

Chapitre 5. Alimentation et carburation des moteurs à essence

5.1- Définition

La carburation est l'ensemble des opérations permettant la préparation du mélange intime (air/Essence) qui sera admis dans le cylindre, assurant ainsi l'alimentation du moteur à explosion.

Le mélange carburé est obtenu :

- Soit dans un appareil complexe appelé carburateur du type à giclage (figure 1), utilisant la depression produite dans le moteur pendant la phase d'admission.

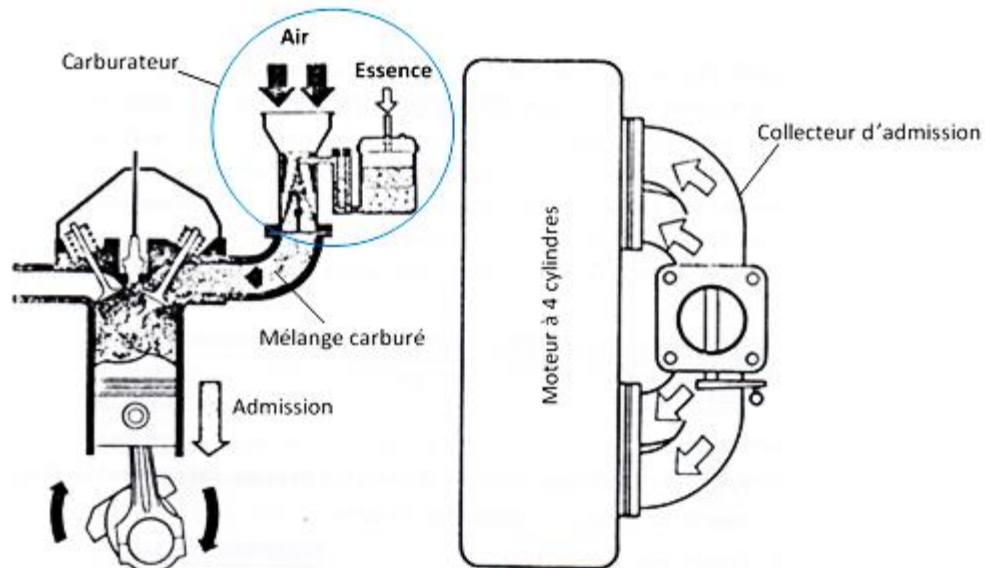


Figure 1. Alimentation par carburateur

- Soit par injection de l'essence préalablement pulvérisée, directement dans le cylindre (injection directe, figure 2a) ou dans la tuyauterie d'admission (injection indirecte, figure 2b) l'aspiration de l'air frais. L'injection est effectuée au moyen d'un injecteur et d'une pompe mécanique.

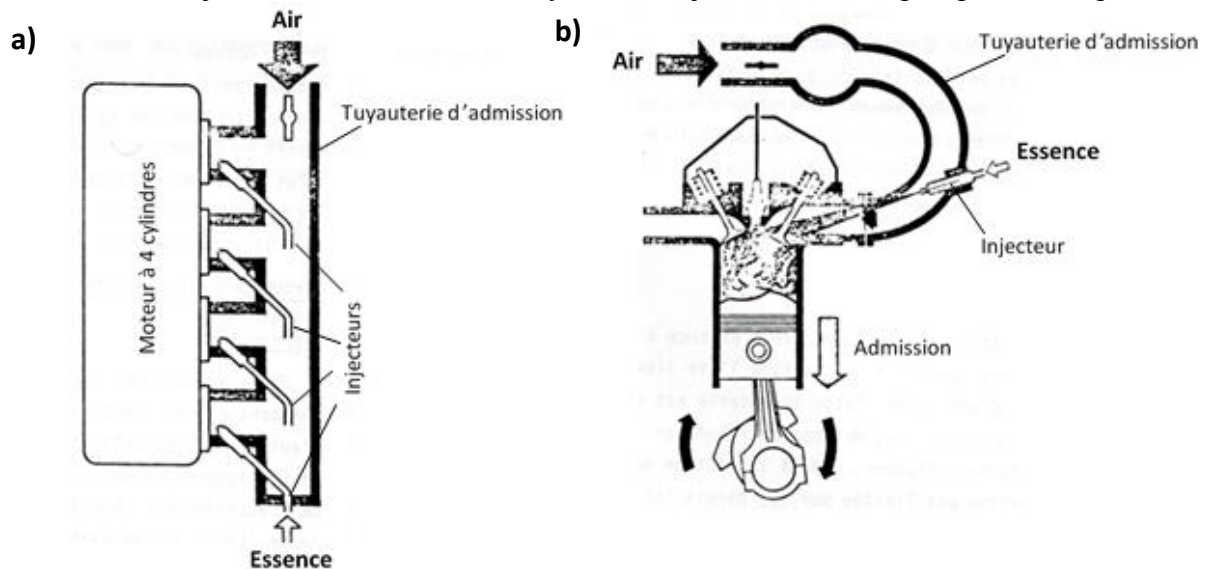


Figure 2. Alimentation par injection : a- injection directe ; b-injection indirecte

5.2- Alimentation par carburateur

5.2.1- Carburateur élémentaire (figure 3)

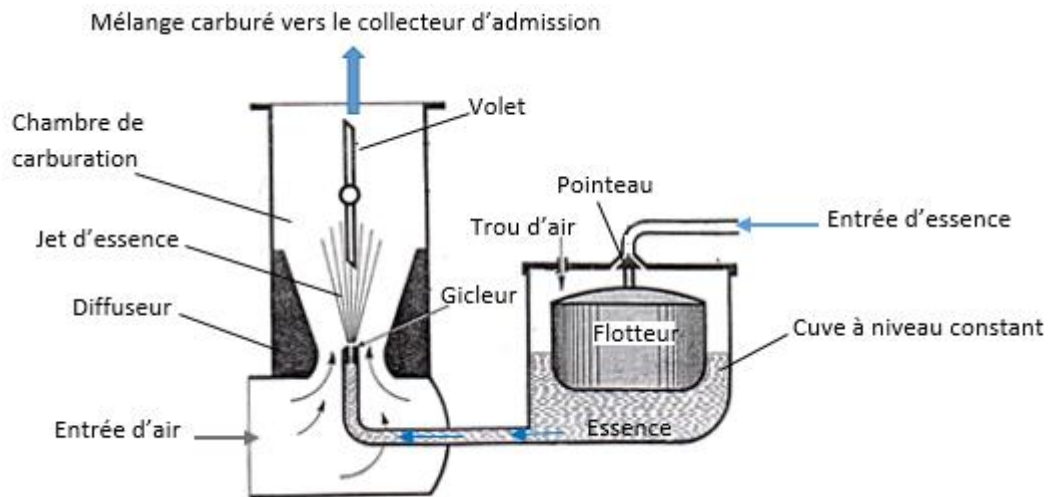


Figure 3. Carburateur élémentaire

a- Description :

Le corps du carburateur est constitué d'une cuve à essence (à niveau constant) et d'une tuyauterie reliée d'une part au collecteur d'admission et d'autre part ouverte à l'air libre. La tuyauterie est obstruée par un volet (papillon des gaz) recevant l'actionnement mécanique de l'extérieur par une manette ou par la pédale d'accélérateur. La chambre de carburation est limitée par les parois inférieures de la tuyauterie, le volet et le diffuseur (buse). Au niveau du col du diffuseur (section la plus étroite), débouche la canalisation reliée à la cuve d'alimentation en essence. L'extrémité du canal porte un gicleur muni d'un orifice calibré (diamètre variant entre 0.4 à 0.6 mm). L'ajutage étant placé à un niveau supérieur à celui de la cuve de quelques millimètres.

b-Principe de fonctionnement :

La dépression créée dans le cylindre pendant la phase d'admission, provoque un appel d'air frais à travers la tuyauterie du carburateur. La vitesse du courant d'air et la dépression, augmentent au niveau du col du diffuseur, ce qui a pour effet de produire le giclage de l'essence par l'orifice calibré et sa vaporisation dans le courant d'air traversant la tuyauterie. Le mélange ainsi obtenu se trouve pulvérisé dans la chambre de carburation sous forme de brouillard.

5.2.2- Conditions à remplir par la carburation

Afin d'assurer un fonctionnement adéquat du moteur, la carburation doit remplir les conditions principales suivantes :

- **Dosage :** proportionner convenablement le combustible et l'air, pour assurer la combustion complète du mélange.

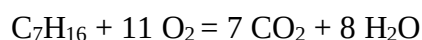
- **Homogénéité** : assurer un mélange intime de l'air et combustible de manière à réaliser le même dosage dans toute la masse.
- **Automaticité** : assurer un dosage convenable à tous les régimes sans intervention extérieure.
- **Répartition égale** : assurer une distribution de la même quantité du mélange entre tous les cylindres du moteur

5.2.3 Dosage du mélange

Pour assurer une combustion complète (absence d'imbrulés dans les gaz d'échappement), il faut que les proportions du mélange **air-essence** soient correctement déterminées. La combustion complète doit donner lieu uniquement à la formation de gaz carbonique CO₂ et de la vapeur d'eau H₂O.

Supposons que l'essence utilisée est constituée uniquement que de l'heptane (C₇H₁₆) et que 100 grs d'air contiennent 23 gr d'O₂.

La réaction de combustion de l'essence est :



Avec:

$$\text{C} = 12 ; \text{H} = 1 ; \text{O} = 16$$

Alors, pour brûler $(12 \times 7) + 16 = 100$ grs d'heptane, il faut $11 \times 32 = 352$ grs d'O₂

Donc, il faut

$$[(352 \times 100) / 23] \text{ grs d'air}$$

Ce qui donne : pour **1 gr** d'essence $352/23 = 15.3$ grs d'air

Donc, le mélange carburé parfait correspond à 1 gr d'essence et 15.3 grs d'air, c'est le dosage théorique.

En pratique, on admet un excès d'air (1 gr d'essence pour 20 grs d'air) afin que la combustion soit complète malgré le défaut d'homogénéité du mélange.

On peut écrire,

- en poids : Essence/air = 1/20

- en volume : 1 cm³ d'essence brûle dans 11 litres d'air (1 litre d'essence pèse 720 grs) et (1 litre d'air pèse 1.29 grs).

Mélange riche : Le mélange est riche, si la quantité d'air est insuffisante ou lorsqu'il y'a excès d'essence, le rapport (essence/air) > (1/20).

Dans ce cas, le mélange brûle mal et occasionne le lessivage du moteur.

Mélange pauvre : Le mélange est pauvre, s'il y'a excès d'air ou manque d'essence, le rapport (essence/air) < (1/20).

La combustion est mauvaise, le moteur chauffe de manière anormale. Par ailleurs, l'excès d'oxygène peut produire une oxydation interne de la chambre de combustion et les têtes de soupapes, en particulier celle d'échappement en raison de la haute température (on dit que les soupapes sont grillées). Ce qui a pour effet la diminution de la puissance du moteur.

Mélange incombustible : Le mélange ne peut pas brûler lorsque le dosage comporte 1 gr d'essence avec moins de 8 grs d'air ou bien plus de 28 grs d'air.

5.2.4- Homogénéité du mélange

Le mélange est parfaitement homogène lorsque l'essence est complètement vaporisée. La vaporisation est une condition à réaliser au moment de l'inflammation par l'étincelle de bougie. La vaporisation est d'autant meilleure que la dépression augmente. A ouverture du volet constante, la dépression augmente avec la vitesse du moteur. D'autre part, dans la chambre de carburation, la dépression croît avec l'ouverture du volet.

5.2.5- Pulvérisation et réchauffage

La pulvérisation est assurée par la position du gicleur dans le col du diffuseur. Elle est obtenue par projection du jet d'essence issu du gicleur entre la paroi métallique (papillon). Ainsi à la sortie du carburateur, le mélange est formé :

- d'air non encore mélangé à l'essence
- de vapeur d'essence dues à la volatilité de l'essence
- dans une chambre où la pression est inférieure à la pression atmosphérique
- de fines gouttelettes d'essence pulvérisées par le choc (divisées par le courant d'air dans le diffuseur).

La réduction de température provoquée par la vaporisation de l'essence engendre une condensation partielle sur les parois des tuyauteries, ce qui appauvrit le mélange d'où la nécessité de réchauffer, soit les constituants du mélange, soit le mélange lui-même, ce qui permet une meilleure vaporisation.

5.2.6- Dosage du mélange et automaticité

La dépression dans la chambre de carburation est fonction de l'ouverture du volet et de la vitesse du moteur. La dépression agit conjointement sur l'air et l'essence, deux fluides de densités différentes, ainsi la composition du mélange se voit modifiée à chaque instant. Cependant, le carburateur élémentaire ne peut pas fournir le dosage de rendement maximum pour chaque régime de fonctionnement du moteur et conduit à des régimes soit trop riche, soit trop pauvre. Par conséquent, Il est nécessaire de corriger le mélange carburé aux différents régimes, c'est-à-dire adapter automatiquement le dosage aux conditions imposées pour les différents régimes d'utilisation du moteur, **c'est l'automaticité**. Donc, le carburateur doit comporter des dispositions autres que le volet des gaz, pour faire varier le dosage du mélange. Alors, le carburateur accomplit, en plus de la carburation, la régulation c'est-à-dire l'adaptation de la puissance fournie par le moteur à la puissance qui lui est exigée.

Le carburateur automatique est un carburateur où le dosage du mélange reste constant dans les limites d'utilisation économiques du moteur, puis varie pour devenir plus riche lorsqu'il est nécessaire d'augmenter la puissance. Cependant, sont recherchées :

- Un rendement maximal pour les admissions réduites
- Une puissance maximum pour les pleines admissions

Dans les carburateurs automatiques, le réglage du dosage s'effectue en agissant soit sur l'air, soit sur la quantité d'essence. Cette dernière, est la solution la plus employée. Les systèmes utilisent les principes relatifs aux différents montages de gicleurs. Le gicleur principal est choisi pour assurer un dosage correct aux grandes vitesses de rotation ; les systèmes correcteurs augmentent le débit d'essence aux faibles vitesses (aux faibles dépressions) et aux régimes élevés pour une plus forte dépression, le mélange est appauvri. Ces résultats sont obtenus au moyen des dispositions suivantes :

- gicleur noyé
- gicleur mis en dérivation
- gicleur compensateur.

Par ailleurs, les carburateurs sont dotés de systèmes annexes d'automatisme assurant les fonctions :

- Le départ à froid
- L'accompagnement du ralenti
- Les reprises

Malgré le développement des carburateurs, leur diversité, leur automatisation et leur pilotage par les moyens électroniques, certaines difficultés restent à surmonter. Cependant, la persévérance des constructeurs a permis la création d'un système d'alimentation plus performant, en l'occurrence, la carburation par **injection** de combustible piloté par l'électronique. Actuellement, c'est la solution la plus employée en raison du perfectionnement du système d'alimentation en carburant et l'amélioration des performances du moteur.

5.3- Carburation par injection

Le système d'injection prépare et alimente le moteur en mélange (Air/Essence) nécessaire à son fonctionnement. L'ensemble du système est géré par un calculateur de bord.

5.3.1- Caractéristiques fonctionnelles

- Le carburant est pulvérisé au moyen d'injecteurs.
- La durée de l'ouverture de l'injecteur détermine le débit du carburant injecté
- La quantité d'air aspirée par le moteur est quantifiée par le calculateur au moyen d'un débitmètre
- Diverses sondes (températures et capteurs de position d'accélérateur,...) permettent au calculateur d'affiner le dosage dans toutes les plages de fonctionnement et de piloter l'injecteur (mono-point) ou les injecteurs multipoints.

La fonction globale du système d'injection est présentée sur le synoptique de la figure 4.

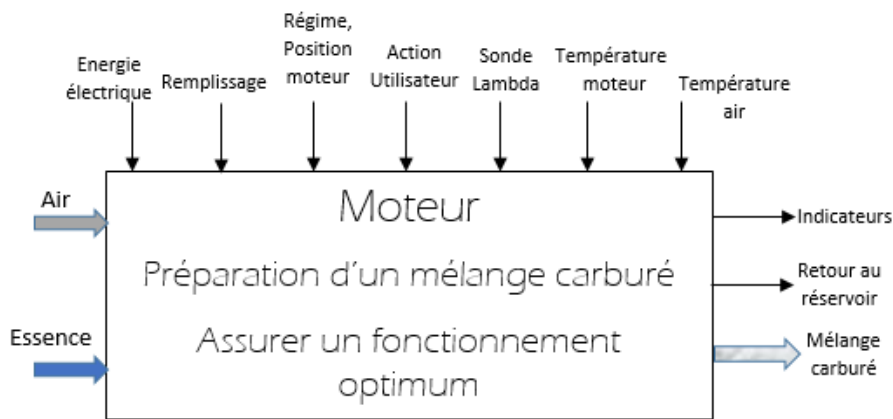


Figure 4. Fonction globale du système d'alimentation par injection de carburant

5.3.2- Constitution et fonctionnement

L'ensemble des dispositifs de contrôle et de pilotage de l'alimentation par injection est montré dans le schéma de la figure 5.

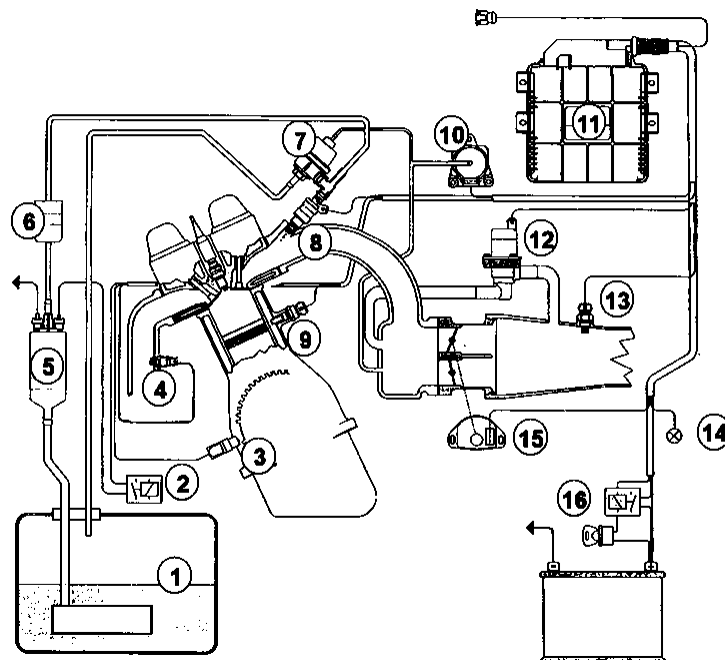


Figure 5. Moteur à injection de carburant

1-Réservoir ; 2-Relais de pompe à essence ; 3-Capteur volant ; 4-Sonde Lambda ; 5-Pompe à essence ; 6-filtre à essence ; 7-Régulateur de pression d'essence ; 8-Injecteur ; 9-Sonde de température eau ; 10-Capteur de pression tubulure ; 11-Calculateur ; 12-Actuateur de ralenti ; 13-Sonde de température d'air ; 14-Lampe témoin de défaut ; 15-Potentiomètre paillon ; 16-Relais alimentation.

Fonctionnement :

La quantité d'air aspirée par le moteur est quantifiée par le calculateur à partir des informations fournies par le capteur de régime de rotation (3) et le débitmètre ou un capteur de pression

d'admission (10). Elle représente l'information de base pour le calculateur afin de définir la durée d'injection.

Le régime du moteur détermine la fréquence des injections. L'information sur le régime est obtenue par le capteur (3) de PMH (Point Mort Haut) placé à proximité du volant moteur. Deux types de capteurs PMH sont employés : le capteur inductif ou le capteur à effet Hall. Ce dernier est plus élaboré.

La quantité d'air aspiré par le moteur est mesurée à l'aide d'un débitmètre à volet ou à fil chaud.

a) Débitmètre à volet (figure 6)

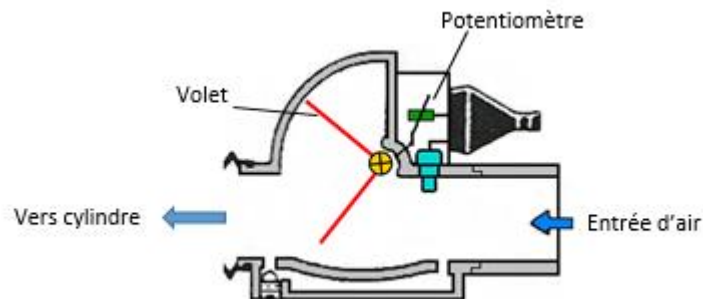


Figure 6. Schéma de principe de débitmètre à volet

L'air aspiré lors de la phase d'admission déplace un volet sonde. Ainsi, la position angulaire du volet est convertie en tension électrique et envoyée au calculateur. C'est le paramètre de base permettant de déterminer la quantité de carburant nécessaire.

b) Débitmètre à fil chaud (figure 7)

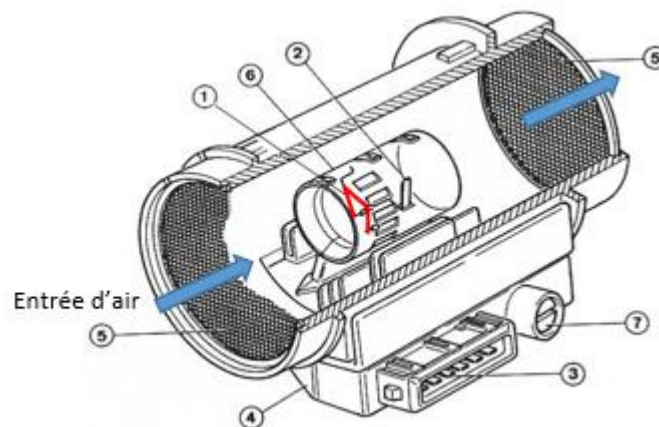


Figure7. Débitmètre à fil chaud

1-fil chauffant en platine ; 2-Sonde de température d'air ; 3-Circuit électronique ; 4-Boîtier ; 5-Grilles de protection ; 6-Support fil chauffant et sonde de température d'air ; vis de réglage de la richesse au ralenti.

Un fil chaud est exposé au flux d'air aspiré par le moteur. Au passage, l'air refroidi le fil, alors le courant électrique traversant le fil est corrigé de façon à le maintenir à une température de consigne ($\sim 120^{\circ}\text{C}$). Le courant de chauffage du fil, proportionnel à la masse d'air aspirée, permet au calculateur de déterminer la quantité d'essence (charge) nécessaire à la combustion.

5.3.3- Injection du carburant

Le plus souvent, le mélange du combustible avec l'air est réalisé à l'extérieur de la chambre de combustion, en amont de la soupape d'admission (injection indirecte), l'injection est effectuée à une pression de 3.5 bars. Grâce aux progrès des injecteurs et des techniques d'injections gérées par l'électronique, cette solution s'est fait remplacer graduellement par l'injection directe (l'injection se fait directement dans la chambre de combustion). La gestion des systèmes d'injection directe permet une économie de carburant et des rejets moindres, en n'injectant que la quantité de carburant nécessaire pour une combustion optimale.

i) Injection directe

Le schéma de commande des injecteurs est représenté sur la figure 8.

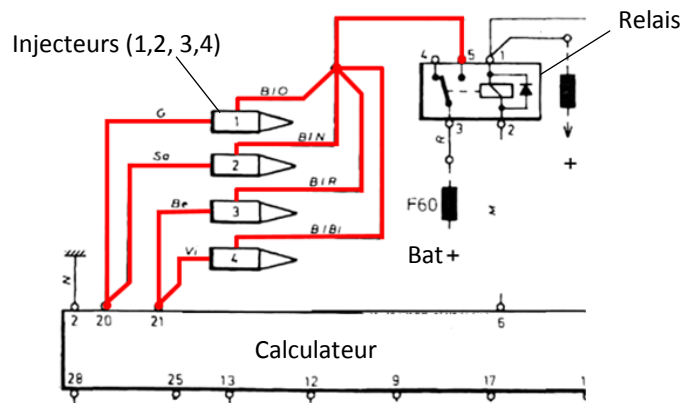


Figure 8. Schéma de commande électronique du système d'injection

Les injecteurs sont alimentés par des relais à partir d'un ordre de commande délivré par le calculateur. Lorsque l'électroaimant est excité, l'aiguille se soulève de son siège ($\sim 0.1\text{mm}$), le carburant s'écoule sous forme de jet pulvérisé (figure 9a); la durée d'ouverture de l'injecteur représente la quantité d'essence injectée. L'injection d'essence a lieu en fin de compression. Les injecteurs pulvérisent le carburant à l'intérieur de la chambre de combustion (figure 9b), la pression est de 100 bars environ.

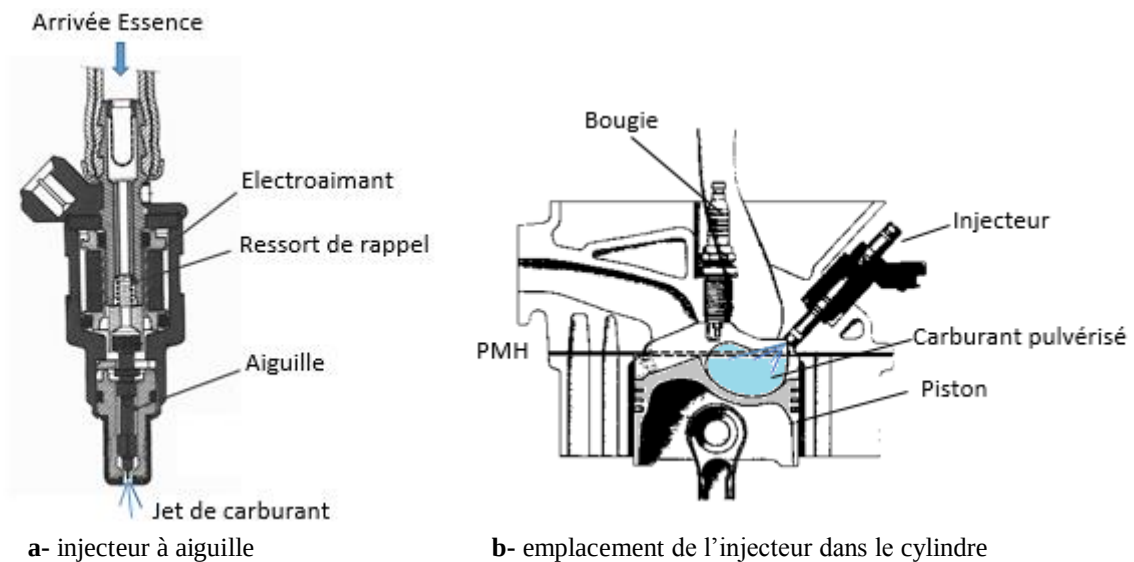


Figure 9. Injection directe

Pour atteindre une combustion optimale, la durée d'injection de base est corrigée en tenant compte des paramètres réels de fonctionnement, tels que : la température du moteur, l'accélération et la décélération, l'analyse des gaz d'échappement (sonde Lambda), la température de l'air...

ii) Départ à froid et régulation de ralenti

Lors du départ à froid, pour compenser les pertes dues à la condensation d'essence dans les tubulures et sur les parois froides des cylindres, le calculateur opère en doublant les impulsions de commande des injecteurs. Après le démarrage et en fonction du réchauffement du moteur, le calculateur agit par diminution progressive de la durée d'injection jusqu'au régime de ralenti.

Au régime de ralenti le volet des gaz est relâché (position presque fermée), mais le moteur doit fonctionner avec un régime constant quel que soient les conditions de fonctionnement du moteur. Ceci est réalisé par le calculateur, qui procède par comparaison de la valeur réelle (instantanée) du régime avec la valeur de consigne (régime de ralenti) enregistrée en mémoire. Lorsque les valeurs sont différentes, le calculateur commande un actuateur placé en dérivation sur le volet des gaz (voir schéma figure 10), qui modifie la quantité d'air aspirée par le moteur.

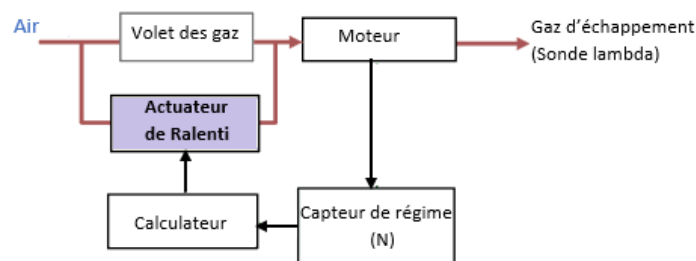


Figure 10. Correction du régime de ralenti