

Chapitre 2 : Techniques d'injection d'essence

2-1 Gestion électronique et diagnostique moteur

Le mot **diagnostic** signifie l'identification de la nature d'une situation (d'une panne de moteur par exemple) mais en réalité, il comprend beaucoup plus que la succession d'une série d'étapes pour trouver la solution à un certain problème. Il s'agit de la méthode ou la manière d'examiner les systèmes défectueux en vue de trouver la cause de la défaillance. Cela implique la connaissance du fonctionnement du système et la capacité d'identifier l'état de fonctionnement d'un système donné. Le diagnostic est lié à des règles de base, en suivant ces règles, on peut trouver généralement la cause du problème lors du premier contrôle du système. Pour un diagnostic efficace, il faut respecter les règles de base suivantes :

- Détecter les symptômes de la défaillance ;
- Détecter le défaut ;
- Réparer la défaillance constatée ;
- Contrôler le système.

Systemes de gestion moteur

Un système de gestion moteur est composé par : système d'injection (composants mécaniques), système d'allumage (composants mécaniques), dépollution, fonctions annexes. Un système de gestion moteur se distingue principalement d'un système (d'injection d'essence par exemple) parce qu'en plus de la régulation du carburant, on régule également l'allumage du mélange air/carburant par un microprocesseur. La figure ci-dessous donne une représentation simplifiée de la commande électronique d'un système de régulation du moteur.

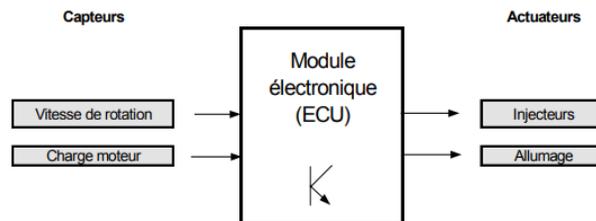


Figure 2.1: schéma de commande électronique d'un système de régulation du moteur [1]

Le cœur du système de régulation du moteur est l'appareil de commande électronique ou Electronic Control Unit (E.C.U.). Les actionneurs sont commandés par les signaux de sortie de l'appareil de commande, l'appareil de commande recevant les signaux d'entrée nécessaires des capteurs. Les fonctions principales de l'appareil de commande sont :

- La détermination de la quantité de carburant à injecter
- La commande de l'installation d'allumage
- Des fonctions supplémentaires (par exemple le réglage des arbres à cames, le recyclage des gaz d'échappement, la régulation du ralenti et la commande d'un collecteur d'admission variable).

2-2) Auto diagnostic

La plupart des systèmes de gestion moteur sont équipés d'un auto diagnostic. Cela signifie que le système est en mesure de détecter certaines erreurs et de les stocker dans la mémoire de défauts. Les systèmes modernes de gestion moteur vérifient l'acceptabilité de tous les signaux d'entrée. Si les valeurs ne sont pas acceptables, par exemple en cas de défaillance d'un capteur, l'appareil de commande est en mesure d'utiliser une valeur de remplacement pour de nombreux capteurs. Ce fonctionnement est dit de secours. Le défaut est placé dans la mémoire de défauts afin d'aller au diagnostic.

2-3) Techniques d'injection d'essence

Les carburateurs et les systèmes d'injection d'essence sont conçus pour un seul but: fournir au moteur le mélange air-carburant optimal pour toutes les conditions de fonctionnement données. Les systèmes d'injection d'essence, et les systèmes électroniques en particulier, sont meilleurs pour maintenir les mélanges air-carburant dans des limites précisément définies, ce qui se traduit par des performances supérieures dans les domaines de l'économie de carburant, du confort et de la puissance.

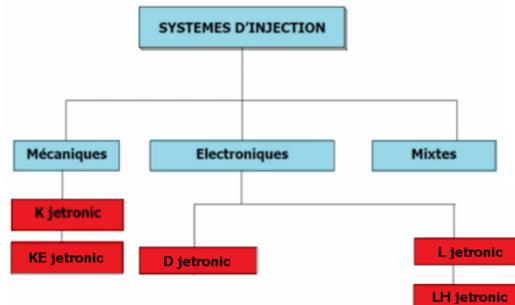


Figure 2.2 : Systèmes d'injection

2-3-1) K-Jetronic

Le K signifie "Kontinuierlich" (continu). Le K-Jetronic est un système d'injection de carburant à commande mécanique et hydraulique sans mécanisme d'entraînement et qui mesure le carburant en fonction de la quantité d'air d'admission et l'injecte en continu en amont des soupapes d'admission du moteur. Le système K-Jetronic permet l'utilisation d'installations de post-traitement des gaz d'échappement pour lesquelles un dosage précis de la quantité d'air d'admission est une condition préalable.

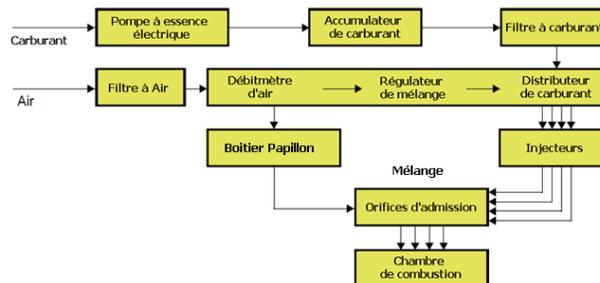


Figure 2.3 : Principe du K-Jetronic [2]

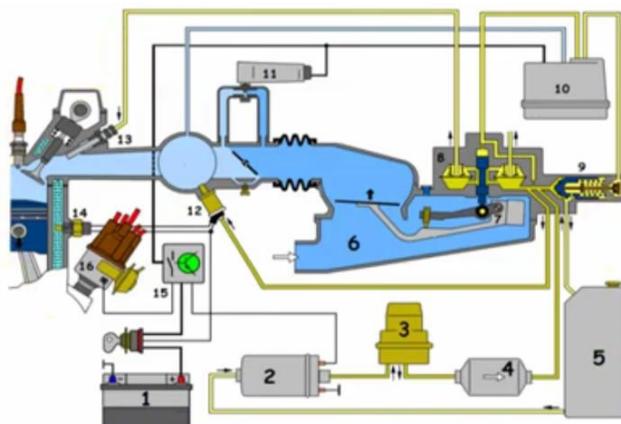


Figure 2.4 : Schéma du système K-Jetronic [2]

1. Batterie ;
2. Pompe électrique à carburant ;
3. Accumulateur de carburant ;
4. Filtre à carburant ;
5. Réservoir à carburant ;
6. Débitmètre d'air ;
7. Plateau sonde ;
8. Doseur-distributeur ;
9. Régulateur de pression d'admission ;
10. Correcteur de réchauffage ;
11. Commande d'air additionnel ;
12. Injecteur de départ à froid (injecteur électrique) ;
13. Injecteur (injecteur mécanique) ;
14. Thermo-contact temporisé ;
15. Module de commande ;
16. Allumeur.

2-3-1-1) Mesure du débit d'air

La quantité d'air aspirée par le moteur est contrôlée par un boîtier papillon et mesurée par un capteur de débit d'air (débitmètre). Le débitmètre d'air est un dispositif très sensible et doit être manipulé avec précaution et ajusté. Le débitmètre d'air fonctionne selon le principe du corps suspendu et mesure la quantité d'air aspirée par le moteur.

L'air circulant à travers l'entonnoir dévie la plaque du capteur de sa position zéro, et ce mouvement est transmis par un système de levier au piston de contrôle qui détermine la quantité d'injection requis pour les fonctions de base (Fig. 4).

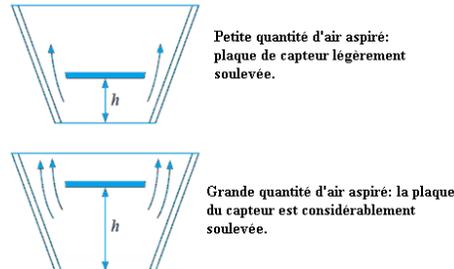


Figure 2.5 : Principe de fonctionnement du capteur de débit d'air [2]

2-3-1-2) Alimentation en carburant

Le système d'alimentation en carburant comprend: une pompe à commande électrique, un accumulateur de carburant, un filtre fin, un régulateur de pression primaire et des soupapes d'injection.

a) Pompe électrique à carburant

La pompe électrique à carburant est une pompe à rouleaux entraînée par un moteur électrique à aimant permanent.

La pompe fonctionne pendant quelques secondes à la mise du contact. Cela permet à la pression de carburant de s'accumuler avant que le moteur ne démarre. Il fonctionne en continu lorsque le moteur démarre.

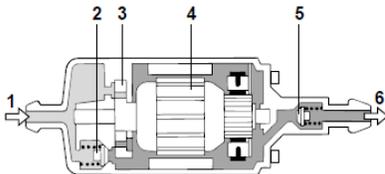


Figure 2.6 : Pompe électrique à carburant [2]

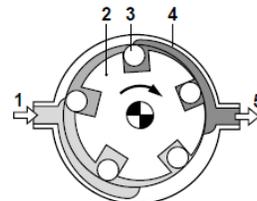


Figure 2.7 : pompe multicellulaire à rouleaux [2]

1. Aspiration;
2. Soupape de sûreté;
3. Pompe multicellulaire;
4. Induit moteur;
5. Clapet de non-retour;
6. Refoulement.

1. Aspiration;
2. Rotor;
3. Rouleau;
4. Carter de pompe;
5. Refoulement.

b) Accumulateur de carburant

L'accumulateur a un rôle important dans le fonctionnement du système K Jetronic. La première tâche de ce dispositif est de lisser les impulsions de carburant. L'autre tâche d'accumulateurs est de maintenir la pression dans le système lorsque le moteur a été arrêté. Lorsque le moteur est arrêté et que tous les clapets anti-retour sont fermés, la pression du ressort contre le diaphragme maintiendra une pression de maintien pendant environ 15 minutes.

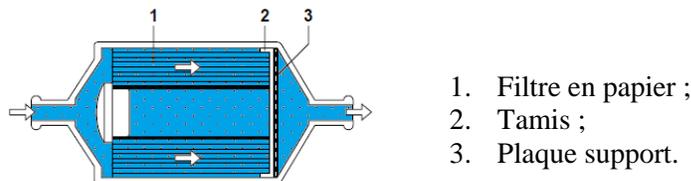


- | | |
|-------------------------|----------------------------------------|
| 1. Chambre de ressort ; | 5. Volume d'accumulation de carburant; |
| 2. Ressort ; | 6. Déflecteur ; |
| 3. Butée ; | 7. Arrivée carburant ; |
| 4. Membrane ; | |

Figure 2.8 : Accumulateur de carburant, (a) Vide et (b) Plein [2]

c) Filtre à carburant

Le filtre à carburant contient un élément en papier soutenu par un piège à peluches. Cette combinaison assure un haut degré de nettoyage. Ce filtre retient les particules présentes dans le carburant et qui autrement auraient un effet néfaste sur le fonctionnement du système d'injection.

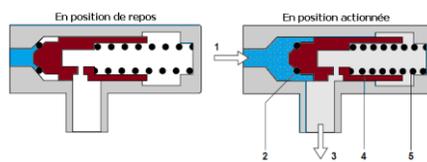


- | |
|-----------------------|
| 1. Filtre en papier ; |
| 2. Tamis ; |
| 3. Plaque support. |

Figure 2.9 : Filtre à carburant [2]

d) Régulateur de la pression d'alimentation

Ce dispositif est intégré au distributeur de carburant, il maintient la pression de refoulement (pression du système) à environ 5 bars. La pompe à carburant délivre plus de carburant, ce qui provoque le déplacement du piston de régulateur et l'ouverture d'un orifice par lequel l'excès de carburant peut être renvoyé vers le réservoir (décharge) Figure 2.10.



- | | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. Entrée de la pression du système ; | 4. Piston ; |
| 2. Joint ; | 5. Ressort de tarage. |
| 3. Retour au réservoir de carburant; | |

Figure 2.10 : Régulateur de pression primaire monté sur le distributeur de carburant

e) Soupapes d'injection du carburant

L'injecteur d'un système d'injection continue est, comme son nom l'indique, il fait circuler le carburant en continu. L'aiguille de l'injecteur est maintenue fermée par un ressort. Le crochet n'est soulevé de son siège que si la pression de carburant est supérieure à la pression du ressort agissant sur le crochet.

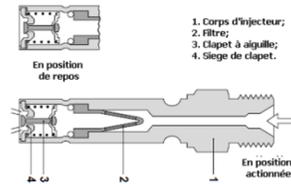


Figure 2.11 : Soupape d'injection de carburant [2]

2-3-1-3) Doseur

La tâche du système de gestion du carburant est de mesurer la quantité de carburant correspondant à la quantité d'air d'admission. Principalement, le dosage du carburant est effectué par l'unité de contrôle du mélange. Celui-ci comprend le capteur de débit d'air (débitmètre d'air) et le distributeur de carburant.

2-3-1-4) Distributeur de carburant

Le distributeur de carburant mesure la quantité de carburant à livrer et la distribue à chaque injecteur. La pression qui se trouve dans le système entre la pompe à carburant et la tête de doseur est contrôlée par le régulateur de pression primaire, situé à l'intérieur de la tête de doseur.

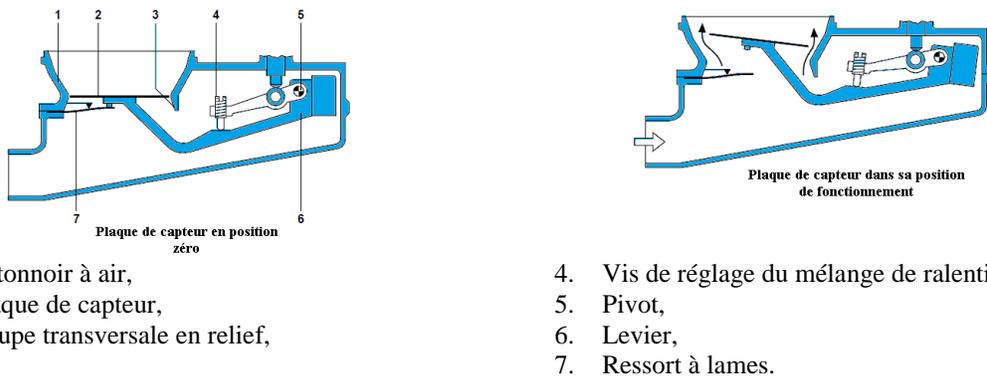


Figure 2.13 : Capteur de débit d'air [2]

2-3-1-5) Adaptation du mélange

Il est nécessaire d'effectuer une adaptation du mélange afin de fournir au moteur le mélange air-carburant optimal. En pratique, cela signifie qu'un mélange plus riche est nécessaire au ralenti et à pleine charge, et un mélange plus pauvre pour la plage de charge partielle.

a) Enrichissement à froid

Selon la température du moteur, la soupape de démarrage à froid injecte du carburant supplémentaire dans le collecteur d'admission pour une période limitée pendant le processus de démarrage. Afin de compenser les pertes de condensation dues à la condensation sur les parois froides du cylindre, et afin de faciliter le démarrage du moteur froid, il faut injecter du carburant supplémentaire au moment du démarrage.

Ce processus est connu sous le nom d'enrichissement par démarrage à froid et aboutit à un mélange air-carburant «plus riche», c'est-à-dire que le facteur d'excès d'air est temporairement inférieur à 1.

b) Vanne de démarrage à froid

La vanne de démarrage à froid (Figure 2.14) est une électrovanne. Un enroulement électromagnétique est installé à l'intérieur de la vanne. Lorsque l'électroaimant est alimenté, l'actionneur soulevé du siège de la soupape ouvre un passage pour que le carburant s'écoule à travers la soupape.

c) Thermo contact temporisé

L'interrupteur thermique limite la durée de fonctionnement de la vanne de démarrage à froid, en fonction de la température. Le Thermo contact temporisé (figure 15) se compose d'un bilame chauffé électriquement qui, en fonction de sa température, ouvre ou ferme un contact.

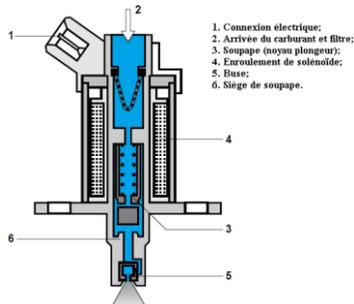


Figure 2.14: Vanne de démarrage à froid en état de fonctionnement [2]

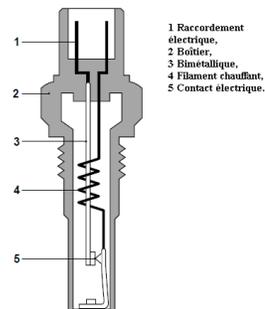
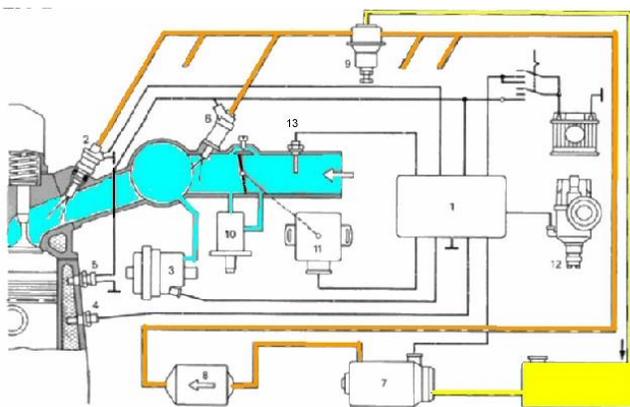


Figure 2.15 : Thermo contact temporisé [2]

2-3-2) D-Jetronic

Le système D-Jetronic a simplement été identifié par Bosch comme étant une injection d'essence à commande électronique. Le «D» signifie Druck - en allemand, car le calcul de la quantité de carburant à injecter était basé sur la pression d'admission. Ce système D-Jetronic est composé de 3 sous-systèmes principaux : le système d'admission d'air, le système de carburant et le système de commande électronique. Il utilise une pression et un débit de carburant constants, de sorte que seule la durée de l'injection doit être modifiée pour contrôler le mélange air-carburant. Le système D-Jetronic mesure le débit d'air entrant en surveillant la pression du collecteur d'admission.

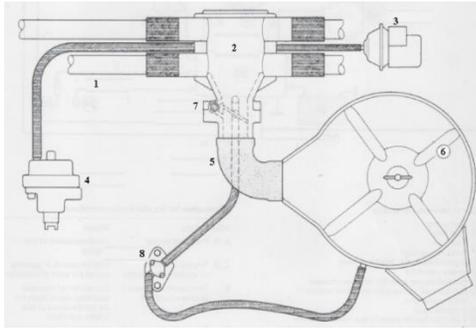


1. Boîtier de commande ;
2. Injecteur ;
3. Capteur de pression ;
4. Capteur de température du liquide de refroidissement ;
5. Interrupteur de temps de température ;
6. Injecteur de démarrage à froid ;
7. Pompe électrique à carburant ;
8. Filtre à carburant ;
9. Régulateur de pression de carburant ;
10. Valve d'air auxiliaire ;
11. Commutateur de position du papillon ;
12. Contacts de déclenchement ;
13. Capteur de température de l'air.

Figure 2.16 : Schéma du système D-Jetronic [3]

2-3-2-1) Système d'aspiration d'air d'admission

Le **collecteur d'admission**, relié à un **distributeur d'air** d'admission, alimente les cylindres en air. Un capteur de pression est connecté au distributeur d'air d'admission. Le **capteur de pression** fonctionne suivant la différence de pression d'admission et la pression atmosphérique et signale **l'unité de commande** en conséquence. Un **papillon** des gaz, actionné par la pédale d'accélérateur, est situé à l'embouchure du **distributeur d'air** d'admission. Le **papillon** des gaz et le **distributeur d'air** d'admission sont reliés au filtre à air par un coude de conduit d'air.



1. Tubes d'admission;
2. Répartiteur d'admission;
3. Interrupteur à pression;
4. Capteur de pression;
5. Coude;
6. Filtre à air;
7. Vis de réglage du ralenti;
8. Dispositif à air auxiliaire (vanne rotative).

Figure 2.17 : Description du système d'air [3]

2-3-2-2) Système d'alimentation en carburant

Une pompe électrique à carburant force le carburant à travers un filtre, dans le système principal. Le système principal se compose d'un injecteur pour chaque cylindre, d'un injecteur de démarrage à froid et d'un régulateur de pression, qui maintient la pression de carburant à 28 psi ($2 \text{ kg/cm}^2 \approx 2 \text{ bar}$). Un système secondaire transporte l'excès de carburant du régulateur de pression vers le réservoir de carburant.

2-3-2-3) Système de contrôle électronique

a) Unité de contrôle électronique UCE

L'UCE détermine la quantité de carburant nécessaire et contrôle la durée pendant laquelle les injecteurs sont maintenus ouverts pendant chaque course de piston. L'UCE fera varier cette durée en fonction des entrées des capteurs suivants:

1. L'entrée principale est celle du capteur de pression de répartiteur d'admission qui mesure le débit d'air en surveillant la pression de répartiteur d'admission. Il est connecté au répartiteur d'admission via un tuyau en caoutchouc.
2. Position de l'accélérateur et mouvement relatif de l'accélérateur à partir de l'interrupteur de position du papillon, qui est connecté à l'arbre du papillon.
3. Température du liquide de refroidissement provenant d'un capteur de température, généralement installé dans la culasse à proximité du boîtier du thermostat.
4. Température de l'air ambiant à partir d'un capteur de température de l'air, qui est généralement situé dans le boîtier du filtre à air.
5. un ensemble de points de déclenchement double, situés dans la base du distributeur, qui synchronise la synchronisation des injecteurs de carburant avec les courses de piston correctes.

b) Capteur de pression

Le capteur de pression est situé dans le compartiment moteur et est relié au répartiteur d'admission par un tuyau d'aspiration. Ce capteur contrôle la quantité de base de carburant à injecter, en fonction de la pression dans le répartiteur d'admission.

c) Capteur de température d'admission d'air

Le capteur de température de l'air fournit à l'unité de commande des informations sur la température de l'air, de sorte que l'unité de commande peut augmenter la quantité d'injection si nécessaire à une température d'air d'admission basse.

d) Capteur de température du moteur

Le capteur de température du moteur fournit au calculateur des informations sur la température du liquide de refroidissement. Cela permet à l'unité de contrôle d'adapter l'intervalle d'injection et de déterminer combien de temps l'injecteur de démarrage à froid doit rester ouvert pendant le démarrage à froid.

e) Contacts de déclenchement

Les contacts de déclenchement sont situés dans le distributeur. Ils fournissent des signaux qui déterminent quand et dans quel cylindre le carburant doit être injecté. Les contacts fournissent également des informations concernant la vitesse du moteur pour déterminer la quantité de carburant à injecter dans le moteur.

f) Commutateur de papillon

L'interrupteur de papillon des gaz est monté sur le boîtier de papillon. Cet interrupteur signale à l'unité de commande la position du papillon. Pendant la décélération, au-dessus de 1500 tr/min, l'interrupteur d'accélérateur coupe l'alimentation en carburant et en dessous de 900 tr/min, l'alimentation en carburant est ouverte.

g) Valve d'air auxiliaire

Pendant les démarrages à froid, la vanne d'air auxiliaire s'ouvre pour permettre à l'air supplémentaire d'entrer dans le conduit d'entrée. Lorsque le moteur se chauffe, un élément bimétallique se dilate et ferme la soupape. À environ 80°C, le tuyau d'air auxiliaire est complètement fermé par la vanne.

2-3-3) L- Jetronic

Le L provient du mot allemand "**Luftmengenmessug**" qui signifie, Mesure du volume d'air. Sur l'ancien système D-Jetronic, la distribution de carburant était régulée par un capteur de pression du répartiteur d'admission. Sur le nouveau système, L-Jetronic, le débit de carburant est régulé par un capteur de débit d'air (débitmètre volumétrique) de type à palettes qui contient un volet connecté à un potentiomètre. Le calage de l'allumage est toujours contrôlé par le distributeur conventionnel. Dans le système L-Jetronic, le carburant est injecté par intermittence dans le répartiteur d'admission juste en face des soupapes d'admission.

2-3-3-1) Principe de fonctionnement

Il existe 3 fonctions principales d'un L-Jetronic :

1. **Pour pressuriser le carburant** : le système L-Jetronic fournit du carburant de réservoir aux soupapes d'admission à une certaine pression requise pour l'injection.
2. **Pour surveiller les capteurs** : l'unité de commande doit enregistrer les signaux importants de divers capteurs tels que le capteur de débit d'air, le capteur de papillon, le capteur de régime moteur, le capteur de température du moteur, ...etc.
3. **Pour régler la quantité de carburant** : les signaux des capteurs sont traités par l'unité de commande et des impulsions sont générées pour faire varier la quantité d'injection de carburant.

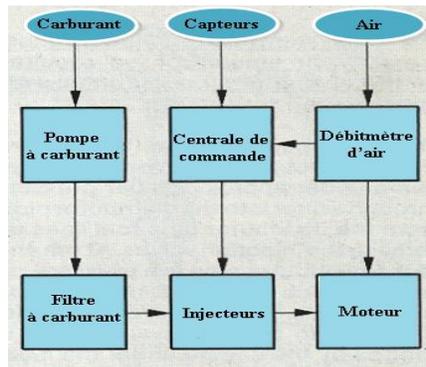


Figure 2.18 : Principe de fonctionnement de L-Jetronic

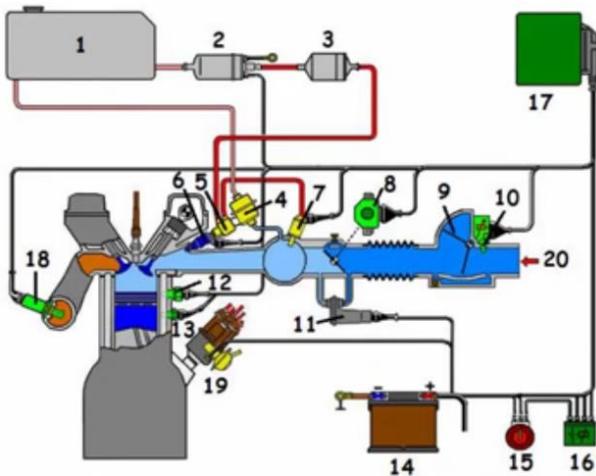


Figure 2.19 : Schéma du système L-Jetronic [3]

1. Réservoir de carburant ;
2. Pompe électrique à carburant ;
3. Filtre à carburant ;
4. Régulateur de pression ;
5. Pompe de distribution ;
6. Injecteur ;
7. Injecteur de départ à froid ;
8. Commutateur de papillon ;
9. Débitmètre d'air ;
10. Sonde de température d'air ;
11. Commande d'air additionnel ;
12. Thermo-contact temporisé ;
13. Sonde de température du moteur ;
14. Batterie ;
15. Interrupteur d'allumage et de démarrage ;
16. Relais ;
17. Centrale de commande ;
18. Sonde lambda ;
19. Allumeur ;
20. Entrée d'air.

2-3-3-2) Régulateur de pression

Le régulateur de pression est un dispositif commandé par diaphragme qui régule la pression du carburant à 2,5 bars. Si la pression dépasse la pression de consigne, le carburant du rail retourne vers le réservoir via un clapet de retour dans le régulateur.

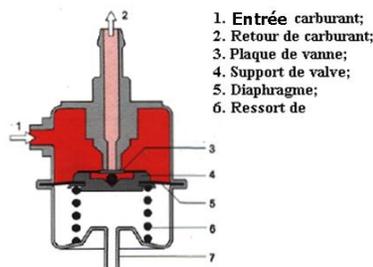


Figure 2.20 : Régulateur de pression du carburant [3]

2-3-3-3) Débitmètre volumétrique d'air

C'est la principale variable de contrôle pour déterminer la quantité de carburant injecté. Le débitmètre d'air a un volet à l'intérieur du capteur. Lorsque l'air est aspiré à travers le capteur, le volet tourne et un ensemble de contacts se déplace le long d'une piste à résistance variable. Cela envoie une tension variable à l'UCE proportionnellement à l'air aspiré dans le moteur. Ce capteur est plus communément appelé potentiomètre.

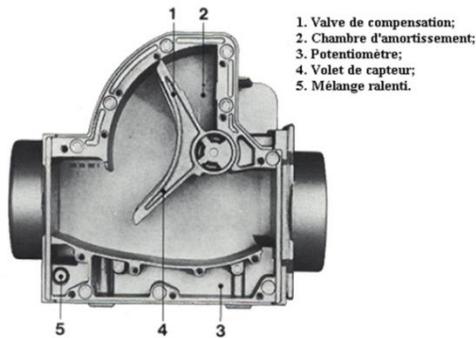


Figure 2.21 : Débitmètre volumétrique d'air [3]

2-3-3-3) Capteur de température d'air

Le capteur de liquide de refroidissement lorsqu'il est froid (lorsque le moteur est froid), signale à l'ECU (calculateur) d'enrichir le mélange. Au fur et à mesure que le moteur chauffe, la résistance à travers le capteur change, ce qui indique à l'ECU de ramener progressivement la durée d'injection à la normale lorsqu'elle atteint la température de fonctionnement.



Figure 2.22 : Capteur de température d'air [3]

2-3-3-4) Injecteurs électroniques de carburant

Les injecteurs électroniques de carburant injectent une quantité précise de carburant à travers les soupapes d'admission. Chaque cylindre est équipé de son propre injecteur de carburant. Tous les injecteurs sont des électrovannes.

2-3-3-5) Injecteur de démarrage à froid

Du carburant supplémentaire est fournie au moteur pendant la période initiale de la phase de démarrage à froid. Ceci est nécessaire en raison de la condensation du mélange air-carburant lorsque le moteur est froid. Cet enrichissement de démarrage à froid est basé sur les conditions de température et est réalisé en prolongeant la période de la durée du temps réel d'ouverture de la soupape d'injection sur la base des calculs par l'unité de commande électronique.

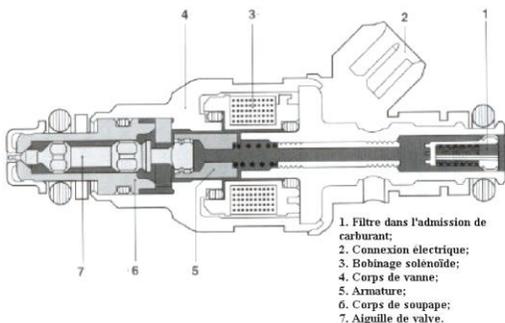


Figure 2.23 : Injecteurs de carburant [3]

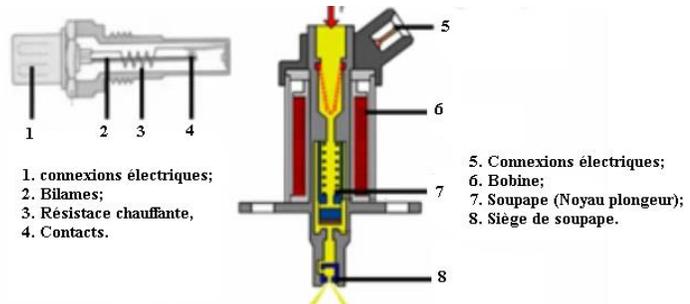


Figure 2.24 : Injecteur de départ à froid [3]

Sources documentaires

- [1] Technique de diagnostic dans le secteur automobile, juillet 2001
- [2] Gasoline Fuel-Injection System K-Jetronic, Technical Instructions/ Robert Bosch, 1997
- [3] Porsche D-Jetronic Manual
- [4] Bosch Technical Instructions L-Jetronic