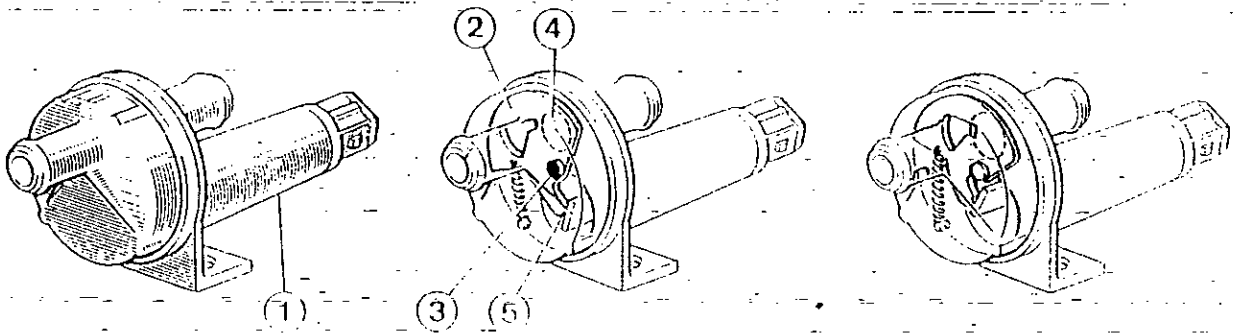
Simultanément, l'enroulement (R1) est mis hors circuit. L'enroulement de chauffage (R2) maintient le bilame à température tant que le démarreur est alimenté.

V-3- Injecteur de départ à froid : (Fig. 47)

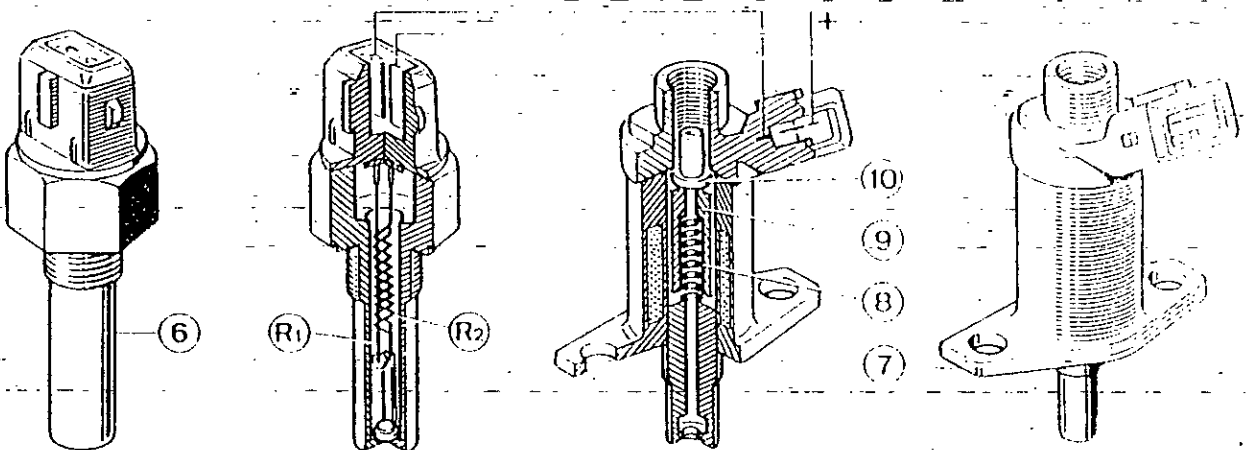
L'injecteur de départ à froid (7), monté sur canalisation d'air additionnel sous la tubulure d'admission, est commandé par le + démarreur lorsque le thermocontact temporisé a établi le circuit.

Un ressort hélicoïdal (8) comprime sur son siège le noyau mobile de l'électro-aimant (9) et son joint (10), le passage du carburant est fermé.

Le carburant s'écoule le long du noyau lorsque ce dernier est attiré. L'injecteur à effet giratoire imprime un mouvement de rotation au carburant qui s'échappe très finement pulvérisé.



- Fig. 45 : Boîtier d'air additionnel [7]-



- Fig. 46: thermo contact temporisé [7]-

- Fig. 47: Injecteur de départ à froid [7]-

V-4- Sonde de température moteur : (Fig. 48)

Pendant la phase de réchauffage du moteur, il est nécessaire de corriger le dosage du mélange air-carburant.

Une sonde de température moteur (1), située sur le boîtier thermostatique informe le boîtier électronique d'injection de la température de l'eau de refroidissement.

La résistance électrique de cette sonde CTN (coefficient de température négatif) diminue lorsque la température augmente. (Fig. 49)

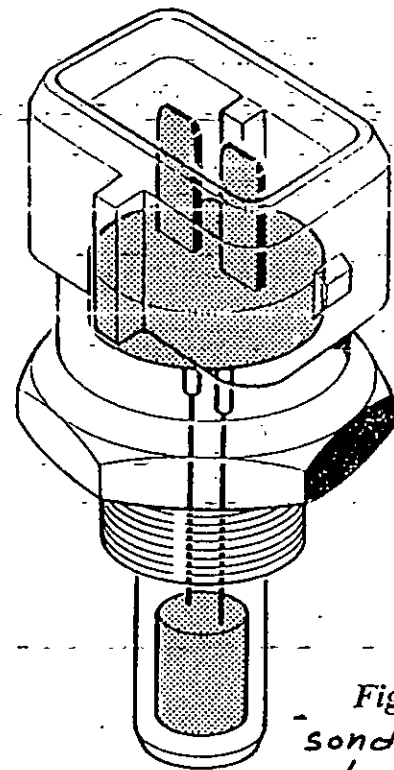


Fig. 48
sonde de
température
moteur [7]

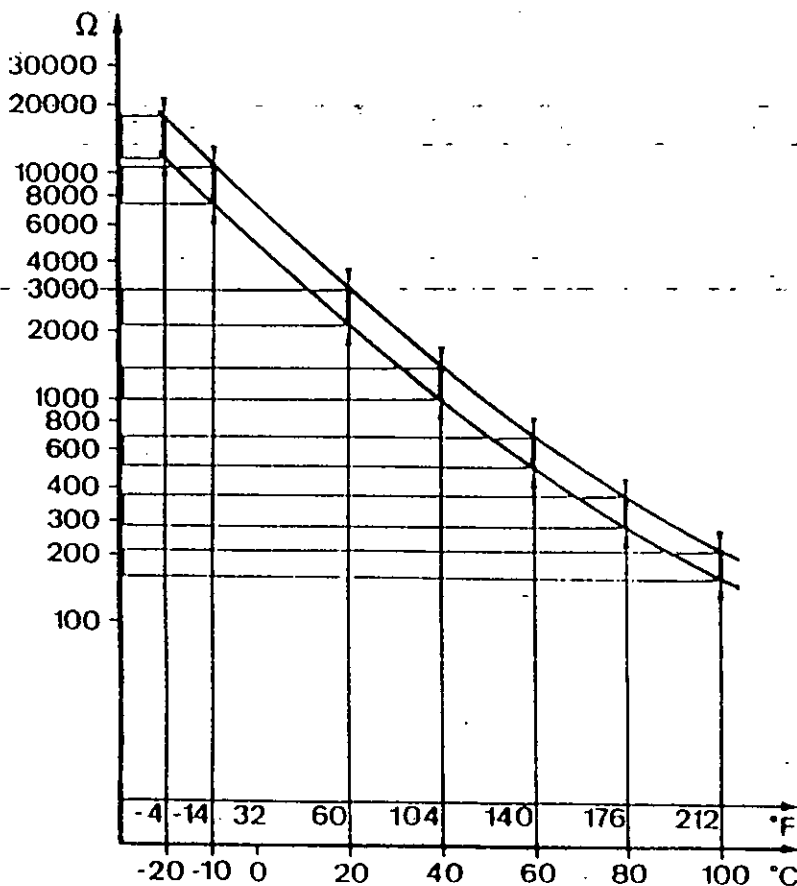


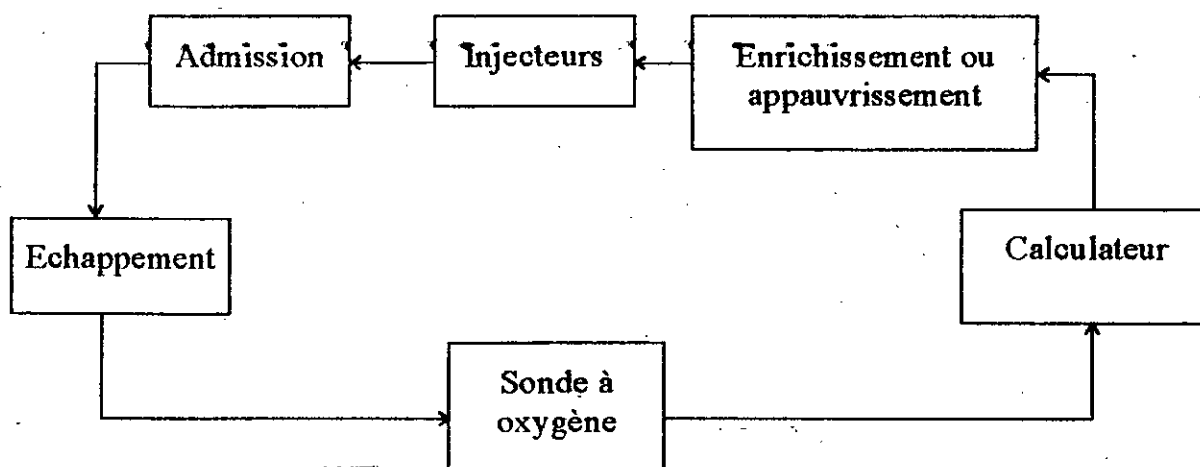
Fig. 49. Variation de la résistance en fonction de la température [2]

VI- SONDE LAMBDA: (Fig. 50-51).

Le principe de la régulation est basé sur la mesure permanente des gaz d'échappement par la sonde à oxygène (1), dite sonde lambda (λ). La sonde Lambda, suivant les résultats de la mesure (mélange riche - mélange pauvre), transmet au boîtier électronique d'injection une tension électrique. Cette tension, analysée par le boîtier électronique d'injection (2), permet de corriger le temps d'injection.

Cette régulation de richesse permet de maintenir constante la composition des gaz d'échappement.

Fig. 50

- Principe de régulation par sonde**à oxygène ou sonde Lambda [7]****Description :** (Fig. 52)

Le corps de la sonde en céramique est logé dans un boîtier assurant le montage et la protection.

La céramique est constituée essentiellement de dioxyde de zirconium, ses électrodes internes et externes poreuses sont recouvertes d'une mince couche de platine.

- dioxyde de zirconium (4)
- électrode extérieure platinée en contact avec les gaz d'échappement (5)
- électrode intérieure platinée en contact avec l'air ambiant (6)
- orifice d'entrée d'air (7)
- résistance chauffante permettant une montée rapide en température et une régulation efficace lors des démarrages et fonctionnement à froid (8)
- air (9)

– gaz d'échappement

Principe de fonctionnement :

Les caractéristiques propres de la sonde Lambda permettent la détection de teneur en oxygène des gaz d'échappement. La quantité d'oxygène dans les gaz d'échappement varie en fonction d'un mélange riche (manque oxygène) ou d'un mélange pauvre (excès oxygène).

La sonde possède la particularité de réagir à toutes les compositions du mélange carburé. La sensibilité maximum de la sonde se situe au niveau du rapport air-essence optimal, tel que le coefficient d'air $\lambda = 1$.

Le coefficient d'air Lambda est le rapport entre le volume d'air aspiré et le besoin théorique en air du moteur. Lorsque $\lambda = 1$, la combustion sera théoriquement complète. Le dosage sera alors de 14.7 grammes d'air pour 1 gramme d'essence.

Toute modification de la composition des gaz d'échappement se traduit par une variation de tension aux bornes de la sonde Lambda. (Fig. 53)

A- tension de la sonde λ .

B- coefficient λ .

C- zone de mélange riche ($\lambda < 1$).

D- zone de mélange pauvre ($\lambda > 1$).

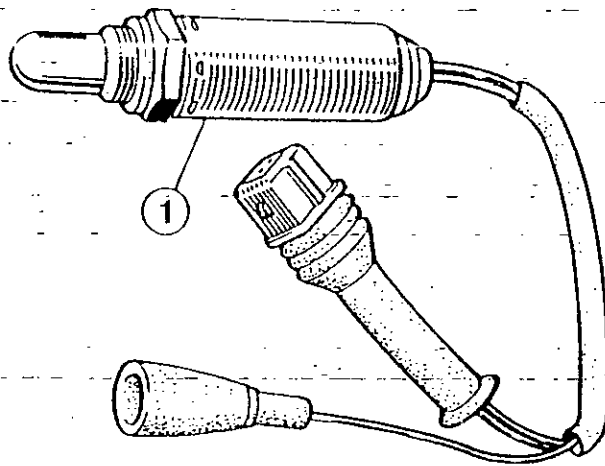
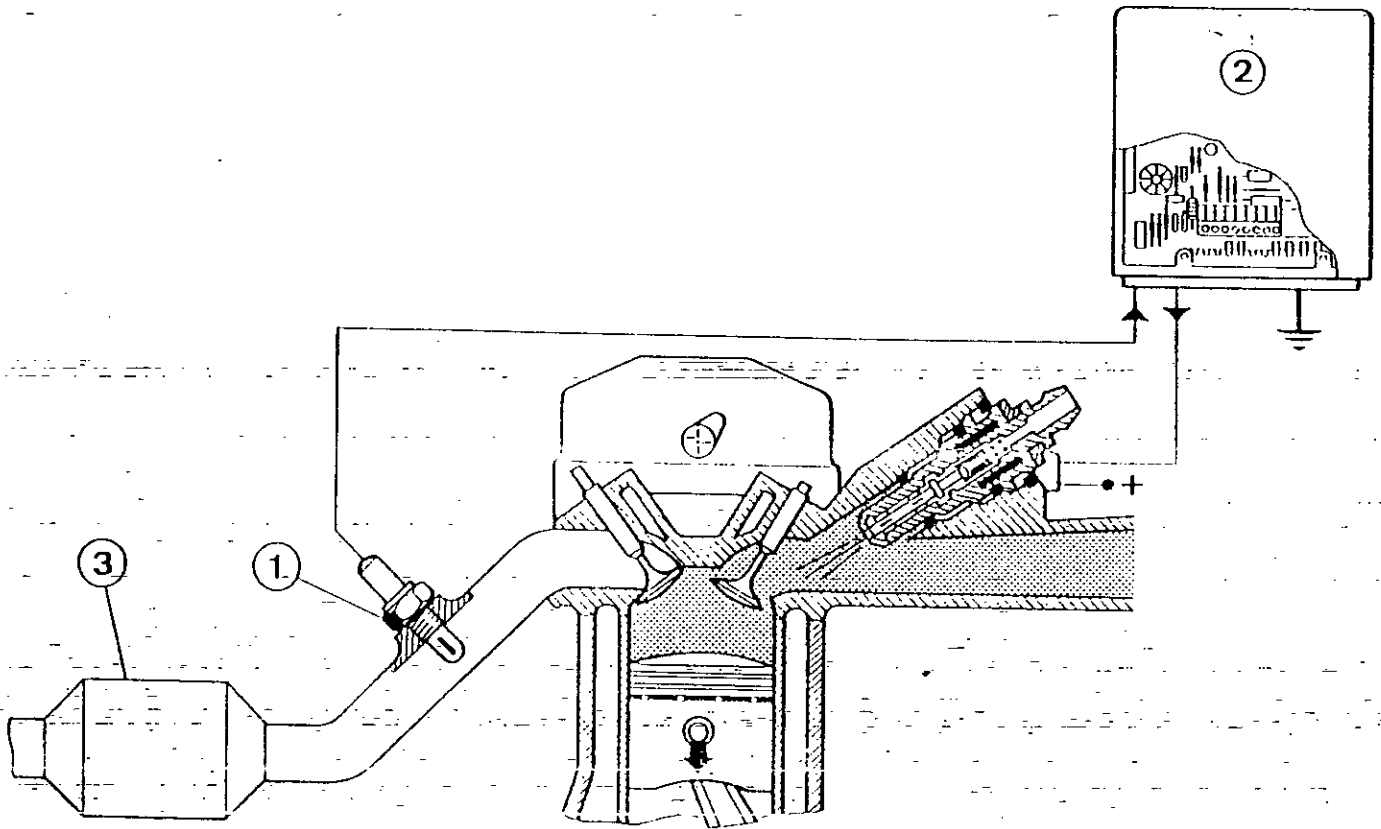


Fig. 51. Sonde lambda. [F]

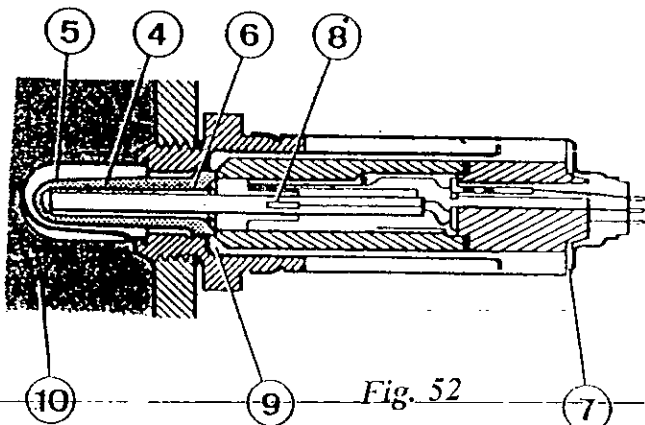


Fig. 52
- corps de la sonde λ . [F] -

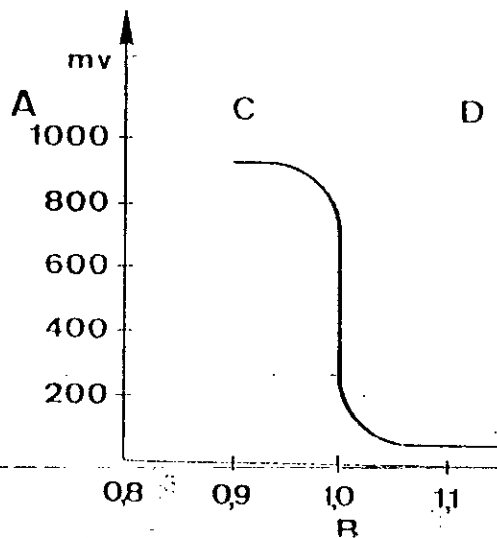
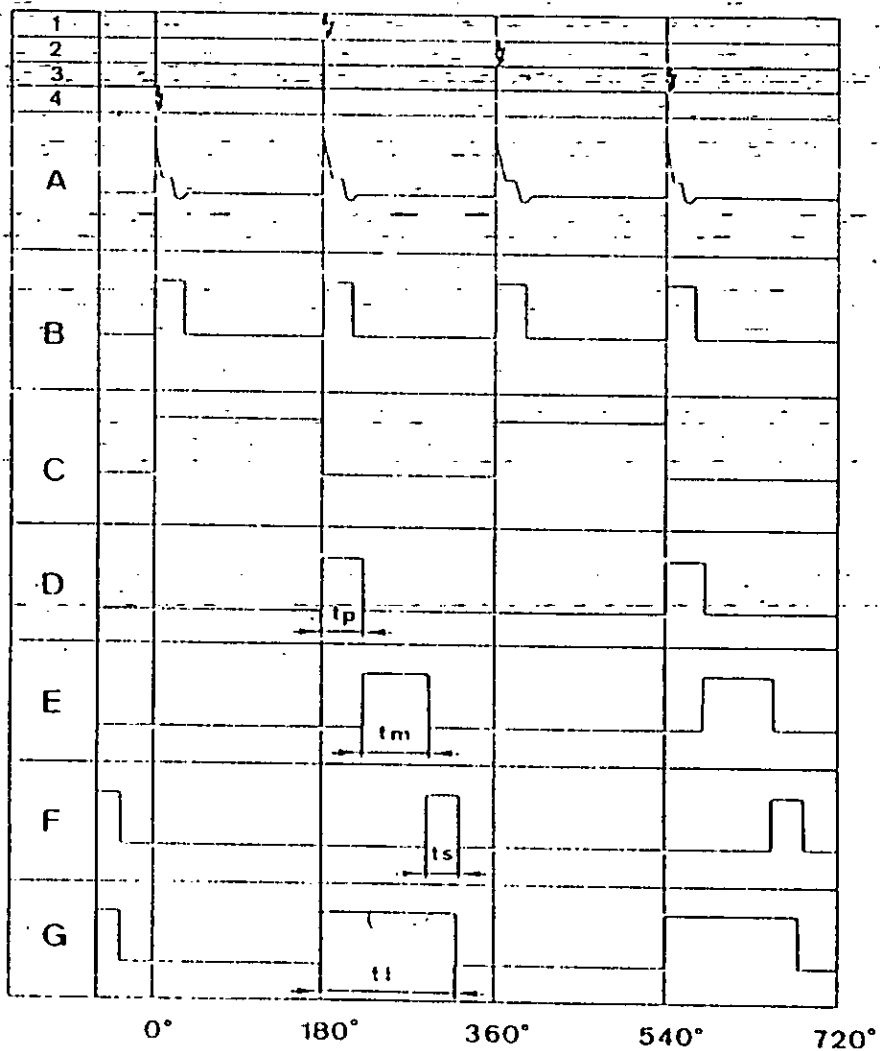


Fig. 53
12 - fonction de sortie en fonction du dosage. [F]

VII- BOÎTIER ELECTRONIQUE D'INJECTION :

Le boîtier électronique d'injection exploite les informations fournies par les différentes sondes. En fonction de ces données, il détermine le temps d'injection et commande l'ouverture des injecteurs.

VIII- DIAGRAMME D'IMPULSION :



- Fig. 54. Diagramme d'impulsion. [7] -

Les chronogrammes ci dessous montrent comment ce fait le traitement des signaux à l'intérieur du boîtier.

A- le moment d'injection est assuré par le déclenchement de l'allumage. Ce signal est généralement obtenue à partir de la borne (-) de la bobine d'allumage.

B- dans un circuit de mise en forme du boîtier, les impulsions sont transformées en signaux rectangulaires pour qu'elles puissent être traitées mécaniquement.

C- pour assurer deux injections par cycle moteur, un simple diviseur de fréquence réalisé à partir d'un compteur qui divise la fréquence en deux.

D- la formation du temps de base d'injection est effectuée dans le boîtier, il exploite les informations régime et le signal dépression à partir du compte-tours et du débitmètre pour en déduire un temps de base T_p .

E- Une première correction concernant les états de fonctionnement du moteur (température du moteur, pleine charge, sonde à oxygène) donne lieu à un temps de correction T_m .

F- une deuxième correction intègre un paramètre à évolution très lente qui est la batterie. Une batterie d'automobile délivre une tension nominale de 12 volts. Selon les conditions de fonctionnement cette tension peut varier et influe sur le temps d'ouverture mécanique des injecteurs.

Ce temps augmente lorsque la tension batterie diminue pour compenser le temps d'ouverture, le temps d'injection réellement appliqué aux injecteurs est corrigé en fonction de la tension batterie en introduisant un temps de correction T_s .

G- le temps d'injection résultant est la somme de $T_p + T_m + T_s$.

Le boîtier électronique ferme le contact du relais pendant le temps T_i .

Par ailleurs le boîtier peut assurer la coupure de l'injection en décélération (CUT-OFF). C'est à dire couper l'arrivée du carburant dans le moteur chaque fois que l'on relâche la pédale d'accélération en phase de ralenti. Pour fonctionner, le module électronique de commande doit recevoir deux informations celle du nombre de tours/min du moteur venant du compteur régime, et celle de l'accélérateur en position de repos venant du contacteur du papillon.

Chaque fois que le moteur fonctionne en dessus d'une certaine vitesse supérieur à la vitesse du ralenti avec le papillon d'accélérateur fermé, c'est à dire en phase de décélération, le boîtier électronique coupe l'alimentation des injecteurs et ne peuvent plus débiter de l'essence, mais dès que le moteur atteint le régime du ralenti environ 900tr/min, l'alimentation des injecteurs sera rétablie et le moteur pourra continuer à tourner au ralenti sans caler.

Ceci entraîne une économie de carburant et une réduction des gaz imbrûlés émis par l'échappement du moteur pendant chaque décélération.

IX- AVANTAGES DE L'INJECTION ELECTRONIQUE :

L'utilisation de l'injection électronique par rapport au carburateur classique, nous permet de tirer les avantages suivants :

– Economie de carburant, notamment par rapport aux moteurs à carburateur et à allumage par bobine, mais aussi par rapport aux moteurs à injection d'essence.

– Economie de carburant grâce à un enrichissement parfaitement dosé du mélange pendant la phase de réchauffage, avec correction de l'angle d'avance.

– Economie de carburant grâce à un enrichissement parfaitement dosé en fonction du régime à pleine charge.

– Réduction de la consommation par coupure de l'alimentation en carburant en régime de poussée grâce à la coupure d'injection en décélération.

– Minimisation de la consommation tout en respectant les valeurs limites légales en matière de gaz d'échappement grâce à la correction de l'angle d'avance à tous les états de marche.

– Comportement sûr au départ et au démarrage à froid grâce à un angle d'avance favorisant le démarrage et au dosage précis de la quantité de carburant.

– Stabilisation au ralenti.

– Conduite agréable grâce à l'adaptation dynamique de la quantité de carburant et de l'angle d'avance.

– Gaz d'échappement peu polluants grâce à une adaptation appropriée de la quantité de carburant et du point d'allumage en fonction des états de charge.

– Amélioration des gaz d'échappement également possible par régulation Lambda.

– Absence d'entretien; aucune modification des caractéristiques d'allumage n'apparaît pendant la durée de service du moteur.

– Montage facile de systèmes supplémentaires pour piloter d'autres fonctions du moteur, par exemple : régulation de la vitesse de ralenti, coupure de l'alimentation des cylindres en décélération.

Le seul inconvénient de l'injection électronique est le coût élevé du dispositif électronique.

Chapitre V

SCHEMA BLOC DE L'INJECTION ELECTRONIQUE

I- INTRODUCTION :

Après avoir étudié l'automatisme de l'injection électronique et comment ce fait le dialogue entre le calculateur et les différents capteurs et accessoires, on peut imaginer le schéma bloc de cette boîte noire que chaque constructeur essaye de préserver sa propre conception contre la copie ou le piratage.

Le schéma que nous avons essayé de concevoir est à base d'un système microprogrammé donc autour d'un microprocesseur.

Pour établir le schéma il faut divisé le travail en deux étapes :

- la première étape concernant les essais sur le moteur concerné dans un banc d'essais.

- la deuxième étape concernant la conception proprement dite du schéma, après l'obtention des résultats de l'expérience.

II- PREMIERE ETAPE : (Fig. 55)

Il faut signaler qu'avant de faire la conception de schéma pour un type de moteur bien précis et des capteurs qui possèdent des caractéristiques bien déterminées, il faudra tout d'abord disposer des résultats des expériences faites sur le banc d'essai qui consistent à relever le nuage ou la loi de variation du temps d'ouverture des injecteurs en fonction de :

- la vitesse de rotation du vilebrequin.
- la pression dans la tubulure d'admission.
- la température du moteur.
- la richesse du mélange (signal détecté par la sonde Lambda).
- la variation de la tension de batterie.

Donc une fois ces données expérimentales acquises, on les mémorise dans une EPROM ou plus selon le nombre de points adoptés.

Pour chaque grandeur physique, on mémorise tous les points qui balayent toute la plage de variation de cette grandeur, bien sûr après codage, puis on fait correspondre à chaque point le temps d'ouverture approprié qui est lui-même codé et stocké dans la mémoire (figure ci dessous).

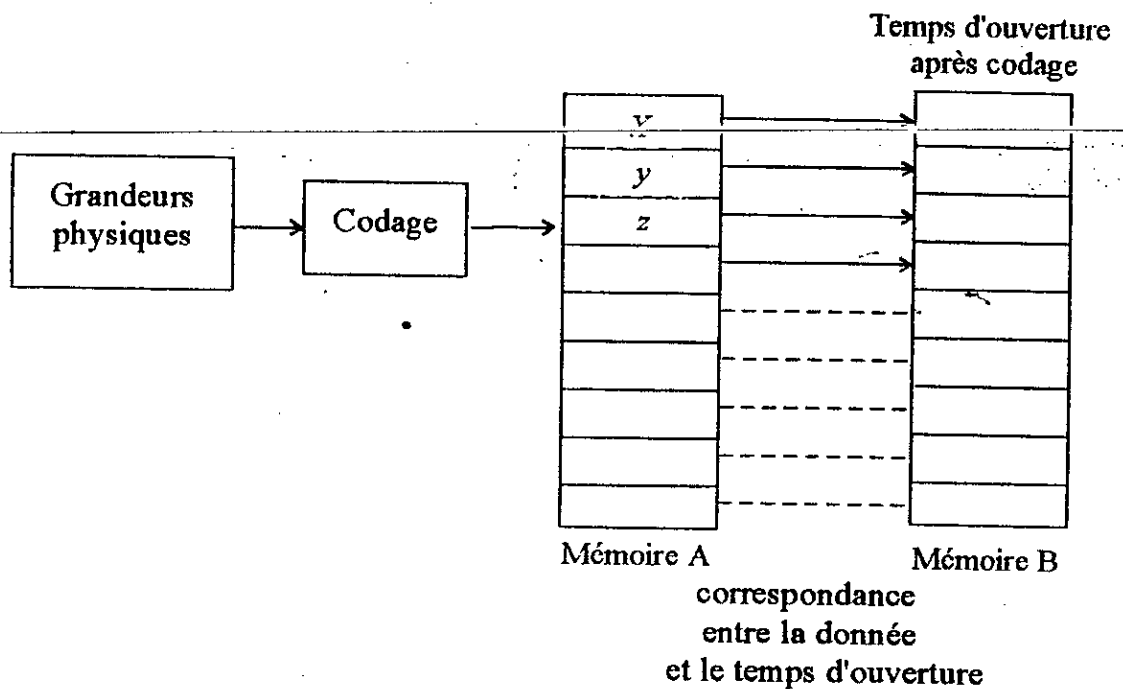


Fig. 55

II- DEUXIEME ETAPE (CONCEPTION DU SIEMA) :

La première opération qu'il faut faire c'est l'étalonnage des capteurs, c'est à dire convertir toutes les grandeurs en une tension qui lui est proportionnelle.

- le capteur de pression donne une tension proportionnelle à la dépression régnant dans la tubulure d'admission.

Pour l'étalonnage on lui applique soit une amplification soit une atténuation pour l'adapter aux circuits digitales.

- le capteur de vitesse donne une fréquence proportionnelle à la vitesse du moteur à partir du volant moteur.

Pour l'adapter, il faut convertir la fréquence en une tension par un circuit convertisseur f/T .

- pour les sondes de température et la sonde Lambda, il faut utiliser soit un amplificateur ou un atténuateur suivant le niveau de tension généré par les capteurs

- pour la batterie, c'est une atténuation qu'il faut appliquer pour l'adaptation.

Après l'étalonnage de tous les capteurs on a besoin d'un système numérique minimum :

- un micro processeur.

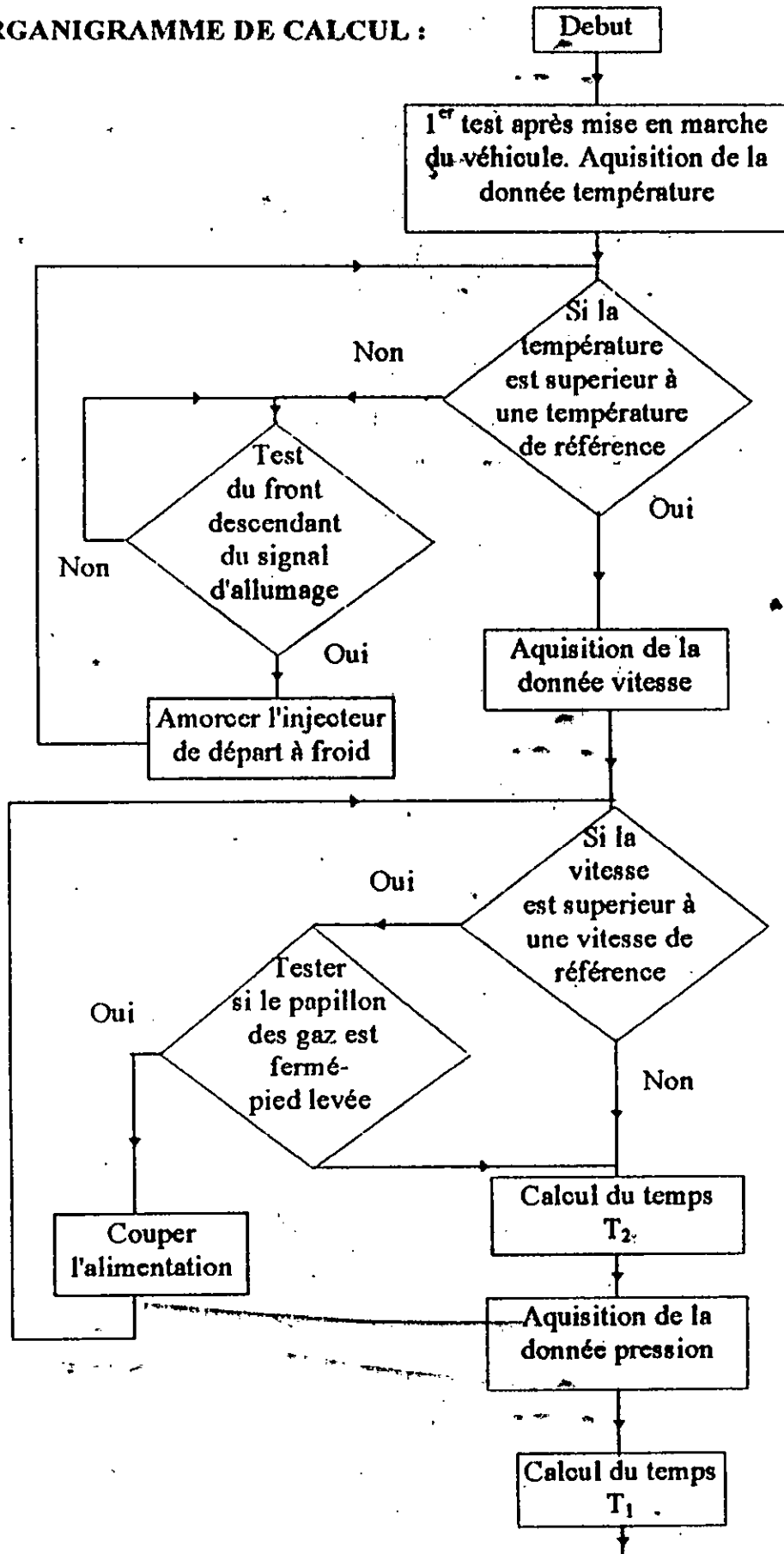
- une RAM.
- une EPROM.
- un interface parallèle PIA ou plus.
- un convertisseur analogique numérique.
- un multiplieur qui fait entré à chaque demande du micro processeur la donner nécessaire.
- l'injection est commandée par le front descendant du signal d'allumage.

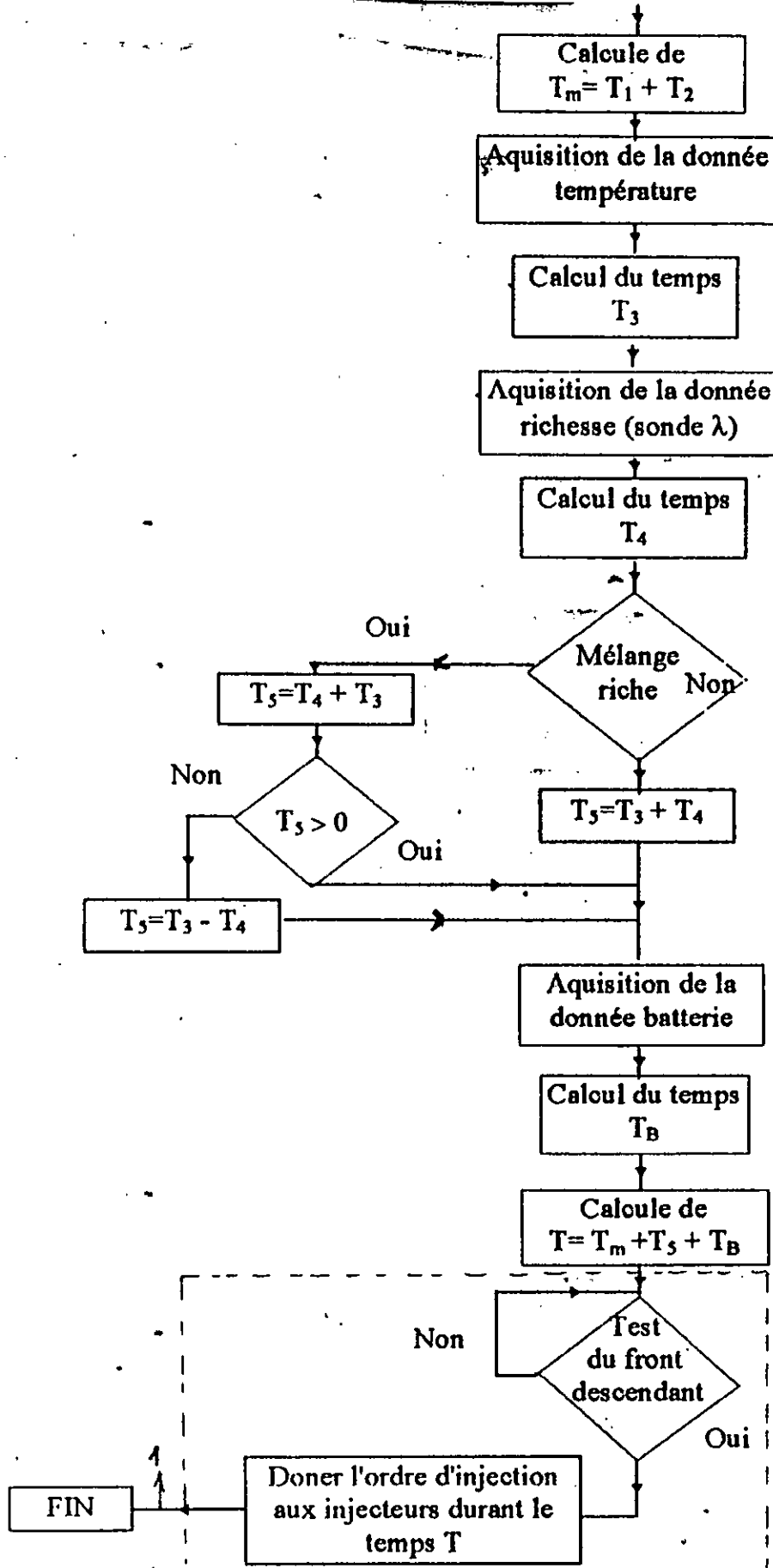
Ce signal en provenance de la borne (-) de la bobine d'allumage est corrigé par un simple comparateur, puis sa fréquence est divisée par deux à partir d'une bascule JR.

Le signal qui commande les injecteurs subit une amplification en puissance avant d'attaquer les relais des injecteurs.

La même chose pour le signal d'après commande l'injecteur de départ à froid.

ORGANIGRAMME DE CALCUL :





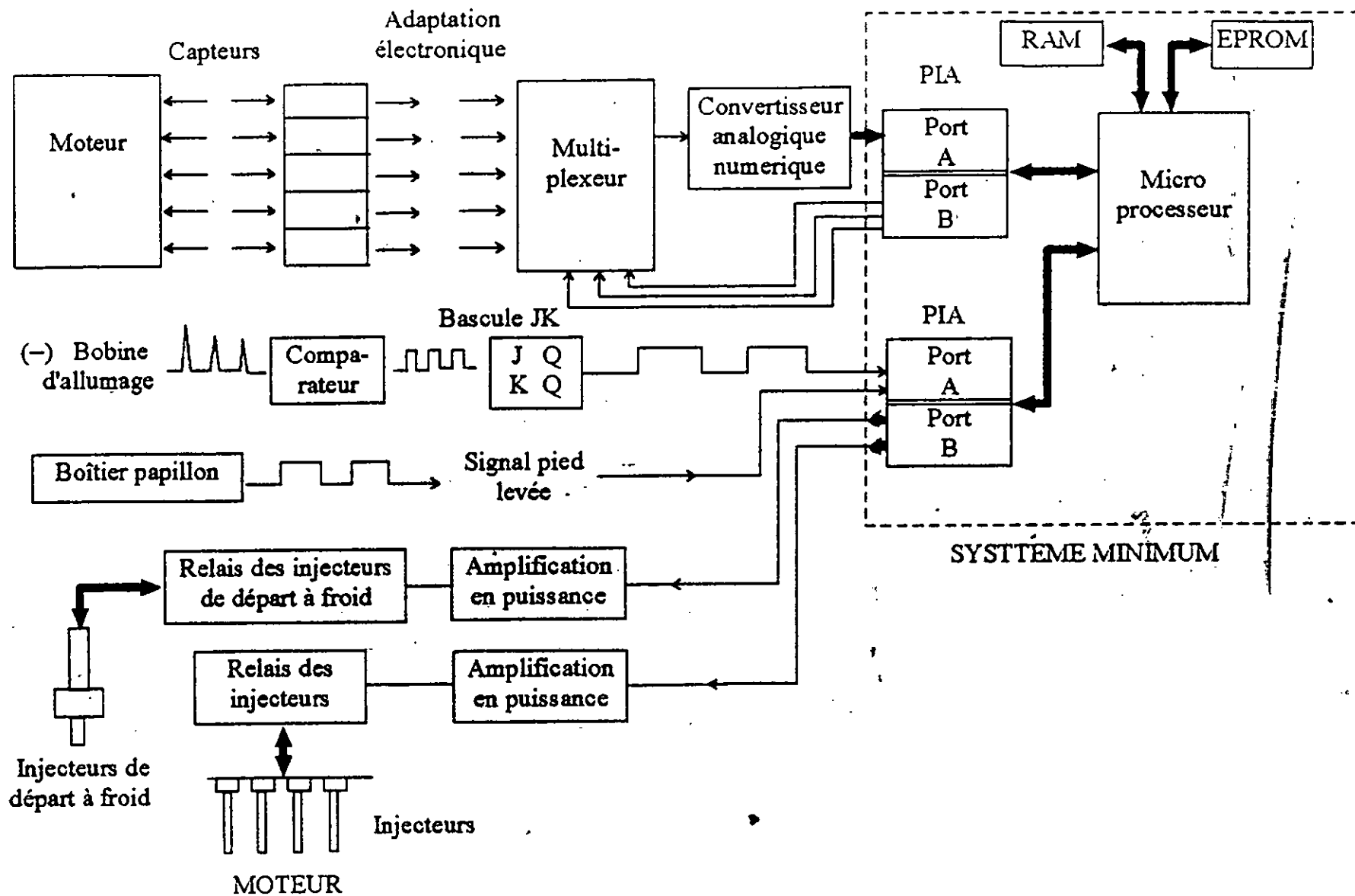


Fig. 56 *Traitement électronique dans la boîte d'injection*

Chapitre VI

CONCLUSION

CONCLUSION :

L'amélioration des performances sous faible consommation en carburant associée à une conduite agréable et plus sûre étaient et restent le premier souci des constructeurs de moteurs automobiles.

On peut maintenant dire que seule l'injection à commande électronique peut offrir ces exigences tout en respectant les normes antipollution et ce malgré le coût un peu élevé par rapport à la carburation classique.

Ce travail initié pour la première fois dans le cadre des PFE de la filière électronique est susceptible d'approfondissement par les promotions qui suivront. La mécatronique ne cesse de progresser depuis les vingt dernières années.

Malgré le nombre élevé des constructeurs automobiles dans le monde, il n'y a que quatre ou cinq firmes dans le monde qui font la conception de la boîte à injection électronique, ce qui donne une idée sur la complexité du dispositif et des mesures utilisées pour protéger le marché et les brevets correspondants.

Chapitre VII

ANNEXE

- Rappel des notions de principe de la Mécanique automobile :

1- Couple moteur:

le couple instantané est défini comme étant la somme d'un couple actif C_1 engendré par la pression des gaz et d'un couple d'inertie C_2 engendré par des forces d'inertie (bielle, piston).

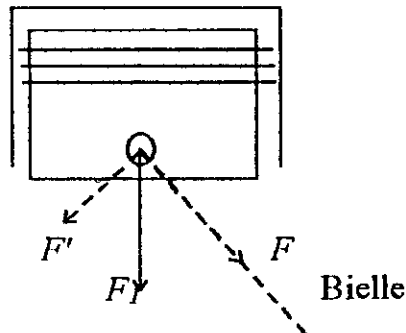


Fig. 57

Leurs expressions sont données sous la forme :

$$C_1 = F_1 R \sin \alpha \left(1 + \frac{R}{L} \cos \alpha \right)$$

$$C_2 = m \omega^2 R^2 L \sin \alpha \left(\cos \alpha + \frac{R}{L} \omega^2 \alpha \right) \left(1 + \frac{R}{L} \cos \alpha \right)$$

avec : R : bras de la manivelle.

L : longueur de la bielle.

$$\text{Couple} = C_1 + C_2$$

2- Rapport volumétrique:

Si V est le volume balayé par le piston et v le volume compris au dessus du piston, ce dernier étant au PMH, le rapport volumétrique ρ est par définition :

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$

il a une influence sur deux éléments :

a- la pression : plus le rapport volumétrique sera élevé, plus le volume de gaz aspiré sera comprimé. La pression et aussi la puissance sont liées à la valeur du rapport volumétrique.

b- la combustion : un rapport volumétrique élevé augmente la vitesse de combustion ce qui est favorable à une pression maximale élevée. Il est limité par les phénomènes de combustion détonante. et oblige à l'utilisation de carburant super (dès que ρ dépasse 8).

3- Combustion normale ou déflagrante :

Le front de flamme avance progressivement par nappes successives.

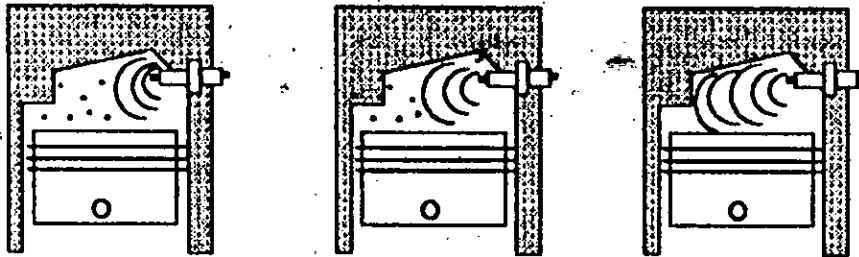


Fig. 58

4- Combustion détonante :

La combustion débute normalement, mais par suite de l'élévation de pression et de température, une autre portion de mélange s'enflamme spontanément.

Les rencontres de deux fronts de flammes engendrent le cliquetis qui se traduit par une brutale surchauffe pouvant aller jusqu'à la fusion des éléments du moteur (électrode de bougie, tête du piston).

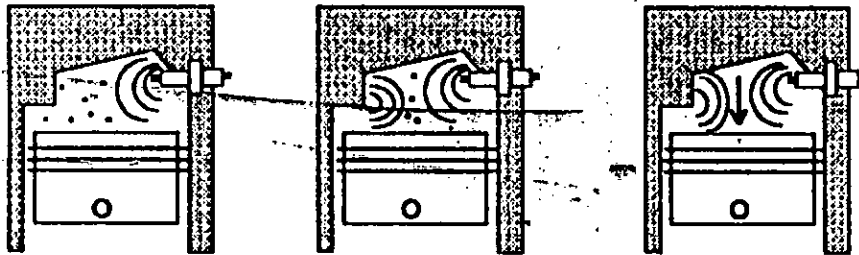


Fig. 59

5- Forme du signal haute tension :

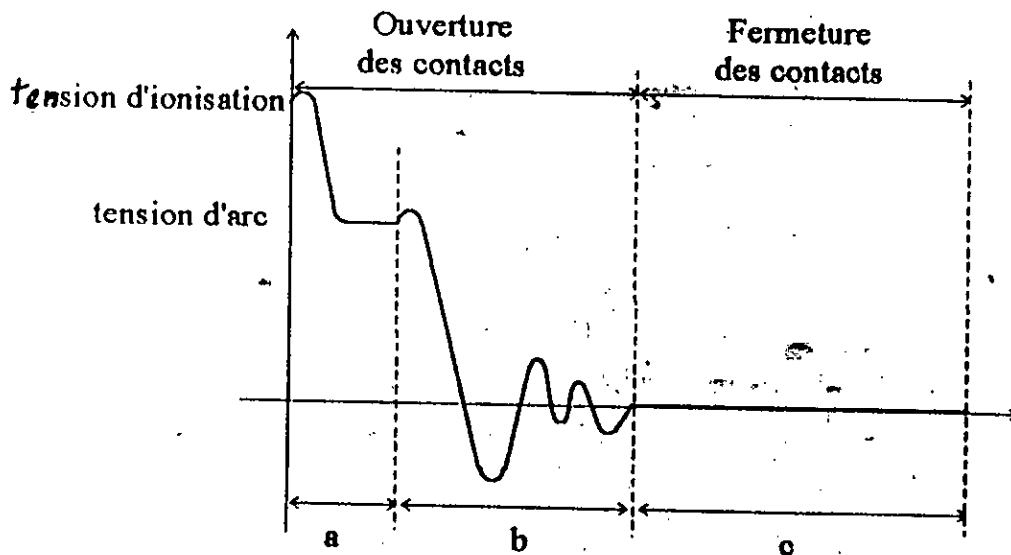


Fig. 60

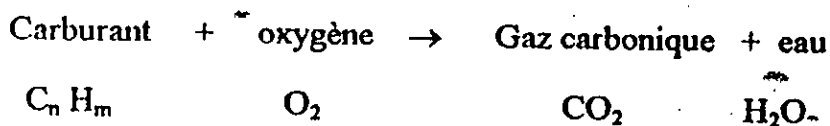
a- La phase de l'étincelle au moment de l'ouverture des contacts, comportant une tension fugitive très élevée d'ionisation, suivie de la tension d'arc (étincelle).

b- La phase d'oscillation (après extinction de l'étincelle) engendrée par l'oscillation du primaire.

c- La phase de tension nulle après fermeture des contacts.

6- Gaz d'échappement:

Si la combustion du mélange air-carburant était parfaite et complète, il n'y aurait pas de pollution :



malheureusement à l'intérieur du moteur, la combustion n'est jamais parfaite.

La combustion du carburant ($\text{C}_n \text{H}_m$) se fait avec de l'air, composé essentiellement de 78% d'azote (N) et de 20% d'oxygène, il en résulte différents produits de la combustion de ces éléments:

On trouve entre autres :

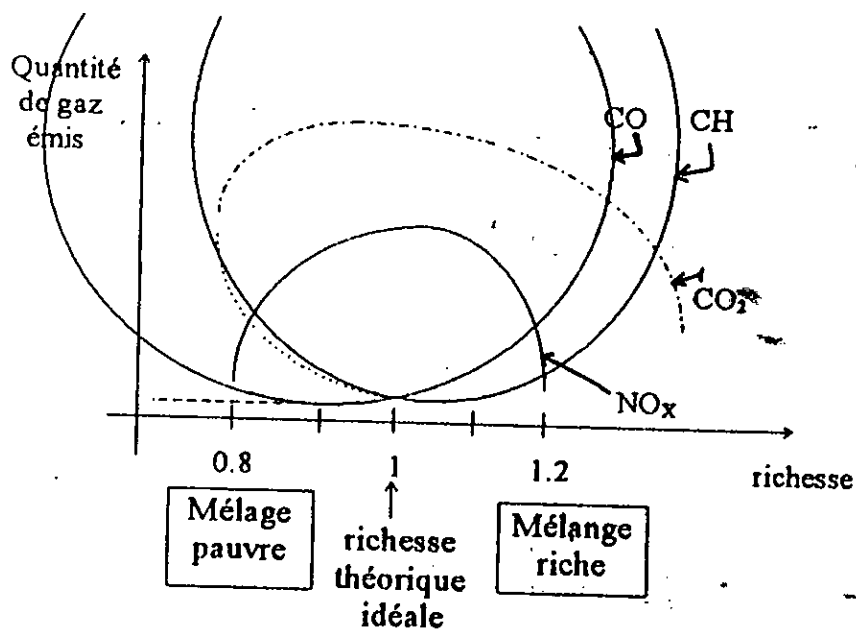
- du gaz carbonique CO_2
- de l'eau H_2O
- du monoxyde de carbone CO très nocif
- des hydrocarbures imbrûlés CH

- des oxydes d'Azote NOX

L'expériences montre que :

- un mélange pauvre donne une combustion lente avec une température élevée.
- un mélange riche donne une combustion rapide.

Dans les deux cas, il y a pollution. C'est pour cette raison que lorsque on fait la régulation par la sonde Lambda on essaye toujours de ce rapprocher du rapport théorique.



- Fig. 61: Quantité de gaz émis en fonction de la richesse [8] -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J - Chagette
" Technique automobile " Tome 1
Edition DUNOD 1973
- [2] Marcel Menardon
" Le moteur à explosion "
Edition CHOTARD et associés 1981
- [3] Frederick C.Nash
" Introduction à la mécanique Automobile "
Edition McGRAW-HILL . 1975
- [4] Leroy- Delage
" Pratique de la mécanique Automobile " 1972 .
- [5] M- Desbois
" Le moteur : mise en point, contrôle, essais et mesures "
Edition FOUCHER 1981
- [6] Ingénieurs et techniques
" L'électronique de l'Automobile "
Article 298, Octobre 1975
- [7]
" Injection à commande électronique - L-JETRONIQUE et évolutions "
Documentation technique PEUGEOT AUTOMOBILE . 1988 .
- [8]
" Moteur à essence à 4 temps "
Document réaliser par le centre de formation après vente, MAISON RENAULT . 1984 .
- [9]
" Manuel de réparation : Injection multipoints (essence) "
Document réaliser par le centre de formation après vente, MAISON RENAULT 1989 .
- [10]
" MOTRONIC BOSCH "
Documentation technique PEUGEOT AUTOMOBILE . 1989 .
- [11]
" BOSH : Système combiné d'allumage et d'injection d'essence MOTRONIC "
Journal technique PEUGEOT AUTOMOBILE . 1992 .