

SYSTEME D'ALIMENTATION

1. Généralités

Le système d'alimentation a pour rôle d'amener au niveau du moteur l'air et l'essence nécessaires à une bonne combustion.

Le circuit d'alimentation comprend deux circuits différents :

- circuit d'alimentation en air;
- circuit d'alimentation en essence.

Pour réaliser le mélange deux solutions sont utilisées :

- Système à carburateur : le mélange air-essence est obtenu dans le carburateur puis introduit dans le cylindre de moteur.
- Système d'injection : le mélange est réalisé dans la pipe d'admission, l'air est acheminé par voie classique et l'essence est injectée sous pression par des injecteurs (un par cylindre).

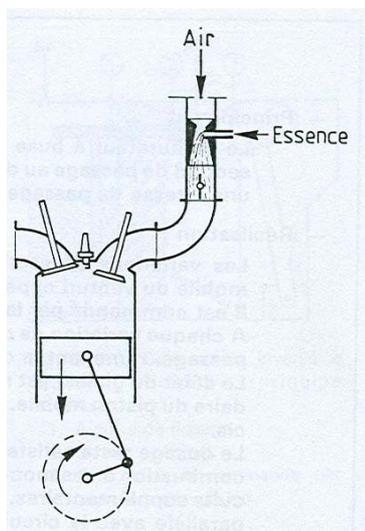


Fig. 9.1. Carburation par carburateur

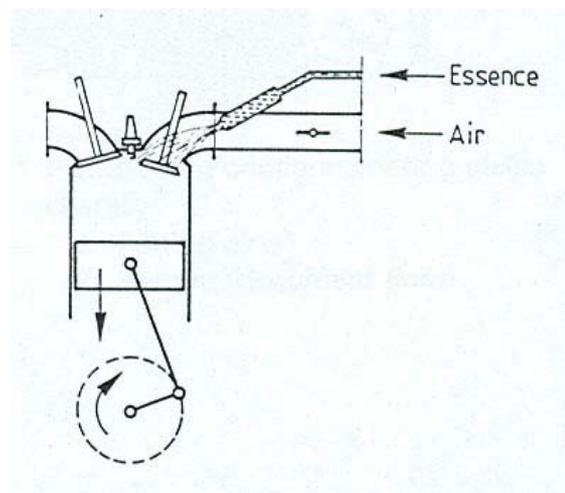


Fig.9.2. Carburation par injection

2. Système à carburateur

2.1. La carburation

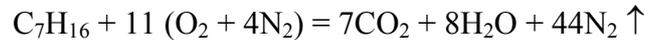
La carburation est l'ensemble des opérations réalisant le mélange intime du carburant avec l'air dans des proportions précises afin d'obtenir une combustion rapide et complète.

Pour réaliser la carburation, il est nécessaire d'effectuer des opérations suivantes : dosage, vaporisation et homogénéité.

2.1.1. Dosage

C'est la proportion de la quantité de carburant par rapport à l'air.

Prenons le cas de la combustion de l'essence C_7H_{16} (*Heptane hydrocarbure*) et reportons-nous à l'équation chimique de combustion de ce carburant, nous trouvons :



Si nous admettons que l'essence utilisée est uniquement composée d'heptane et que l'air ambiant contient en masse 23% d'oxygène.

Connaissant la masse atomique de chaque corps :
carbone = 12, hydrogène = 1 et oxygène = 16,

On a : $(12 \times 7) + 16 = 100$ g d'heptane brûlent
dans $(22 \times 16) = 352$ g d'oxygène.

Ces 352 g d'oxygène étant contenus dans $\frac{352 \times 100}{23} = 1530$ g d'air.

Nous constatons qu'il faut 15.3 g d'air pour faire brûler 1 g d'essence. Ce dosage constitue le dosage parfait.

Un mélange comportant un dosage de moins de 15.3 g d'air pour un gramme d'essence est appelé mélange riche; s'il comporte plus de 15.3 d'air nous le nommerons mélange pauvre.

Le mélange est incombustible si le dosage essence/air est en dessous de 1/28 ainsi qu'au-dessus de 1/8.

La puissance maximale de moteur est obtenue avec un dosage de 1/12.5.

2.1.2. Vaporisation

C'est le processus de transformation de carburant de l'état liquide en état gazeux pour mélanger avec l'oxygène de l'air.

2.1.3. Homogénéité

Chaque molécule de carburant devant, pour brûler, être entourée des molécules d'oxygène.

L'homogénéité est réalisée par un brassage du mélange dans les tubulures d'admission et se terminant dans la chambre de combustion au moment de la compression.

2.2. Alimentation en air

Pour avoir une combustion correcte le rapport essence/air doit valoir 1/15 en masse, mais 1/9000 en volume.

On conçoit aisément la nécessité de filtrer une telle quantité d'air. Ceci afin d'éviter l'entrée de poussières et particules abrasives qui pourraient détériorer les parties mobiles du moteur.

Le filtre à air à deux rôles :

- La boîte à air sert de silencieux à l'aspiration en limitant le sifflement.
- La cartouche (filtre) sert de retenir les impuretés de l'air aspiré par le moteur.

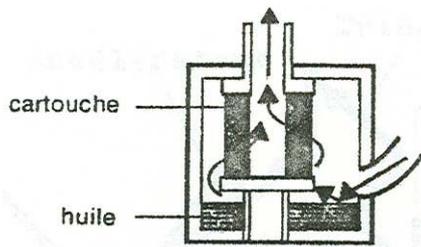


Fig. 9.3. Filtre à air à bain d'huile

Pour les pays dont l'air contient des poussières particulièrement néfastes on utilise un filtre à air à bain d'huile.

L'air aspiré est contraint de changer brusquement de direction à proximité de la surface de l'huile.

Les poussières par l'inertie, continuent tout droit et tombent dans l'huile.

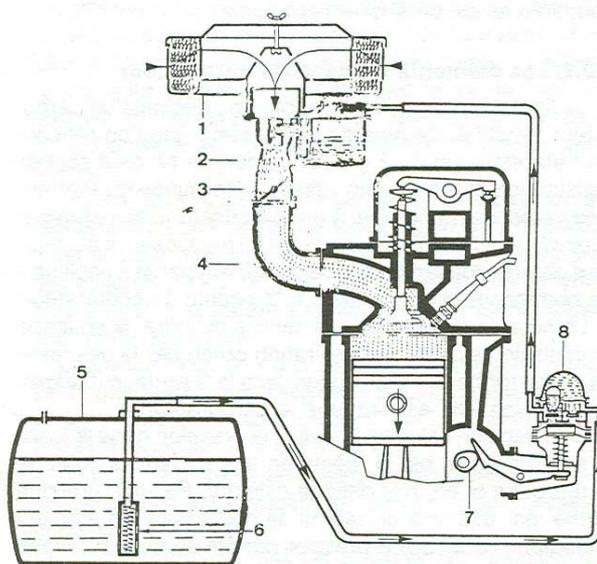
Un filtre à air encrassé freine l'entrée d'air et gêne le remplissage du moteur. Il s'ensuit une augmentation de la consommation d'essence et des imbrûlés. Il est donc indispensable de le nettoyer ou de la changer périodiquement.

2.3. Alimentation en carburant

2.3.1. Circuit complet

Le circuit complet d'un système d'alimentation en carburant comprend :

- le réservoir : pour contenir un volume d'essence.
- la pompe à essence : aspire l'essence dans le réservoir et remplit la cuve du carburateur.
- le carburateur : réalise le mélange air-essence.
- le filtre à air : assure l'alimentation du carburateur en air propre.



1. Filtre à air
2. Carburateur
3. Papillon des gaz
4. Collecteur d'admission
5. Réservoir de carburant
6. Filtre à carburant
7. Excentrique sur arbre à cames
8. Pompe mécanique d'alimentation en carburant

Fig. 9.4. Système d'alimentation d'un moteur

2.3.2. Pompe à essence

Il existe deux types de pompes :

- la pompe à entraînement mécanique : très répandue sur les moteurs à carburateur.
- la pompe électrique : sur les véhicules à injection et haut de gamme.

a) Pompe à essence mécanique

C'est une pompe aspirante-refoulante très généralement commandée par une came spéciale de l'arbre à cames, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un poussoir.

Elle comporte : une membrane (M), un clapet d'aspiration (1), un clapet de refoulement (2), un levier de commande (L) actionné par la came et maintenu contre elle par un ressort (r), un ressort taré (R) de pression d'essence et un filtre (F) tamis métallique.

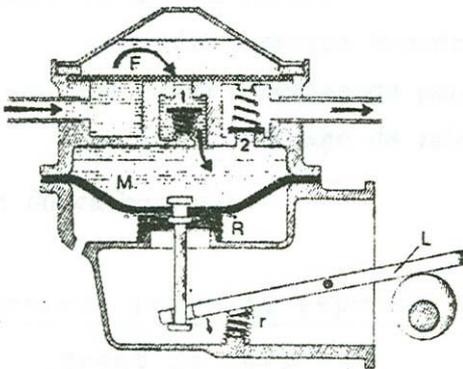


Fig.9.5.Pompe à membrane (aspiration)

Aspiration :

La membrane (M) est tirée vers le bas par le levier de commande (L) actionné par la came. La descente de la membrane (M) crée une dépression qui ouvre le clapet d'aspiration (1) et aspire l'essence. Le ressort taré (R) est comprimé.

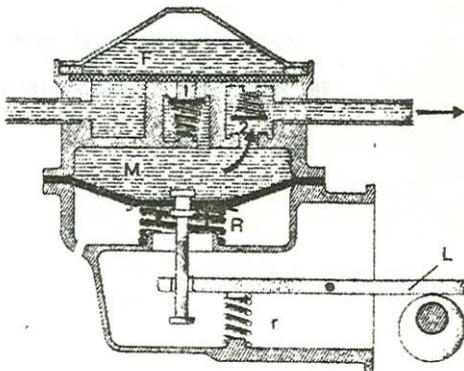


Fig.9.6.Pompe à membrane (refoulement)

Refoulement :

La came ayant tourné, le refoulement est alors réalisé grâce au ressort taré (R) qui, appuyant avec une force déterminée sur la membrane (M), engendre la pression de refoulement : **la pression d'essence**. Cette dernière ouvre le clapet de refoulement (2).

b) Pompe à essence électrique

On a rencontré plusieurs types de pompe à essence électrique :

- Pompe à membrane : la commande mécanique est remplacée par un système magnétique de bobinage.
- Pompe à engrenage entraînée par un moteur électrique à courant de batterie.
- Pompe rotative à galets entraînée également par un moteur électrique à aimants permanents.

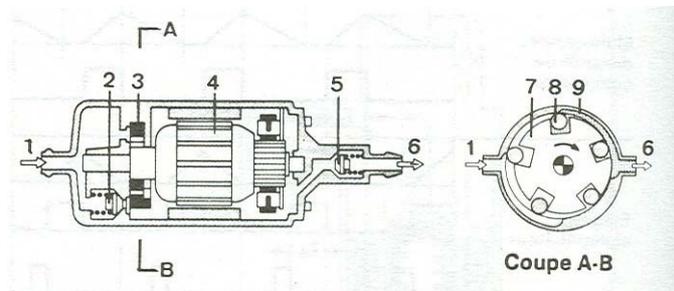


Fig. 9.7. Pompe à carburant Bosch

1. Aspiration
2. Limiteur de pression
3. Pompe multicellulaire à rouleaux
4. Induit du moteur
5. Clapet de non-retour
6. Refoulement
7. Rotor
8. Rouleau
9. Surface de guidage des rouleaux

c) Avantages de la pompe électrique

- On peut la placer où l'on veut sur le moteur.
- Elle entre en action dès l'établissement du contact avec la clé.
- Située dans un endroit frais (par exemple dans le réservoir) elle évite les phénomènes de percolation.

2.3.3. Carburateurs

a) Description du carburateur

Le rôle de carburateur est de réaliser le mélange de l'air et de l'essence dans des conditions permettant une carburation correcte à tous les régimes du moteur.

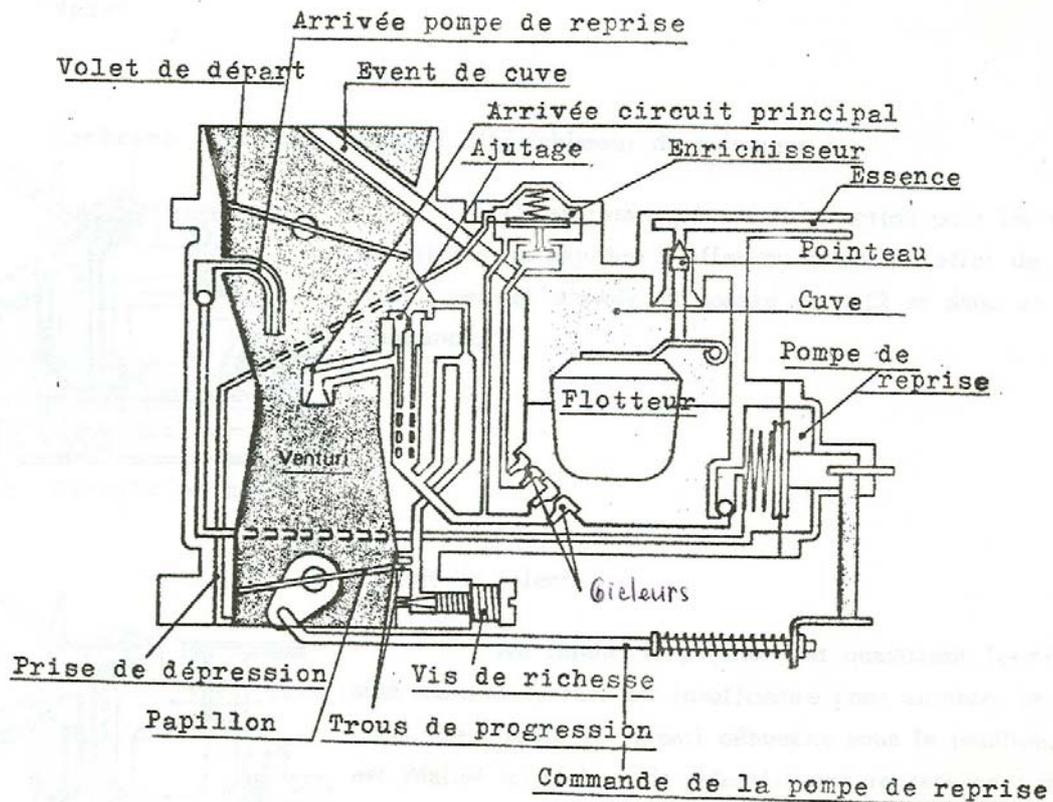


Fig. 9.8. Circuits internes du carburateur

b) Circuit d'alimentation

Pour réaliser le mélange l'air circule dans le corps du carburateur de l'amont vers l'aval. Le mélange s'effectue dans une zone appelée chambre de carburation (venturi). Le giclage de l'essence est limité par un gicleur principal.

Une réserve appelée cuve à niveau constant est munie d'un dispositif constitué d'un robinet pointeau actionné par un flotteur.

L'essence est amenée du réservoir par une pompe sous une légère pression. Lorsque l'essence est au niveau désiré dans la cuve, le flotteur en montant actionne le pointeau qui obture l'arrivée.

Dès qu'il y a consommation de carburant, le pointeau s'ouvre jusqu'à obtention du niveau requis.

Un trou de mise à l'air libre de la cuve permet à l'essence de s'écouler grâce à l'action de la pression atmosphérique.

c) Circuit de ralenti

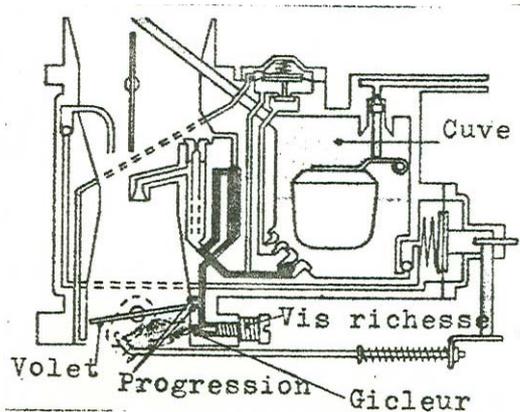


Fig.9.9. Circuit de ralenti

Au ralenti le papillon est quasiment fermé, la dépression dans le venturi est insuffisante pour amorcer le circuit principal. Le circuit de ralenti débouche sous le papillon, le dosage est réalisé par un gicleur de ralenti (non présenté) pour l'essence et par l'entrebâillement du papillon pour l'air.

d) Circuit principal

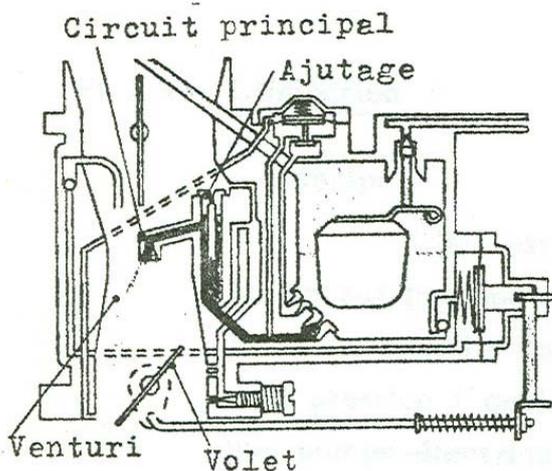


Fig. 9.10. Circuit principal

A une certaine ouverture de papillon, dans le diffuseur on a une augmentation de la dépression qui amorce le circuit principal. L'essence passe des cuves aux puits à travers le gicleur principal qui en contrôlent le débit. Dans les puits on a un premier mélange, réalisé dans les tubes d'émulseurs, avec l'air contrôlé par le gicleur d'air. Des puits le mélange arrive au venturi où commence la carburation avec l'air aspiré par les conduits d'admission. Le circuit principal assure un dosage économique de l'ordre 1/18 aux moyens régimes.

e) Circuit de pompe de reprise

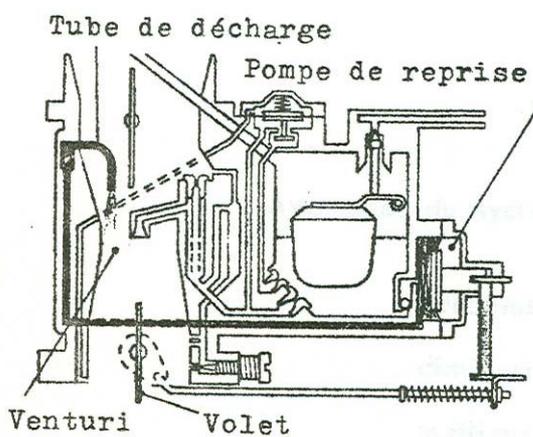


Fig. 9. 11. Circuit de reprise

Lors d'une brusque accélération, le papillon s'ouvre très rapidement ce qui provoque un fort appel d'air et d'essence, mais du fait de la différence de densité l'arrivée d'essence est retardée. Le mélange risque de devenir pauvre, il faut l'enrichir. C'est le rôle de la pompe de reprise; actionnée mécaniquement par la commande du papillon elle envoie un surplus d'essence à chaque accélération.

f) Circuit d'enrichissement de puissance

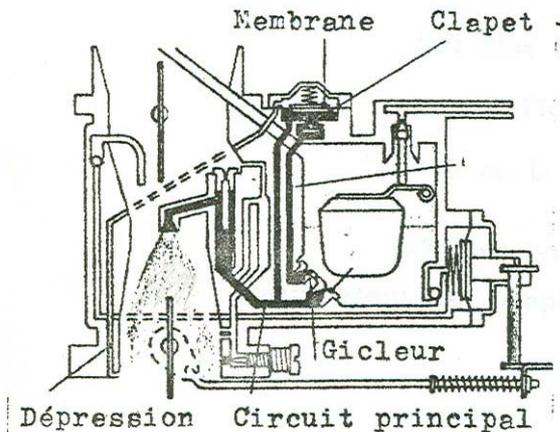


Fig.9.12. Circuit d'enrichissement de puissance

Ce système qui entre en action pour les grandes ouvertures de papillon permet d'avoir un dosage de 1/12 et donc un gain en puissance.

Dans des conditions bien déterminées de charge et régime (effet du ressort > effet de la dépression) le gicleur d'enrichissement ajoute son débit à celui du circuit principal.

L'ouverture de ce gicleur est commandée par un clapet à membrane actionné par la dépression régnant dans la tubulure d'admission.

3. Les dispositifs antipollution

D'après le résultat de la transformation chimique du mélange air/essence au moment de la combustion nous trouvons des compositions des gaz brûlés suivants:

- dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO_2) : non toxique,
- vapeur d'eau (H_2O),
- Azote (N_2).

La combustion n'étant pas toujours correctement réalisée nous avons noté l'apparition de divers gaz plus ou moins polluants ou toxiques qui sont notamment :

- monoxyde ou oxyde de carbone (CO),
- hydrocarbures imbrûlés (CH),
- oxydes d'azote (N_xO_y).

On constate que les taux de CO et de HC augmentent si :

- la richesse du mélange est trop importante par rapport au besoin instantané du moteur,
- le brassage du mélange n'est pas correctement effectué (homogénéité),
- la vaporisation n'est pas complète,
- la vitesse de combustion n'est pas adaptée à la vitesse de rotation du moteur,
- le point d'allumage n'est pas déclenché au moment opportun,
- la forme de la chambre de combustion est mal dessinée.

Pour lutter contre la pollution les dispositifs utilisés visent à :

- Améliorer la combustion
 - en agissant sur la préparation du mélange,
 - en maintenant une température constante du moteur,
 - en produisant un allumage à haut pouvoir calorifique déclenché à des moments précis;
- Limiter les évaporations diverses par le recyclage des vapeurs d'huile et de carburant;
- Traiter les gaz d'échappement
 - par post-combustion,
 - par catalyse;
- Utiliser des carburants ayant une faible teneur en soufre, plomb et résidus.

4. **Système d'injection**

4.1. Principe de fonctionnement

L'injection d'essence consiste à introduire l'air par une tubulure d'admission de forte section et à injecter le carburant en amont plus près de la soupape d'admission (injection directe) ou directement dans le cylindre (injection directe). L'injection peut être continue ou discontinue, mécanique ou électronique.

4.2. Avantages du système d'injection

- L'augmentation des performances du moteur (couple, puissance,...).
- Economie de carburant grâce au dosage très précis.
- Diminution des émissions toxiques (meilleure combustion).
- Meilleur remplissage en air des cylindres donc souplesse accrue.

4.3. Différents systèmes d'injection

On peut classer les systèmes d'injection selon l'endroit où se fait l'injection du carburant dans l'air aspiré par le moteur :

- l'injection est directe si elle s'effectue dans la chambre de combustion du cylindre.
- L'injection est indirecte si elle a lieu dans la tubulure d'admission, plus ou moins près de la soupape d'admission, le jet d'essence étant dirigé vers la soupape.

- L'injection centralisée si elle se fait dans la partie du collecteur commune à tous les cylindres, à l'endroit qu'occuperait un carburateur.

On peut également différencier les systèmes d'injection par le dispositif de régulation :

- Dans l'injection mécanique, la pompe entraînée mécaniquement par le moteur, effectue la mise en pression du carburant et dose le volume injecté.
- Dans l'injection électronique, la pompe électrique, effectue l'alimentation du carburant sous pression; les fonctions de dosage, régulation, injection sont totalement ou partiellement pilotées par une centrale électronique.

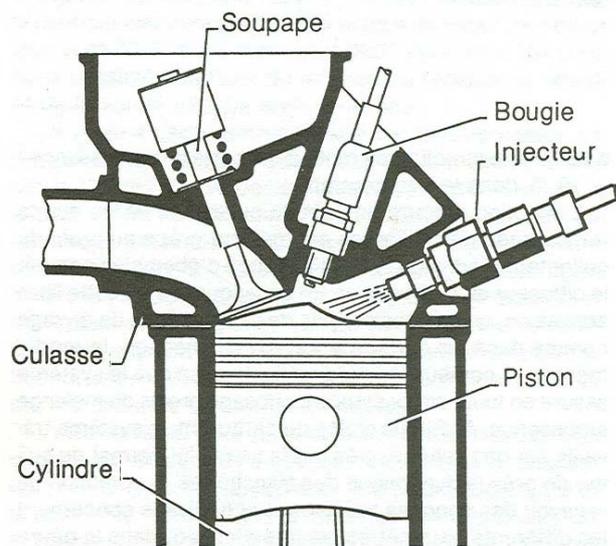


Fig. 9.13. Injection directe

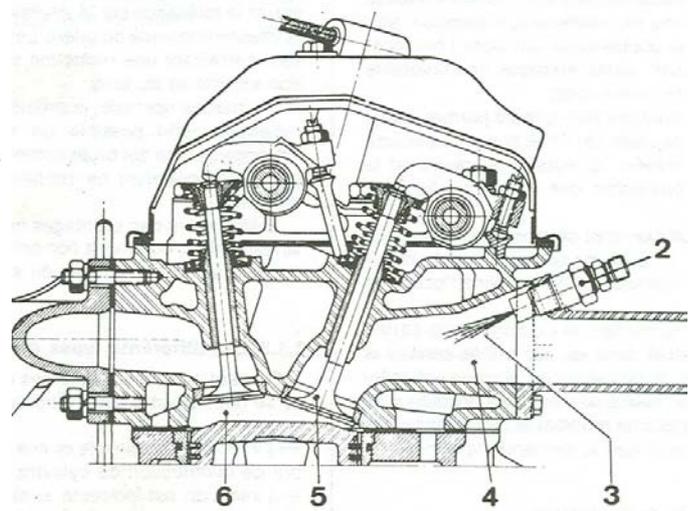


Fig. 9.14. Injection indirecte

Les plus répandus actuellement sont les systèmes Bosch :

- K-Jetronic : injection mécanique continue indirecte.
- L ou D-Jetronic : injection électronique discontinue indirecte.

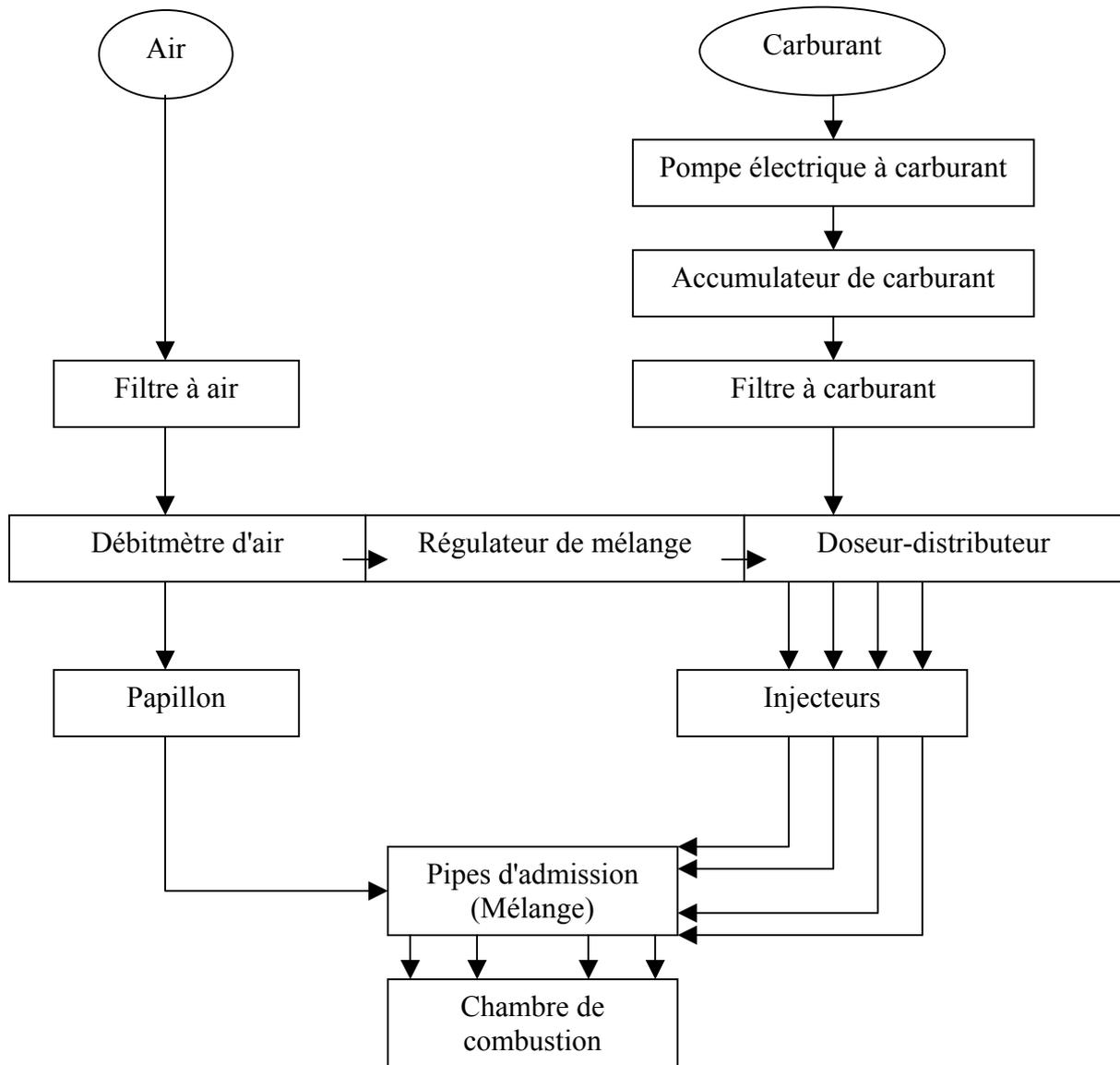
4.3.1. Principe de l'injection K-Jetronic

L'air est dosé par un papillon placé dans la tubulure d'admission. Le carburant est calibré par un doseur dont le tiroir est commandé par le déplacement du débitmètre d'air placé dans la tubulure d'admission.

Le doseur reçoit le carburant d'une pompe électrique par l'intermédiaire d'un régulateur de pression.

Les injecteurs débitent en permanence un carburant dont la pression et le débit sont déterminés par le débit de l'air et sa pression absolue (≈ 4.6 bars).

Pour le départ à froid, un électro-injecteur unique injecte un supplément de carburant à l'entrée du collecteur d'admission.

Schéma de principe du système K-Jetronic

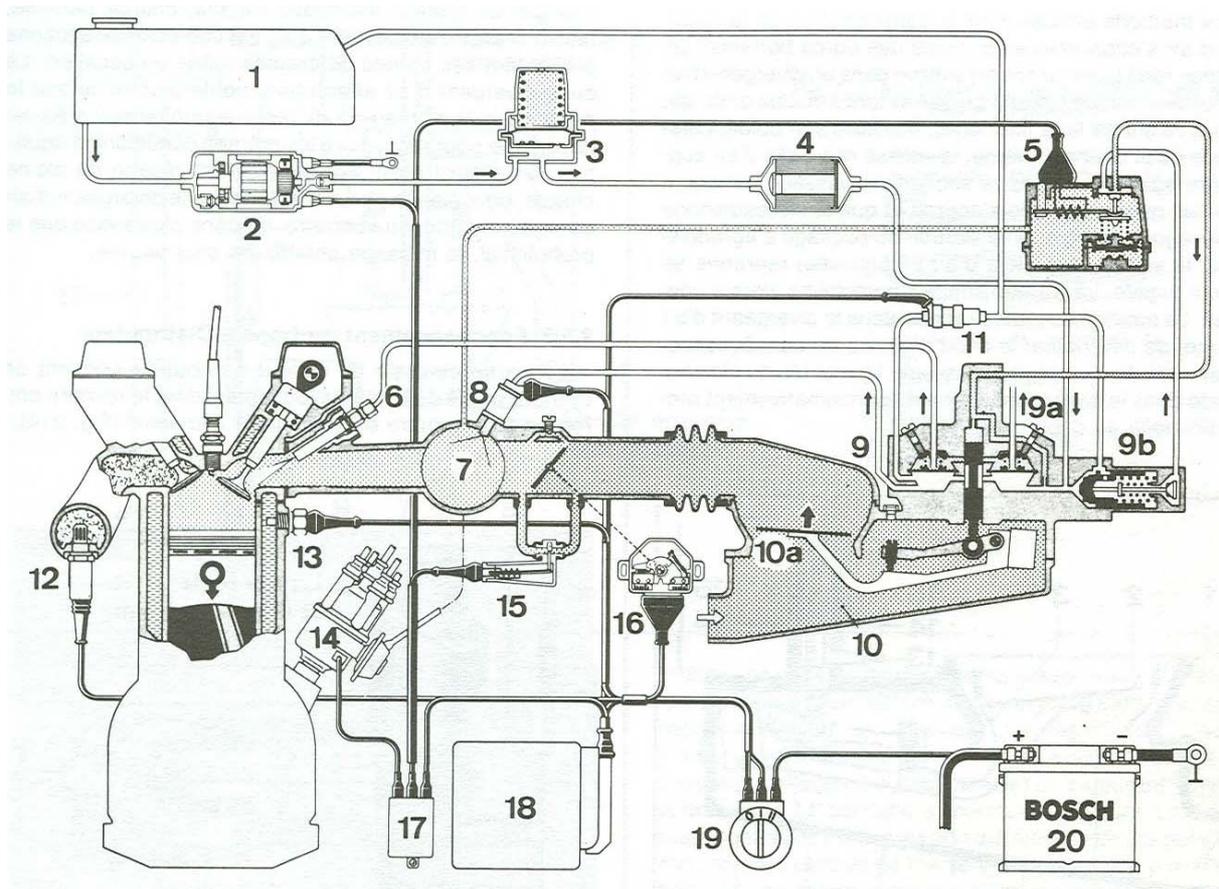


Fig. 9.15. Schéma de l'installation du système K-Jetronic

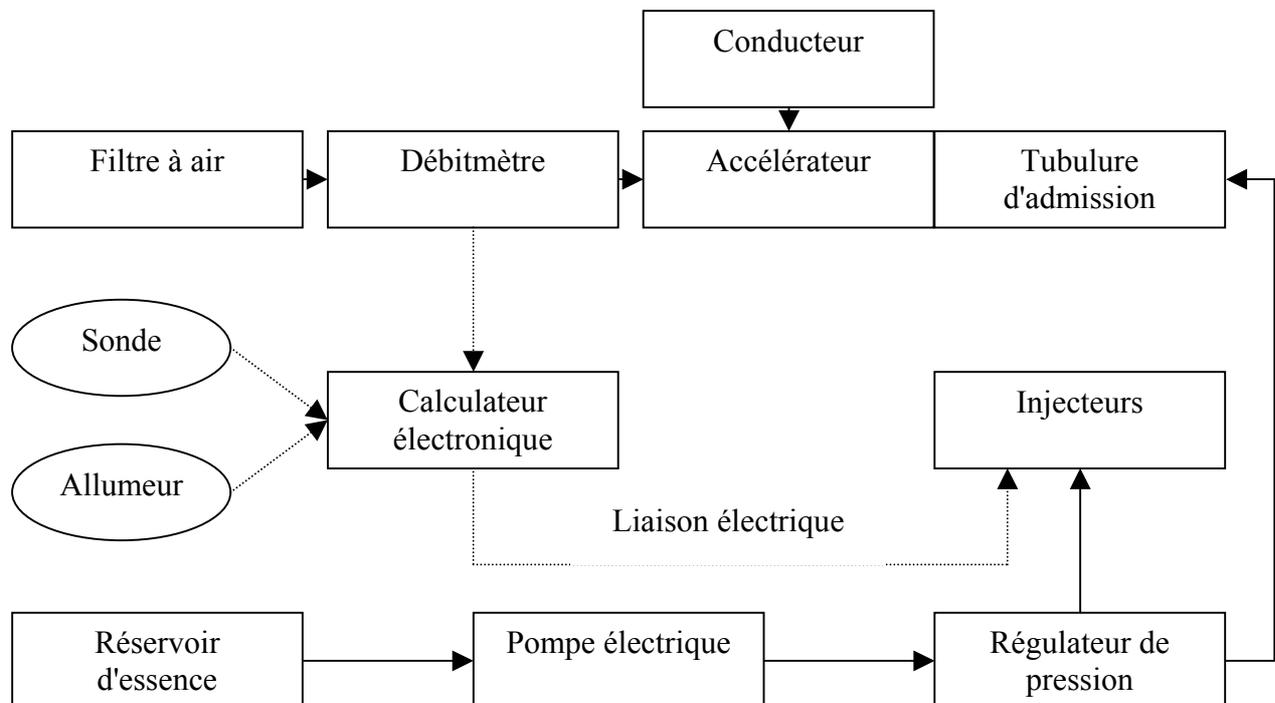
- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Réservoir à carburant | 10. Débitmètre d'air |
| 2. Pompe électrique à carburant | 10a. Plateau-sonde |
| 3. Accumulateur de carburant | 11. Electrovanne de cadence |
| 4. Filtre à carburant | 12. Sonde Lambda |
| 5. Correcteur de réchauffage | 13. Thermocontact temporisé |
| 6. Injecteur | 14. Allumeur |
| 7. Collecteur d'admission | 15. Commande d'air additionnel |
| 8. Injecteur de départ à froid | 16. Contacteur de papillon |
| 9. Régulateur de mélange | 17. Relais de commande |
| 9a. Doseur-distributeur de carburant | 18. Centrale de commande électronique |
| 9b. Régulateur de pression d'alimentation | 19. Commutateur d'allumage-démarrage |
| | 20. Batterie |

4.3.2. Principe de l'injection L-Jetronic

Le débit de l'air est dosé par un papillon et mesuré par un débitmètre à potentiomètre placé dans la tubulure d'admission.

Le calculateur reçoit des informations sous forme de signaux électriques sur : le débit, la pression et la température de l'air, la température de l'eau, le déclenchement de l'allumage, la vitesse d'ouverture du papillon, la vitesse de rotation du moteur. Il transforme ces informations en une tension de commande des injecteurs électromagnétiques, dont le début, la durée et la fin d'injection sont fonction des paramètres d'entrée.

Schéma de principe du système L-Jetronic



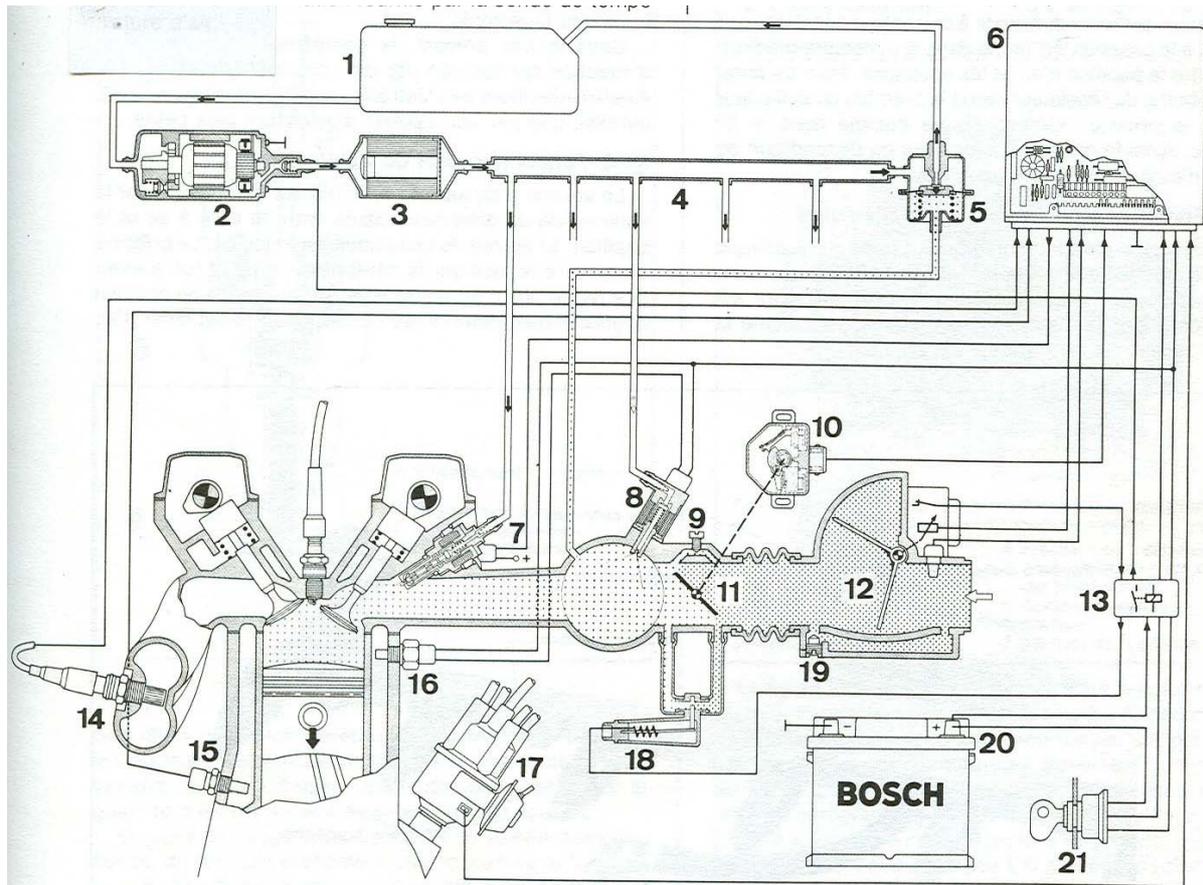


Fig. 9.16. Schéma du système L-Jetronic

- | | |
|--|--|
| 1. Réservoir de carburant | 11. Papillon |
| 2. Pompe électrique à carburant | 12. Débitmètre d'air |
| 3. Filtre à carburant | 13. Ensemble de relais |
| 4. Rampe de distribution | 14. Sonde lambda |
| 5. Régulateur de pression | 15. Sonde de la température du moteur |
| 6. Appareil de commande électronique | 16. Thermocontact temporisé |
| 7. Injecteur | 17. Allumeur |
| 8. Injecteur de départ à froid | 18. Commande d'air additionnel |
| 9. Vis de réglage de la vitesse du ralenti | 19. Vis de réglage de la richesse de ralenti |
| 10. Contacteur de papillon | 20. Batterie |
| | 21. Commutateur d'allumage/démarrage |