

L'injection d'essence

Objectifs du cours

Rendre l'élève capable de :

- Définir les différents systèmes d'injection.
- Énoncer les différents principes de la mesure du débit d'air.

Prérequis

- Cours: La carburation

1. Naissance et évolution du système d'injection

Les premières réalisations de moteur à injection d'essence (1903) étaient destinées à remplacer les carburateurs mal adaptés à l'alimentation des moteurs d'avion (problème de givrage en altitude, risque incendie, difficulté d'alimentation lors des figures ...). Ces injections étaient des injections mécaniques.

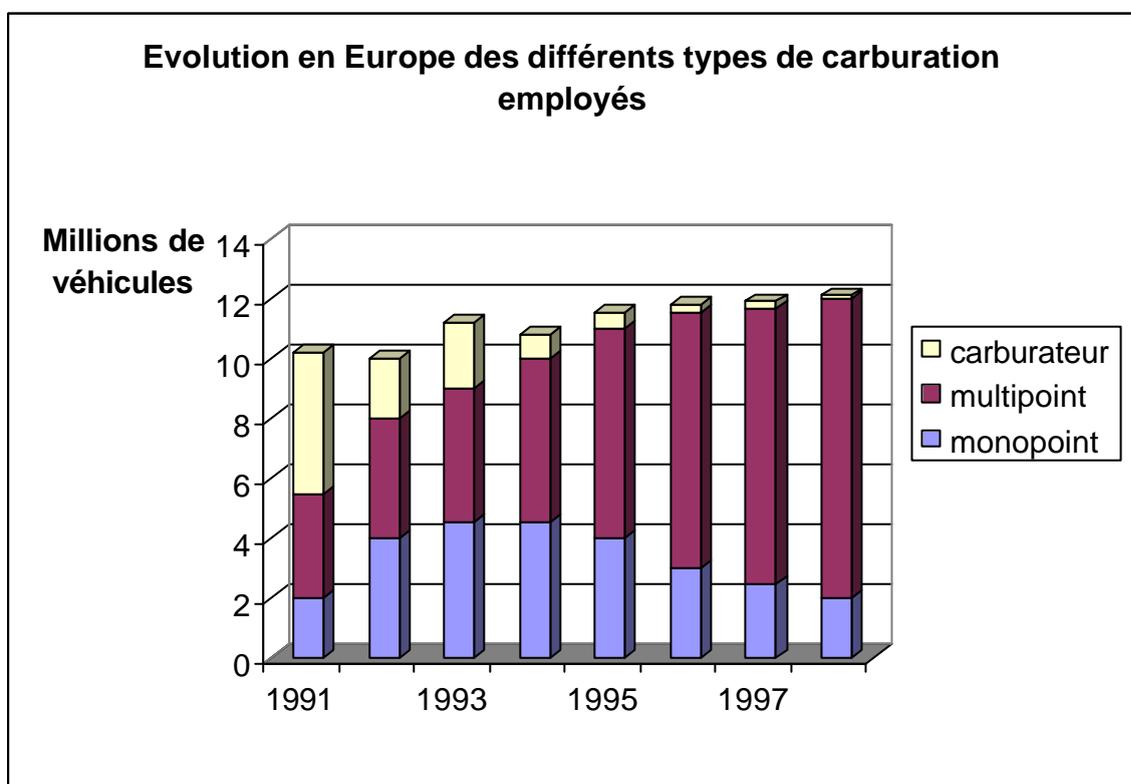
L'injection d'essence permettait d'augmenter sensiblement les performances du moteur.

Grâce à l'injection le flux d'air n'a plus en charge de créer la dépression nécessaire à l'aspiration de l'essence (présence d'une buse) et ce pour laisser plus de liberté tant aux dimensions qu'aux dessins du collecteur d'admission. Les caractéristiques du mélange d'air et d'essence sont plus favorables au déroulement du processus de combustion:

- l'injection lorsqu'elle est multipoints permet un ajustement et une similitude du dosage sur chaque cylindre
- la structure du mélange (meilleure vaporisation de l'essence, temps limité de contact entre l'essence et l'air) augmente le délai d'auto inflammation et donc permet une augmentation du rapport volumétrique.

L'exploitation de ces deux avantages (notamment l'augmentation du remplissage), a permis d'augmenter les valeurs moyennes de couple et de puissance (environ 10 à 20 % supérieure) à celle des moteurs à carburateur.

Un tournant décisif apparaît au milieu des années 80 pour l'injection d'essence. La nécessité de protéger l'environnement trouve dans l'injection d'essence un système apte à mieux maîtriser les rejets polluants. Sa faculté à respecter les normes antipollution de plus en plus sévères est préférée à sa vocation initiale qui visait à augmenter les performances. L'injection d'essence par le nombre de paramètres pouvant être pris en compte et par la mesure ou la modulation fine de chacun de ces paramètres devient incontournable lorsqu'il s'agit de moins polluer.



A l'heure actuelle, les constructeurs automobile élaborent de nouveaux systèmes d'injection, où l'essence sera directement injectée dans le cylindre (injection directe). La première application de ce système, développée par Mitsubishi fut commercialisée en 1997.

2. Classification des systèmes d'injection

- Les systèmes d'injection sont dits indirect (injection en amont de la soupape d'admission).
- Le système d'injection est dit:
 - **Mécanique** quand le dosage air/essence est réalisée mécaniquement (ex : Bosch KJ sur Golf I, Mercedes; Kugel-Fischer sur BMW, 504 TI; Lucas...)
 - **Electronique** quand il y a une centrale de commande qui gère le fonctionnement du système (ex : Bosch LJ, LU, LH, LE, Mono-jetronique, Renix, Fenix ...)
- Le système d'injection:
 - **Monopoint** : un seul injecteur, il alimente l'ensemble des cylindres.
 - **Multipoints** : un injecteur par cylindre, il est placé près de la soupape d'admission et limite ainsi les problèmes de condensation et de répartition.
- L'injection d'essence peut-être :
 - **Continue** : (ex : KJ)
 - **Discontinue** : dans ce cas le fonctionnement peut-être :
 - **Simultanée** (les 4 ou 6 en même temps)
 - **Séquentielle** (chaque injecteur est commandé une fois par cycle en phase d'admission)
- Deux familles peuvent encore se distinguer selon la mesure du débit d'air :
 - **Mesure directe**
 - **Mesure indirecte**

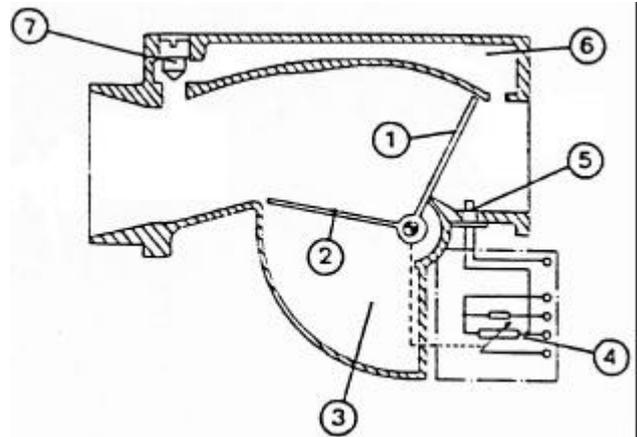
Ce dernier point est développé dans les pages suivantes.

3. Principe de mesure du débit d'air

- Mesure directe:

➤ Par débitmètre à volet sonde

Le flux d'air d'admission déplace le volet sonde contre la force de rappel constante d'un ressort et l'amène dans la position angulaire définie, qui est convertie par un potentiomètre en un rapport de tension électrique. Le débitmètre comporte la sonde de température d'air d'admission, qui détecte les variations de la masse volumique de l'air dues aux variations de température.



1: volet mobile

2: volet amortisseur

3: chambre de compensation

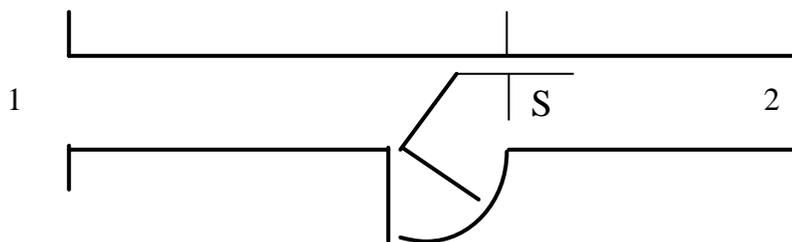
4: potentiomètre

5: sonde de température d'air

6: canal de dérivation

7: vis de réglage du mélange au ralenti

Application du théorème de Bernoulli entre les points 1 et 2.



On obtient $C_2 = \sqrt{2K \cdot \frac{\Delta P}{\rho}}$ avec $K = \frac{1}{\xi - 1} = \text{variable}$

(perte de charges variables)

et $Q_{v \text{ air}} = S \cdot \sqrt{2K \cdot \frac{\Delta P}{\rho_{\text{air}}}}$

conclusion: l'info prise en compte par le calculateur est la position du volet mobile, fonction de la différence de pression de chaque côté du volet.

Il faudrait connaître ρ_{air} pour interpréter le débit massique, cependant il n'y a pas de correction en fonction de la pression atmosphérique. Il ne mesure donc ni Q_v , ni Q_m , il prend une quantité proportionnelle à Q_v ou Q_m .

La mise au point de ce système se fait par essais, pour telle position du volet, il faut ouvrir l'injecteur pendant un certain temps et ces infos sont cartographiées dans une mémoire.

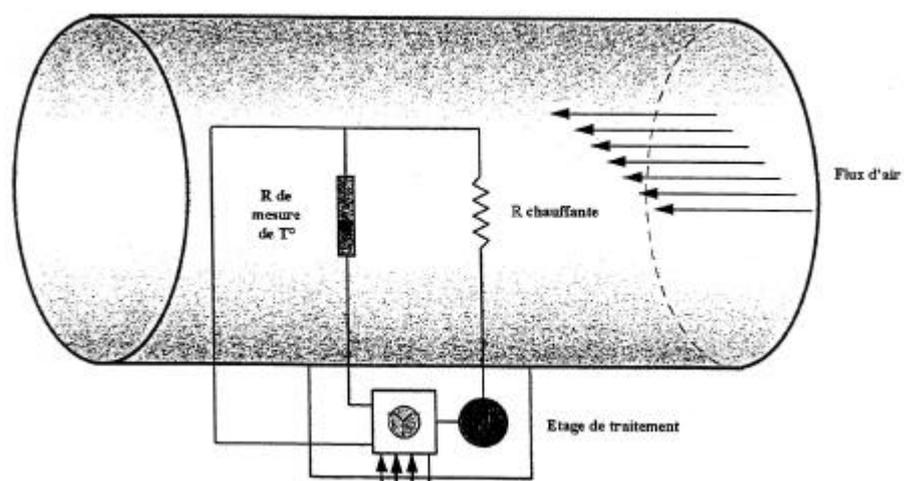
➤ Débitmètre à fil chaud

Le flux d'air d'admission passe par un fil chaud. Ce fil fait partie d'un montage électrique en pont. Il est maintenu par le courant qui le traverse à une température constante, supérieure à celle de l'admission. Selon ce principe le courant de chauffage est une expression de la masse d'air aspirée par le moteur. Ce courant est converti en un signal de tension traité par une centrale de commande comme principal paramètre d'entrée, plus le régime (pour le remplissage).

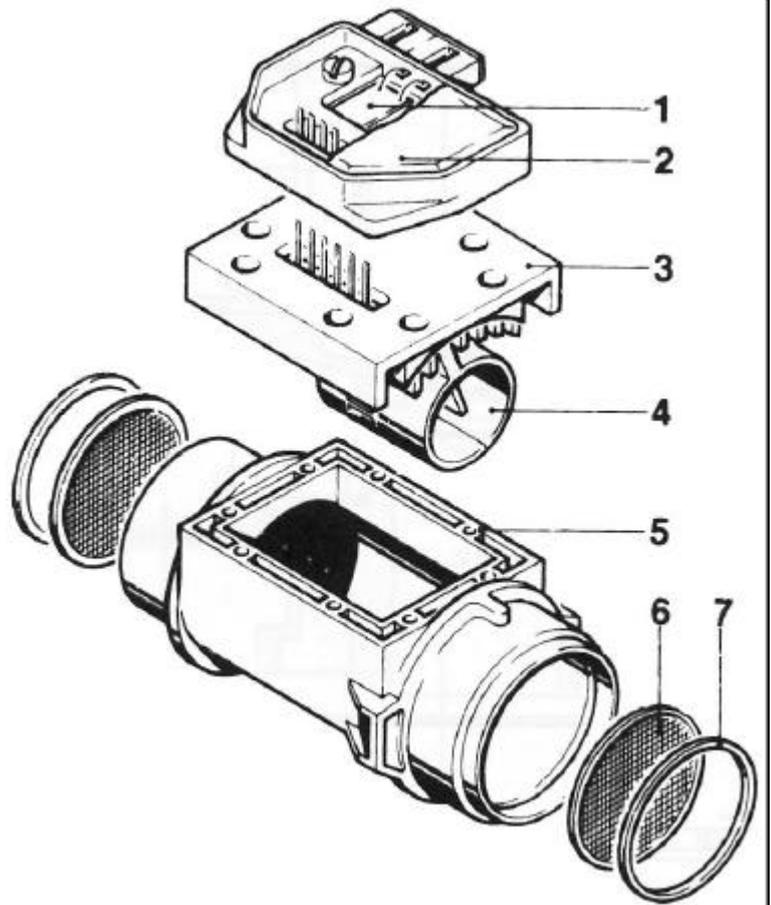
Une sonde de température est montée dans le débitmètre.

L'encrassement du fil chaud pouvant entraîner une variation du signal de sortie, le fil est porté électriquement à une température très élevée pendant une seconde après l'arrêt du moteur.

Le débitmètre ne possède aucune pièce mobile et n'oppose qu'une faible résistance à l'écoulement dans le canal d'admission.



- 1: circuit hybride
- 2: couvercle
- 3: corps métallique
- 4: tube interne avec fil chaud
- 5: Boîtier
- 6: écran de protection
- 7: anneau de maintien



- Mesure indirecte:

➤ système pression-vitesse

Principe de mesure: En théorie, sur un cycle moteur, $M_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{cyl}}$

Or si on tient compte des phénomènes de balayage et de recirculation interne des gaz d'échappement, du au croisement de soupapes, il faut tenir compte du remplissage.

On appelle $K(n)$, coefficient multiplicateur fonction du remplissage, donc fonction du régime moteur, déterminé par les motoristes au banc d'essai.

C'est-à-dire pour un régime et un a papillon donné il y a un remplissage donc un $K(n)$, mémorisé et cartographié par le calculateur.

Détermination de la masse d'essence à injecter ou temps d'injection:

$$\begin{aligned}
 M_{\text{essence}} &= d \cdot M_{\text{air}} \\
 &= d \cdot K(n) \cdot \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{cyl}} \\
 &= d \cdot K(n) \cdot \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot V_{\text{cyl}}
 \end{aligned}$$

avec : d ? suivant la cartographie
 K(n) ? capteur de vitesse moteur
 P ? capteur de pression tubulure
 T ? capteur de température
 V_{cyl} ? connu

Ce système mesure donc une masse, et il n'y a pas de pertes de charge à l'admission.

L'inconvénient principal du système pression–vitesse est l'évolution du remplissage lors de l'usure et de l'encrassement du moteur. Il n'en tient pas compte, cependant, ce problème est résolu en adaptant une régulation de richesse (une sonde analyse les gaz d'échappement qui sont à l'image des gaz d'admission, et le système corrige sa cartographie, il est dit auto adaptatif.

➤ système position papillon–vitesse ou alpha-vitesse

Le potentiomètre fixé sur le papillon informe le calculateur de sa position, associé à un capteur de vitesse moteur, le calculateur détermine le temps d'injection par lecture d'une cartographie mémorisée, utilisant ces 2 paramètres.

Il n'y a pas de correction en fonction de ρ_{air} .

Remarque: Certains systèmes pression-vitesse sont équipés d'un capteur de position papillon, afin de déterminer les phases d'accélération, de décélération, de ralenti et de pleine charge.