

Injection :

L'automobile p 72

L'injection d'essence ne doit pas être confondue avec l'injection des moteurs diesel, ou avec l'injection directe d'essence (dans le cylindre). Les injections modernes sont l'évolution des carburateurs, elles injectent un brouillard d'essence à l'**extérieur** de la chambre de combustion.

But :

- 1. Fabriquer un mélange plus précis (Carbu $\approx \pm 20$ % en bas régimes)*
- 2. Freiner au minimum le passage de l'air pour favoriser le remplissage, donc la puissance*
- 3. Mieux répartir le mélange entre les cylindres.*
- 4. Eviter la condensation dans les tubulures et les problèmes de reprise. (permettre l'utilisation de tubulures utilisant les ondes de pression)*
- 5. Permettre l'utilisation d'un catalyseur avec sonde λ*

Fonctionnement :

Quel que soit le type d'injection, le principe de base est identique.

Le dosage de la puissance du moteur se fait par un papillon qui freine l'arrivée d'air.
L'essence est injectée sous forme de brouillard juste **avant la soupape d'admission**.

On mesure la quantité d'air que laisse passer le papillon et on injecte la quantité d'essence correspondante

Les injections se différencient surtout par le principe de dosage du carburant ou par la méthode de mesure du débit d'air, mais à part ces différences le fonctionnement est très ressemblant d'une marque à l'autre.

Nous ne verrons pas l'injection mécanique « K » de Bosch, mais l'injection électronique « L » et ses améliorations, ainsi que les monopoint.

Injection « L »

(livre page 84)

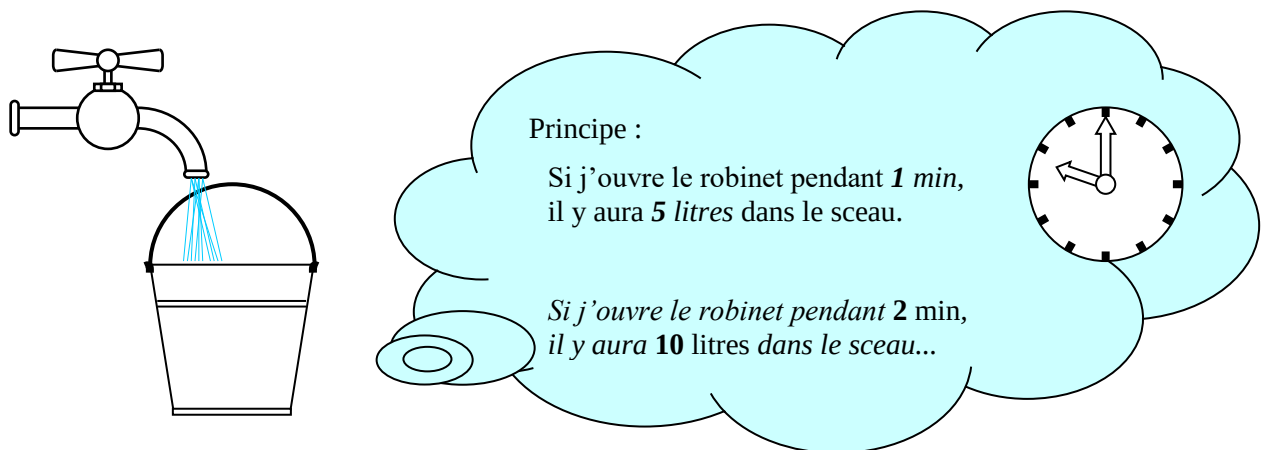
Le principe :

L'injection peut se décomposer en trois parties :

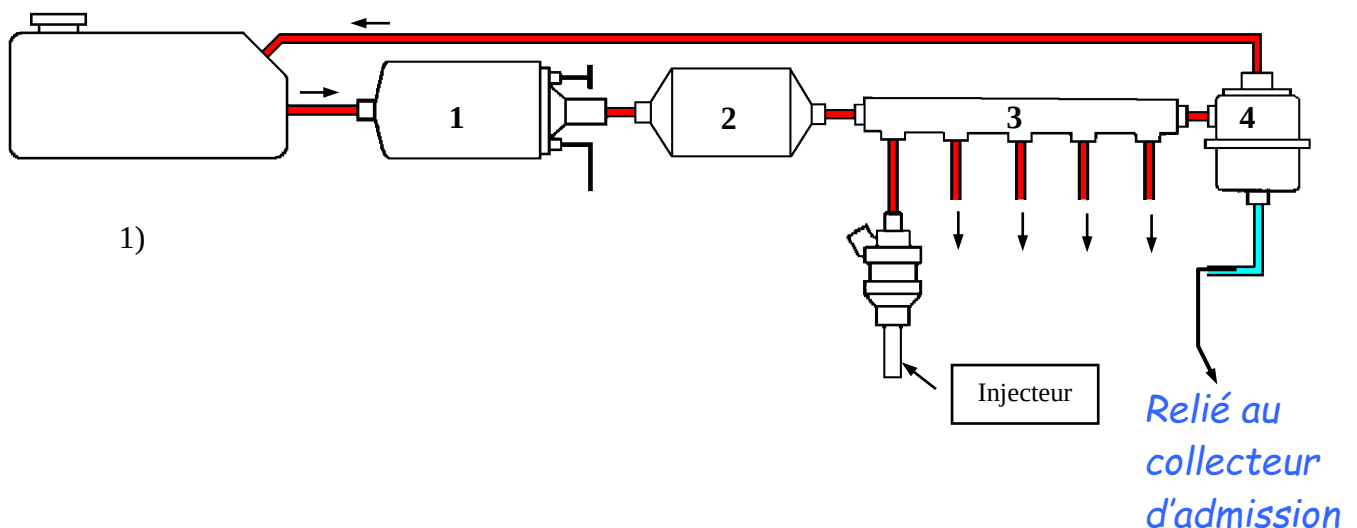
- Le circuit d'**alimentation**, qui amène, diffuse et dose l'essence.
- Les **capteurs** qui informent le boîtier électronique des conditions de fonctionnement du moteur.
- Le **boîtier électronique**, qui d'après les informations des capteurs, calcule la quantité d'essence à injecter, et commande l'ouverture des injecteurs.

Dosage :

Mécaniquement il est très difficile de concevoir et de commander une vanne à ouverture proportionnelle. Pour cette injection, on a donc choisi d'utiliser une ouverture de section constante, soumise à une différence de pression constante, ce sont les **injecteurs**. Que l'on soit à plein gaz ou au ralenti, lorsque l'injecteur est ouvert, le débit (l/min) qui le traverse est toujours le même. **Ce qui fait varier la quantité d'essence injectée, c'est le temps pendant lequel les injecteurs restent ouverts.**



Circuit d'alimentation



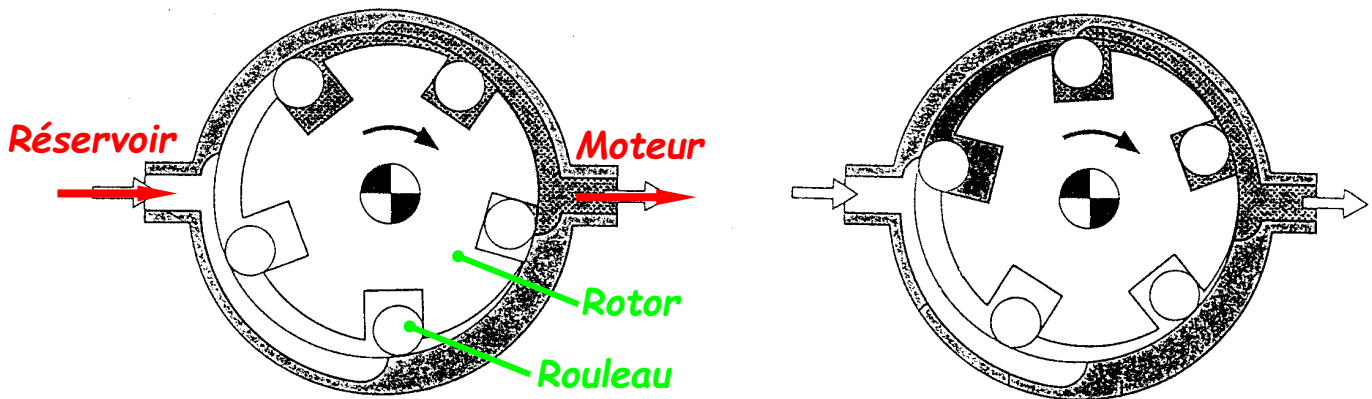
Pompe à essence à rouleaux :

Elle fournit une pression de $\approx 2,5 \text{ à } 3$ bars selon modèles.

Elle ne fonctionne que quand le moteur tourne, et son débit ($\approx 2,5 \text{ L/min}$) est toujours très largement supérieur à la consommation du moteur.

Le moteur est noyé dans l'essence (le carburant ne peut pas s'enflammer car $\lambda \approx 0$).

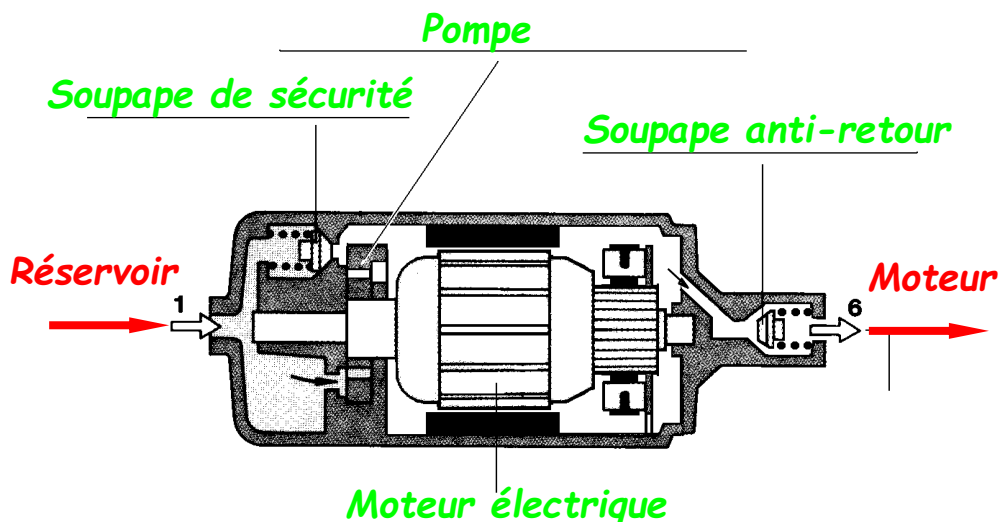
Le moteur entraîne un rotor à encoches, tournant dans un carter excentré. Les rouleaux, poussés vers l'extérieur par la force centrifuge, assurent l'étanchéité entre le rotor et le carter, isolant des chambres dont le volume varie, refoulant ainsi l'essence en direction du doseur distributeur. Les rouleaux permettent de limiter le frottement et donc de supporter de travailler sans lubrification.



La pompe est équipée d'une soupape de sécurité qui limite la pression dans le but d'éviter la destruction de la pompe si la conduite était bouchée.

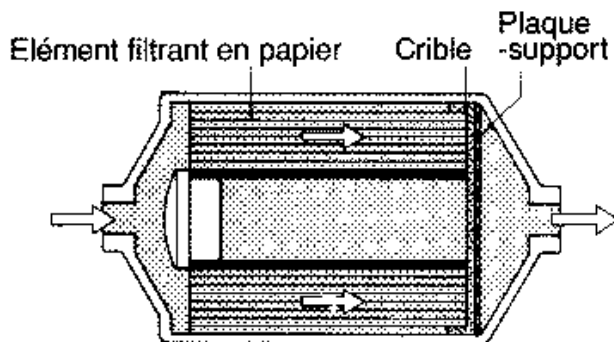
Une soupape anti-retour permet d'éviter la vaporisation, après l'arrêt du moteur

La pompe aspire directement dans le réservoir par un tuyau très court, ou est carrément plongée à l'intérieur de celui-ci pour éviter le vapor-lock



2) Filtre :

Il retient les impuretés du carburant jusqu'à $\approx 10 \mu$. Il à un sens de passage.

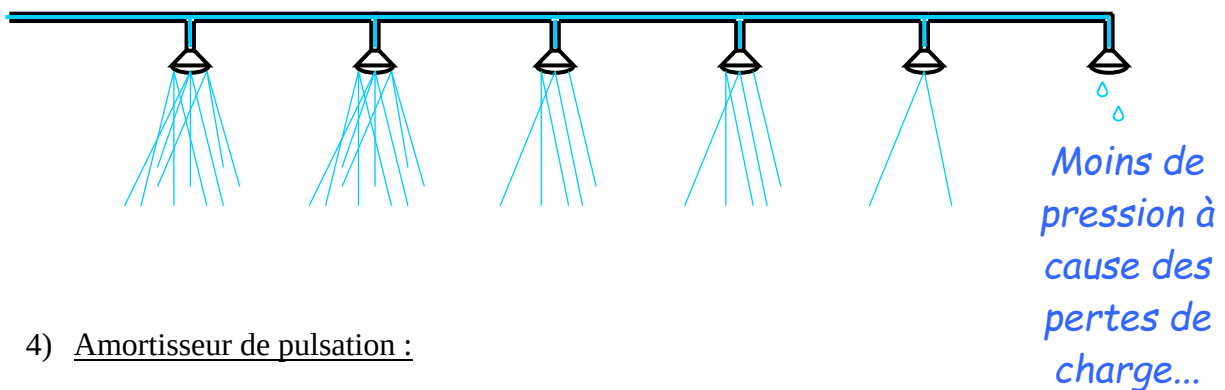


Il est monté après la pompe pour éviter
le vapor-lock , et ne
protège donc pas celle-ci des impuretés.

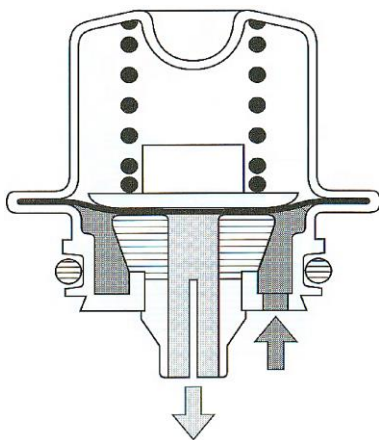
3) Rampe de distribution :

C'est simplement un tuyau de grande section qui assure la même pression d'alimentation à tous les injecteurs en évitant les pertes de charge. Dans certain cas un amortisseur de vibration (pulsations) est situé juste avant la rampe de distribution

Douches de camping = mauvaise rampe de distribution...



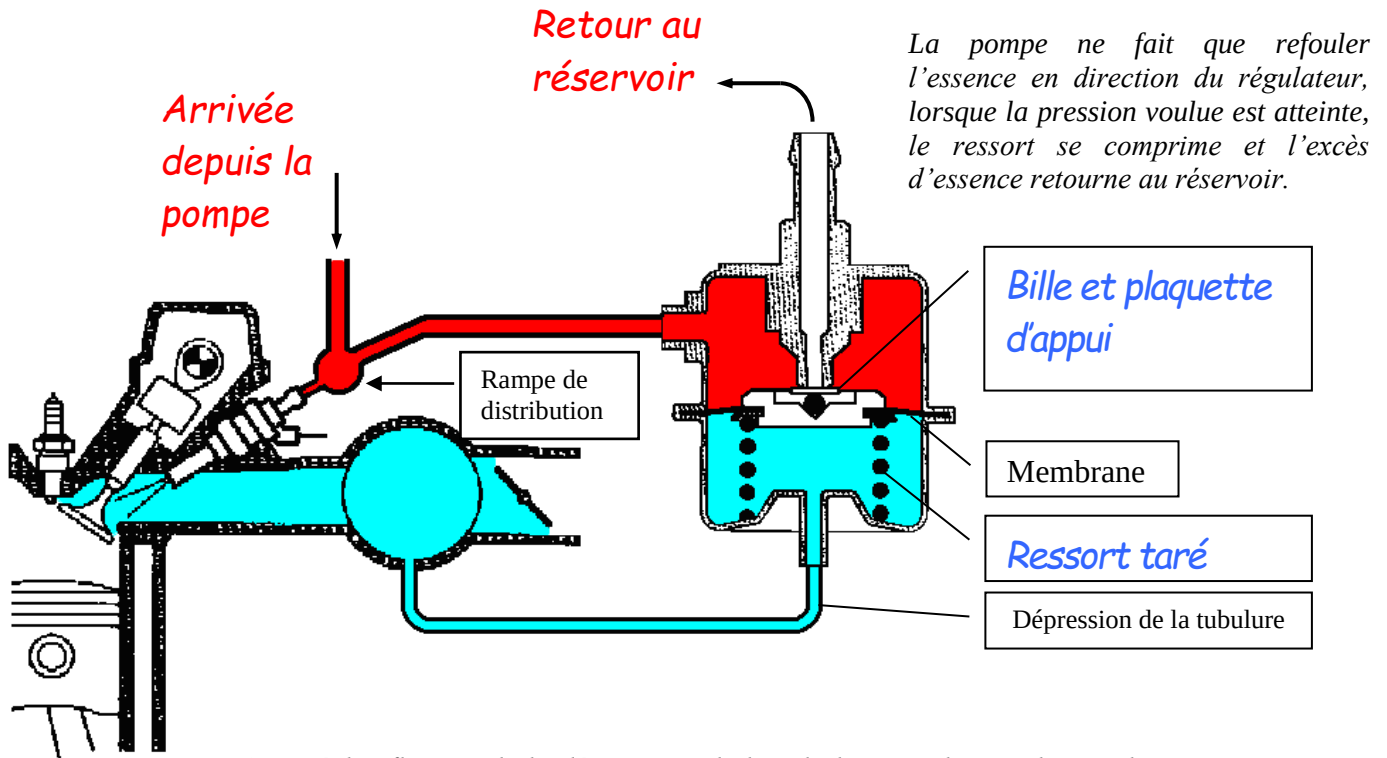
4) Amortisseur de pulsation :



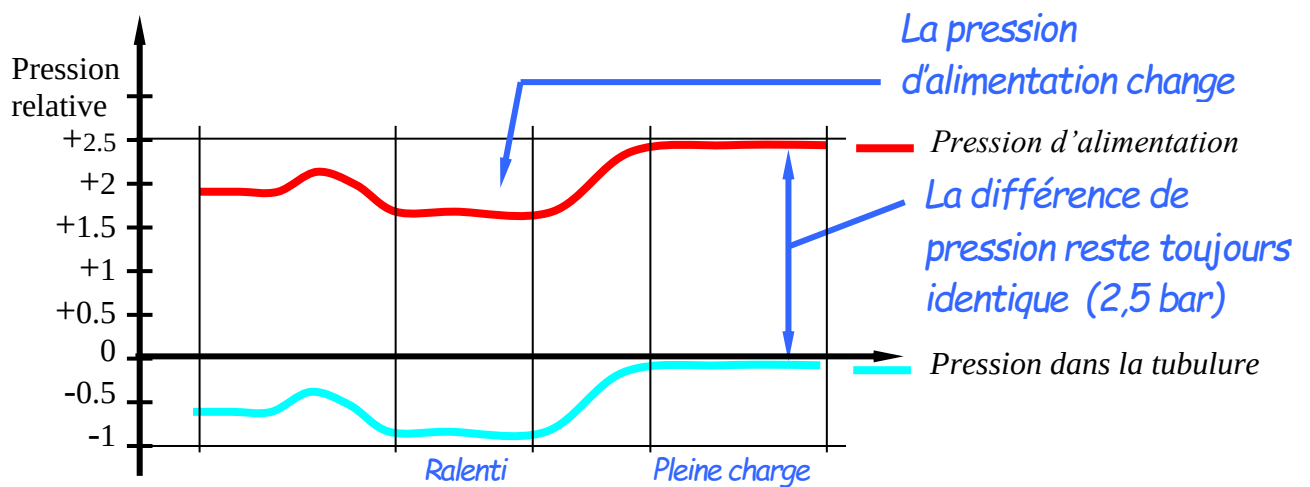
Il est composé d'une membrane, d'un piston et d'un ressort. Les pulsations de la pression d'essence sont amorties par un léger mouvement du piston.

5) Régulateur de pression :

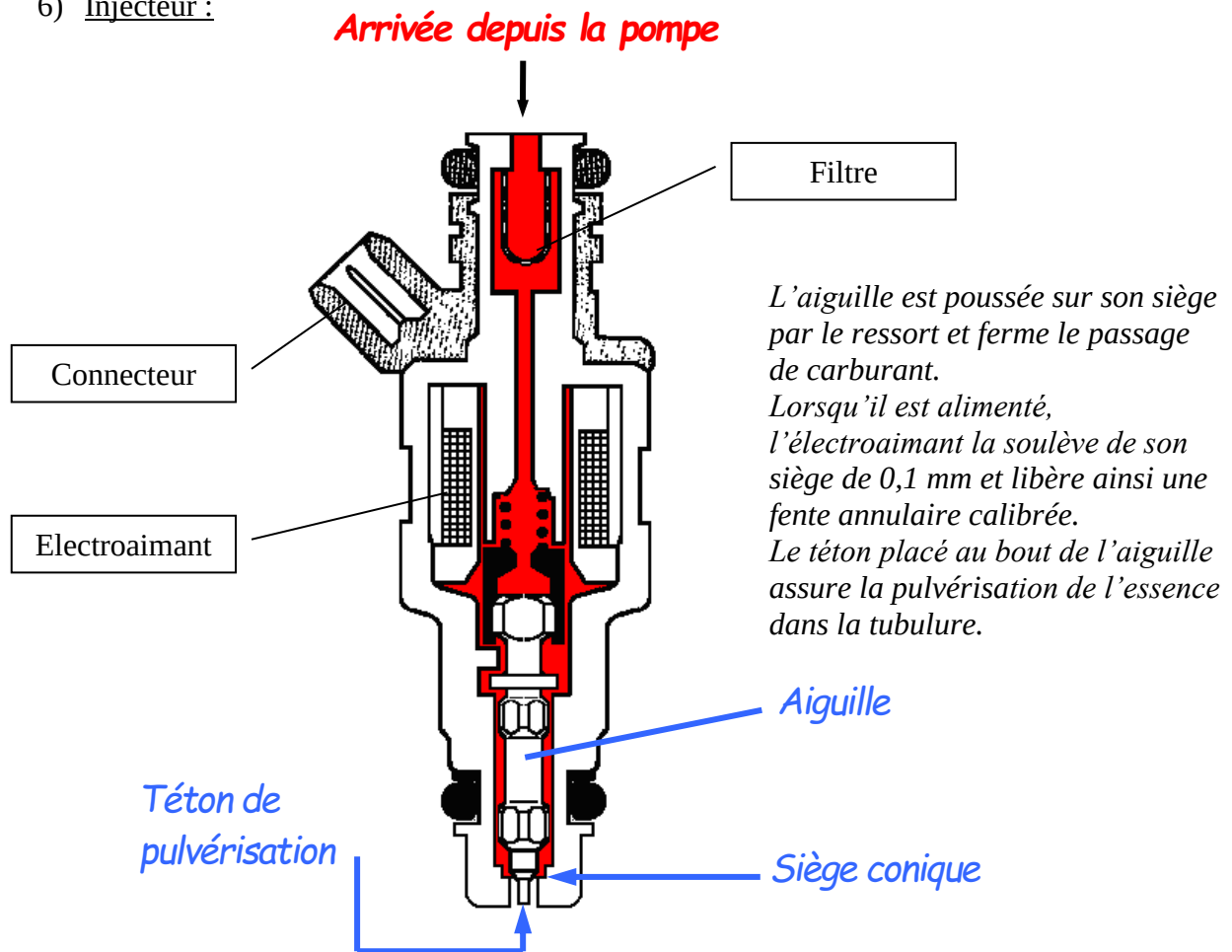
Il limite la pression après la rampe de distribution, et il est influencé par la pression dans la tubulure de manière à assurer toujours la même différence de pression aux injecteurs.



Grâce à l'influence de la dépression de la tubulure sur la membrane, la pression d'alimentation des injecteurs est en permanence modulée pour être toujours de 2,5 bar supérieure à la pression de la tubulure. Ainsi, quelle que soit la grandeur de l'ouverture du papillon, l'étrangleur (le gicleur) situé dans l'injecteur est toujours soumis à la même différence de pression.



6) Injecteur :



C'est l'injecteur lui-même qui fait le dosage de la quantité d'essence injectée.
Pour que le principe expliqué à la première page fonctionne, il faut que l'injecteur, lorsqu'il est ouvert, laisse passer toujours le même débit, dans toutes les situations d'utilisation.

Le débit passant à travers l'injecteur dépend :

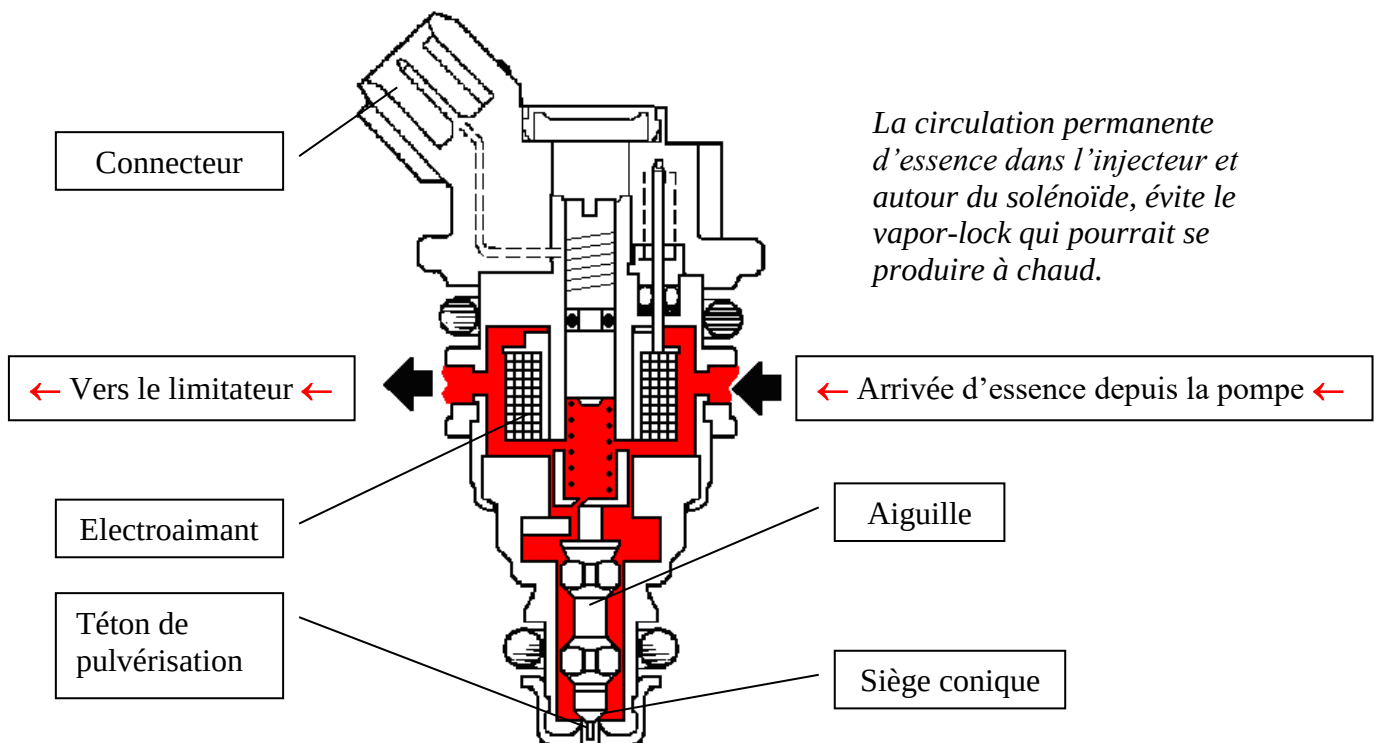
- | | | | |
|---|-----|--|------------------------------|
| • <u>De la différence de pression entre l'alimentation et la tubulure</u> | } → | Déterminé par <u>le régulateur de pression</u> | } Toujours constant ! |
| • <u>De la section de passage libérée lors de l'ouverture.</u> | | Déterminé par <u>la levée de l'aiguille</u> | |

La quantité injectée par course d'admission dépend donc plus que uniquement :

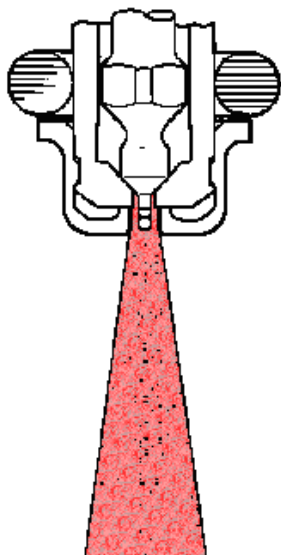
- | | | |
|--------------------------------|---|------------------------------------|
| • <u>Du temps d'ouverture.</u> | → | Réglé par le boîtier électronique. |
|--------------------------------|---|------------------------------------|

Le boîtier n'a plus qu'à alimenter l'injecteur pendant la durée correspondant au volume d'essence désiré.

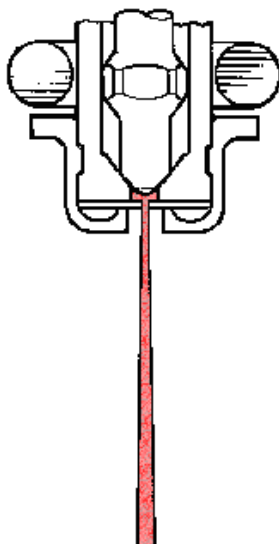
Dans le but de diminuer l'encombrement, et d'améliorer le refroidissement des injecteurs, les injections modernes utilisent de plus en plus des injecteurs à flux radial :



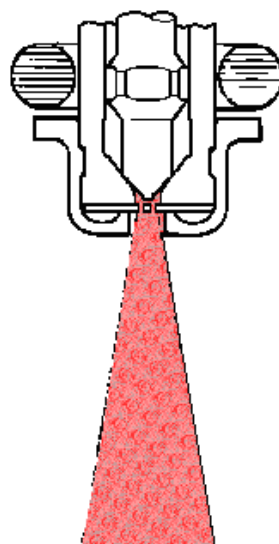
Des améliorations ont aussi été apportées en ce qui concerne le dosage. Les injecteurs utilisant la course de l'aiguille pour libérer une fente annulaire à l'endroit du siège conique, ont été remplacés par des injecteurs dont la section libérée lors de l'ouverture est donnée par un ou plusieurs trous calibrés situés juste à la sortie de l'injecteur :



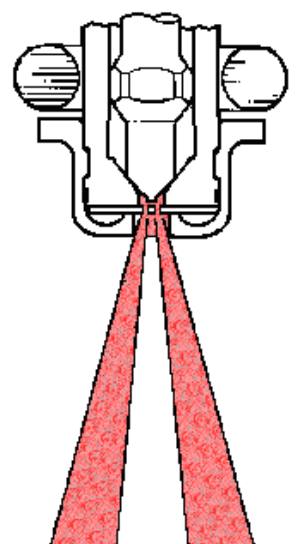
Dosage classique par fente annulaire. La course de l'aiguille détermine la section de passage libérée



Dosage monotrou. La section de passage est donnée par le trou dans la partie inférieure



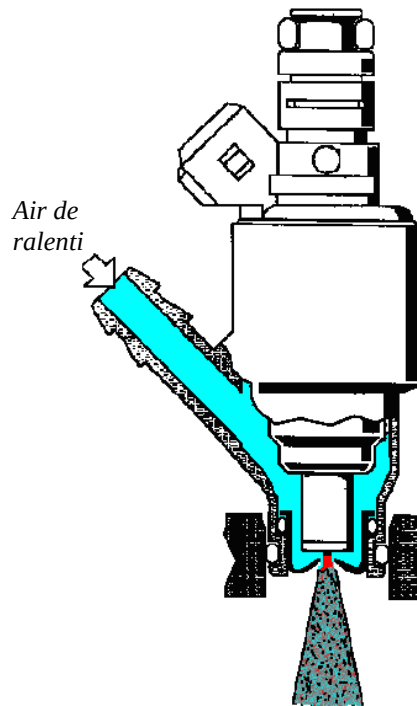
Dosage multitrous. Idem monotrou, mais donne une meilleure diffusion



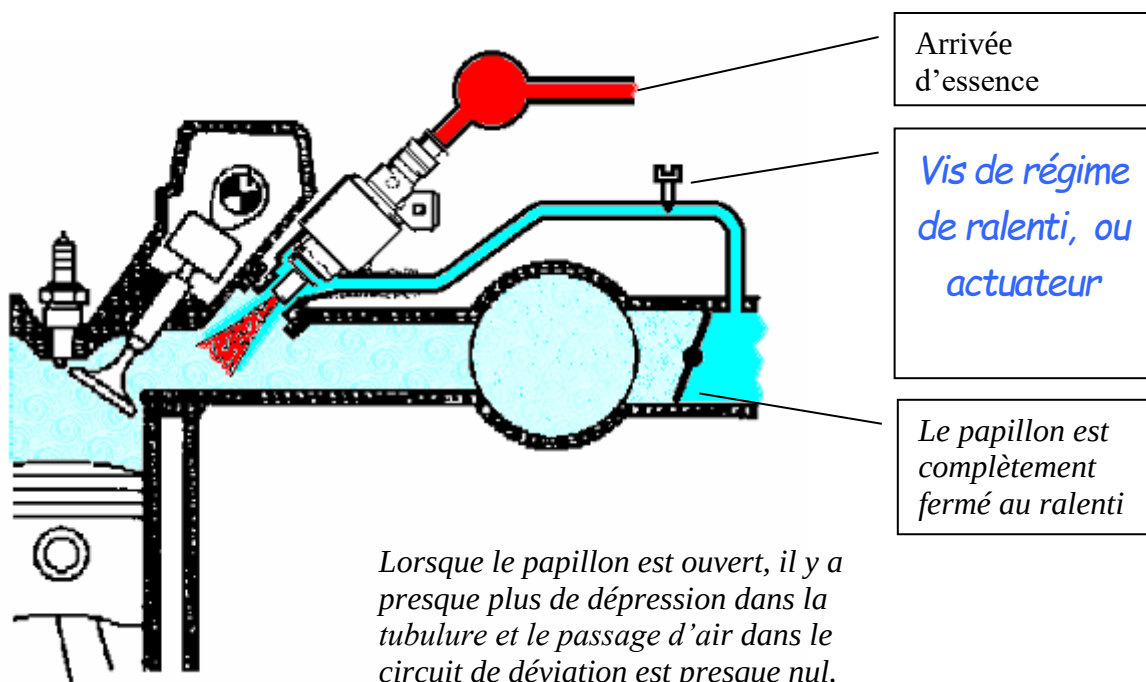
Dosage multitrous à deux jets. Crée deux faisceaux, pour moteur multisoupapes

Dans le but d'améliorer la pulvérisation au ralenti, lorsque le passage d'air dans la tubulure est faible, et surtout dans le but de diminuer les émissions de gaz nocifs à l'échappement, on utilise des injecteurs à balayage d'air.

Le flux d'air du ralenti passe directement devant la sortie de l'injecteur, le brassage est bien meilleur.



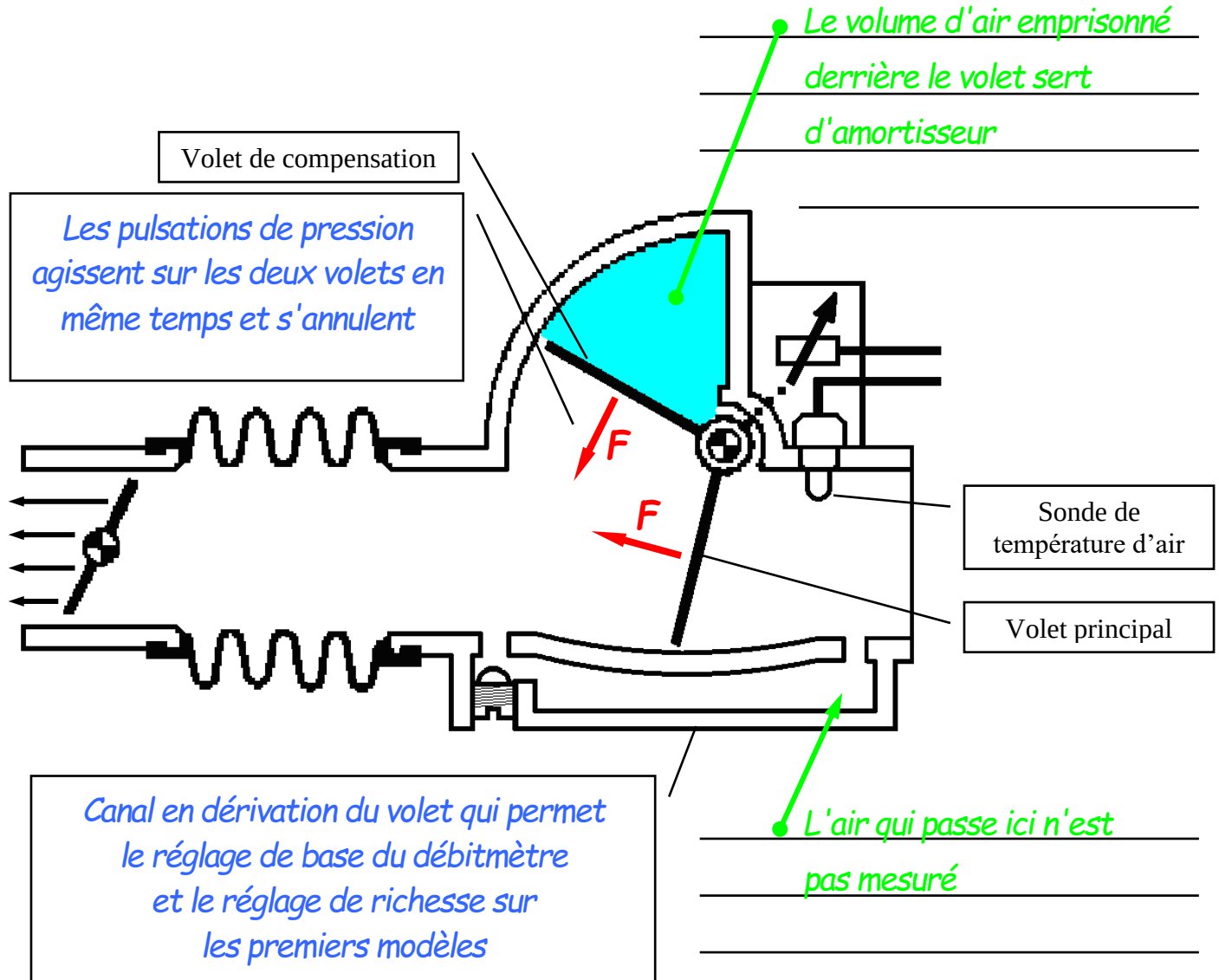
Pour aspirer l'air et concentrer le flux d'air devant l'injecteur on utilise la dépression du collecteur d'admission (entre le papillon et le moteur) et l'on aspire l'air en amont du papillon (entre le papillon et le débitmètre). Ce volume d'air provient du passage en dérivation du papillon destiné au réglage du ralenti. Sur les injections avec actuateur de ralenti, l'air est pris à sa sortie.



Débitmètre d'air :

Un volet, maintenu par un ressort, est soulevé par le passage de l'air.

Il commande un potentiomètre dont la résistance varie en fonction de la quantité d'air aspirée par le moteur.



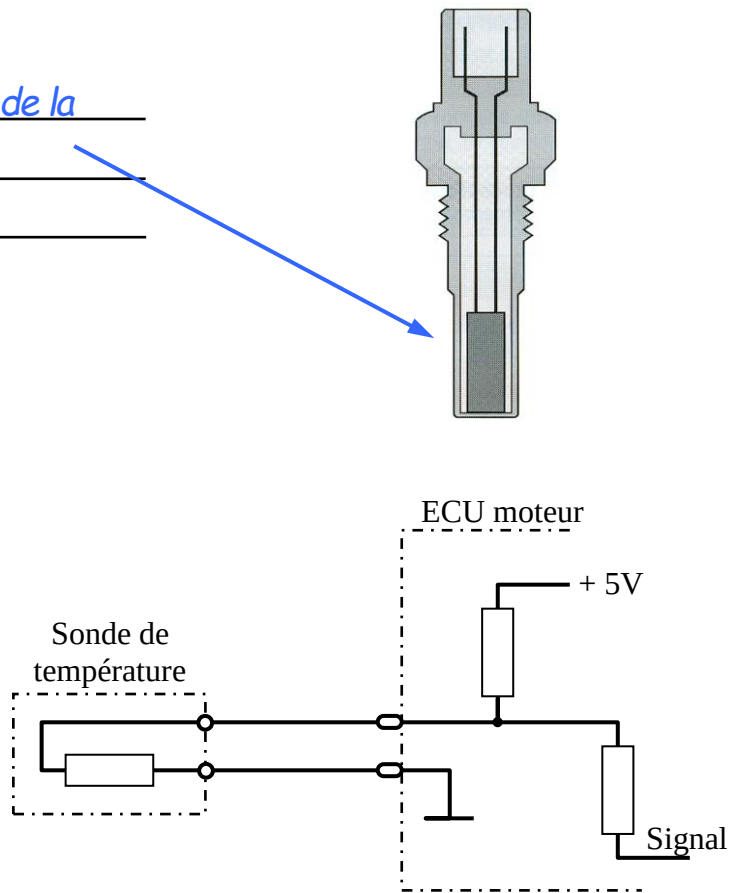
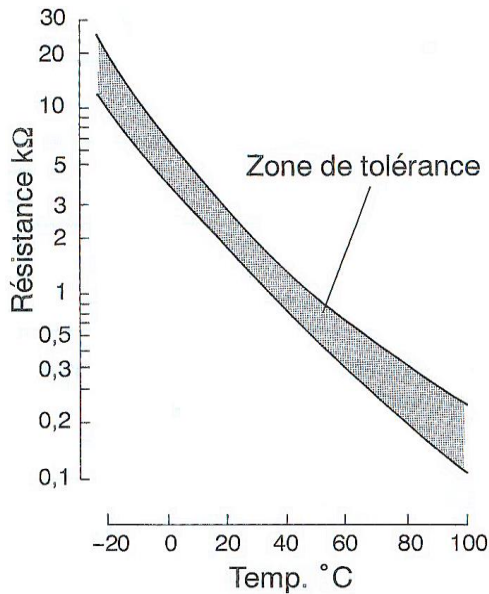
Le volet de mesure est accouplé à un volet de compensation qui sert d'amortisseur, et qui grâce à sa disposition en « L » évite les vibrations du potentiomètre en annulant les influences dues aux pulsations de pression provoquées par l'ouverture et la fermeture des soupapes. Sans cela, le volet vibrerait tellement que le potentiomètre serait très rapidement usé.

Il y a généralement sur le volet principal une soupape laissant possible le passage de l'air en cas de « retour ».

Sonde de température moteur :

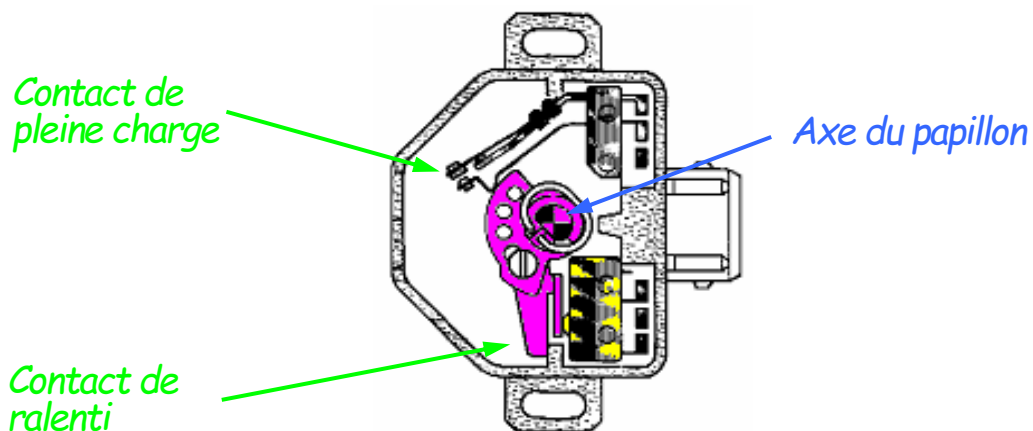
Résistance variable en fonction de la
température

(Généralement de type NTC)



Contacteur de papillon :

- Il comporte :
- Un contact de pleine charge
 - Un contact de ralenti (Gaz lâchés)



Ancien système de départ à froid : (n'existe plus)

L'enrichissement est créé par :

- L'injecteur de départ à froid
- + Thermocontact temporisé

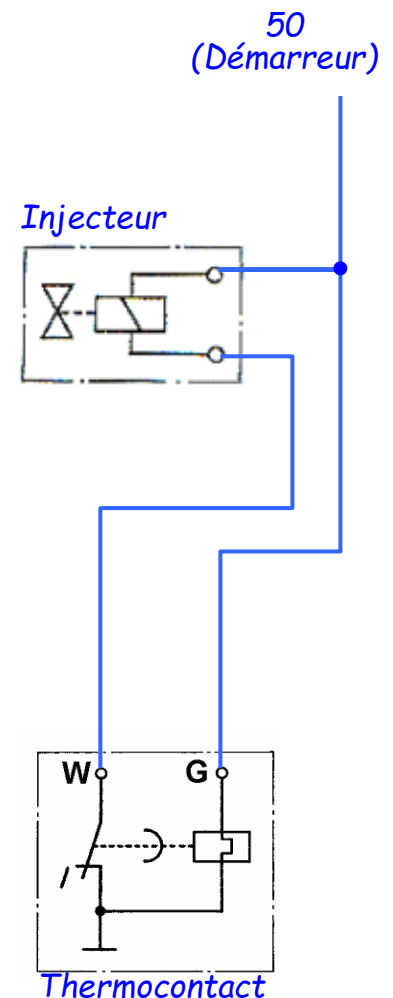
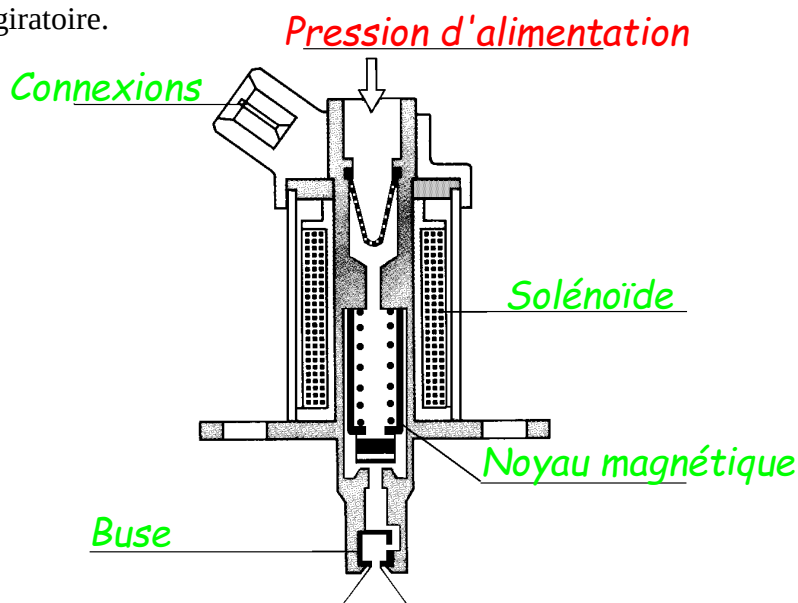
Uniquement
au démarrage

- Plus de temps d'ouverture des injecteurs

Post démarrage
($\approx +30$ à 60% pendant $\approx 3\text{ s}$)

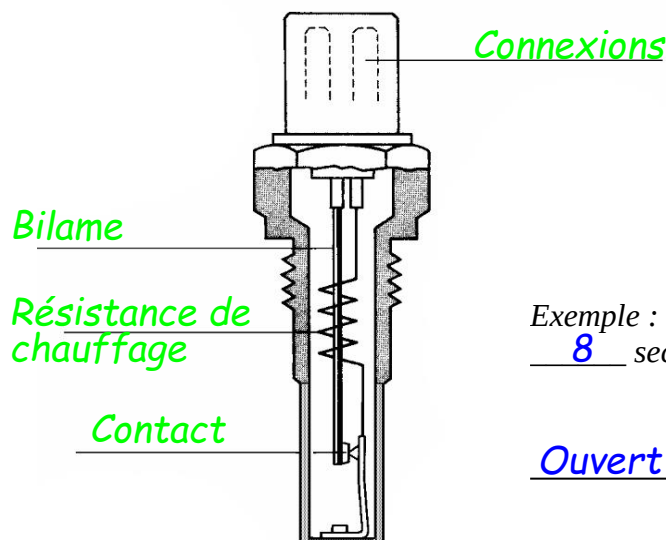
Injecteur de départ à froid :

Comme son nom l'indique, l'injecteur de départ à froid injecte une quantité de carburant supplémentaire pour enrichir le mélange carburé lors de la mise en marche du moteur, uniquement lors de basses températures. Il est alimenté par la pression d'alimentation, et est toujours sous pression. Il est composé d'une électrovanne et d'une buse de giclage à effet giratoire.



Thermocontact temporisé :

Il commande l'injecteur de départ à froid, il subit l'influence de la température du moteur, et d'un réchauffage électrique qui limite la durée de fonctionnement.



Exemple : à -20° interruption après 8 secondes (2 s. à 20°)

Ouvert dès 35°

Vanne d'air additionnel : (n'existe plus)

Le démarrage à froid et les premières minutes de marche du moteur nécessitent un enrichissement pour compenser la condensation sur les parois des tubulures et du cylindre, enrichissement effectué par l'injecteur de départ à froid et le correcteur de réchauffage. Il est

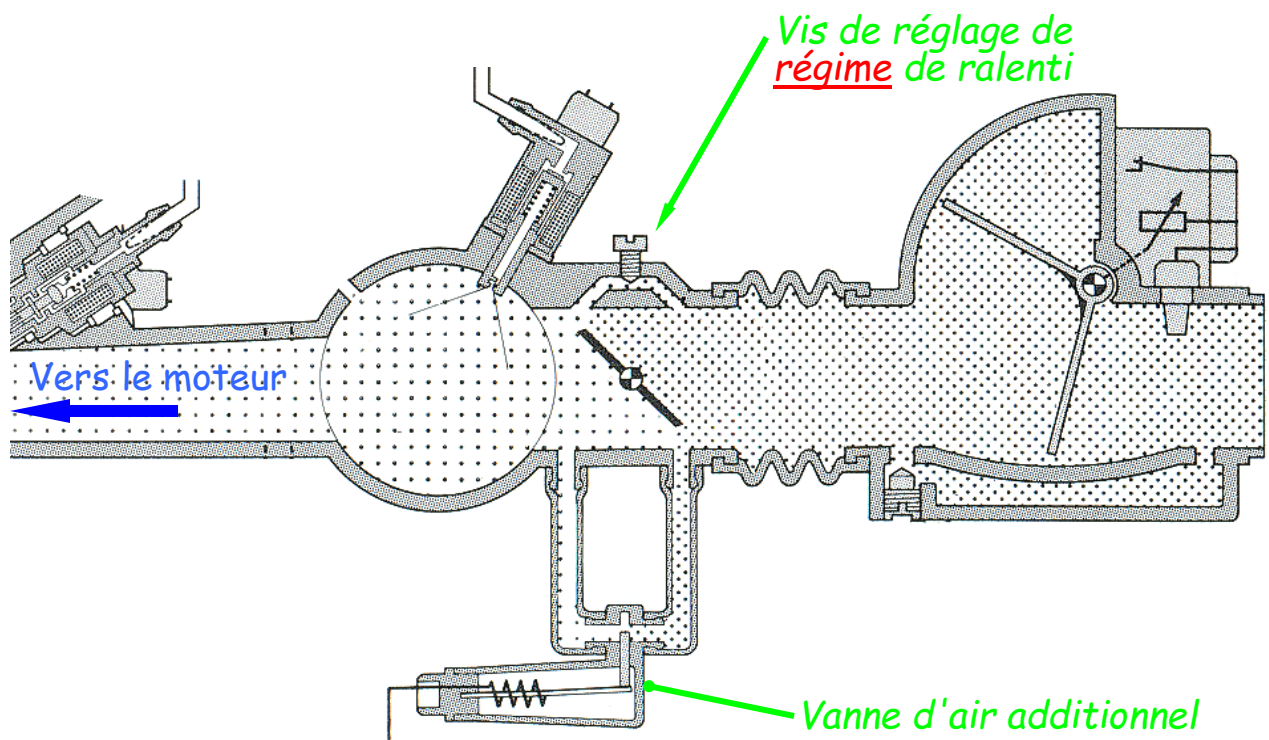
également indispensable de compenser la mauvaise combustion et les

frottements en augmentant la quantité de mélange

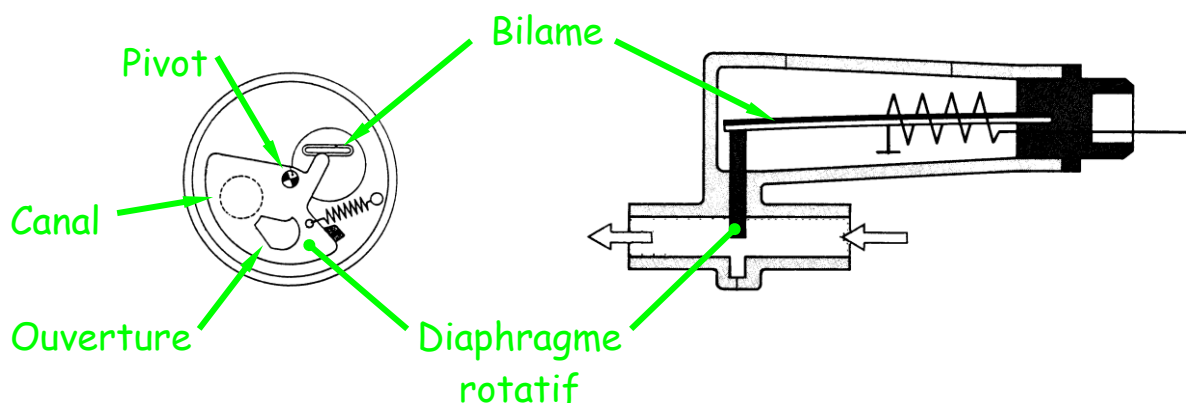
C'est le rôle de la vanne d'air additionnel. A froid, elle ouvre un canal en dérivation

du papillon, ce qui augmente la quantité de mélange qui

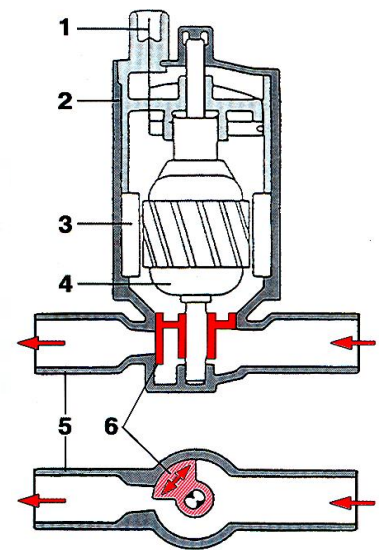
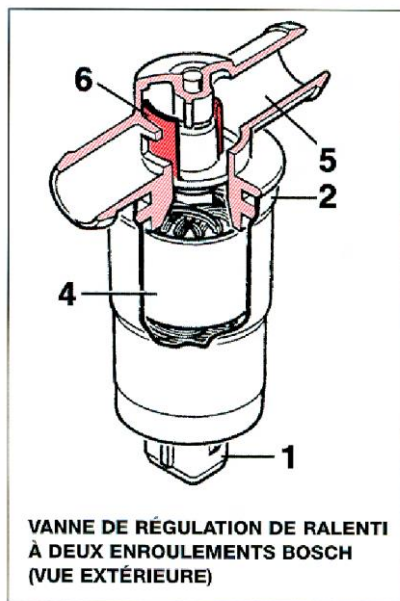
arrive au cylindre, et crée ainsi un ralenti accéléré.



La vanne d'air additionnel est composée d'un bilame, chauffé par une résistance et par la chaleur du moteur, et d'un diaphragme qui libère plus ou moins le canal de dérivation.



Actuateur de ralenti Bosch (Vanne de régulation)(Doc Dubath-Gisler)

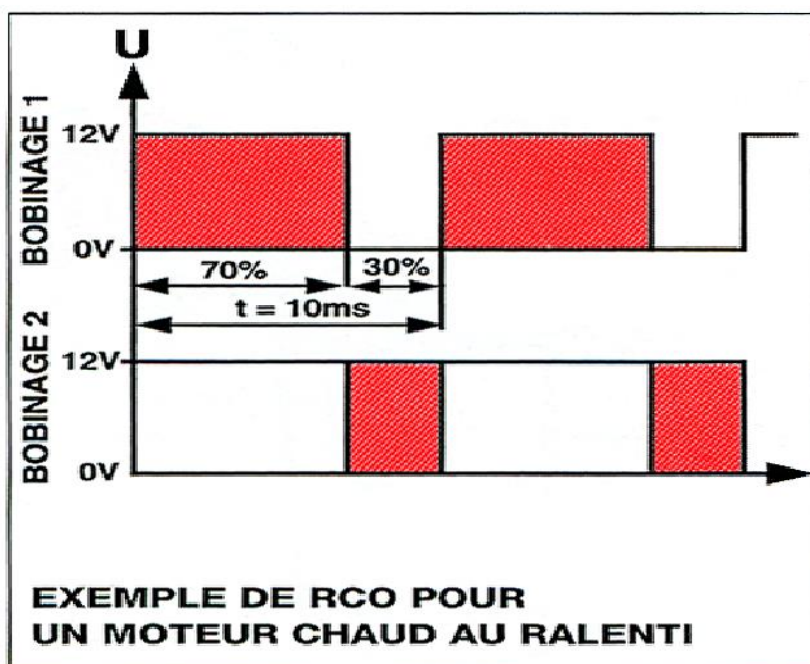


Les deux enroulements sont soumis alternativement sur une période de 10 ms à une tension de 12 volts.

Lorsque la durée de passage du courant dans un enroulement est plus longue que dans l'autre le boisseau prend, du fait de son inertie une position bien déterminée.

Le pourcentage de durée de passage du courant est appelé Rapport Cyclique d'Ouverture. (RCO)

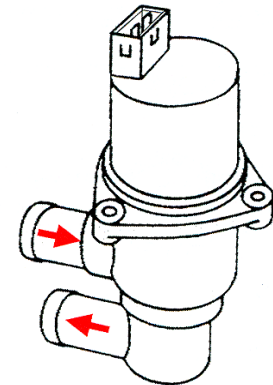
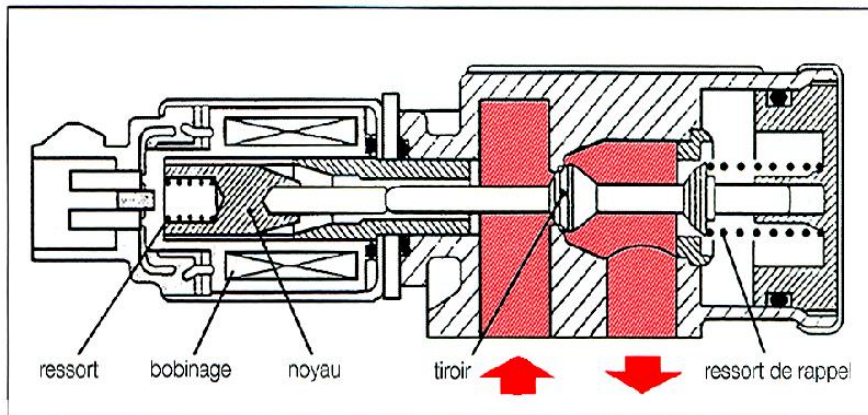
La fréquence de commande n'a pas beaucoup d'importance c'est le rapport cyclique qui détermine l'ouverture de la vanne de ralenti



Actuateur de ralenti Hitachi (Vanne de régulation)(Doc Dubath-Gisler)

Dans cette variante la vanne ne comporte qu'un seul enroulement qui agit sur un noyau, lui-même relié à la vanne.

Au repos, le bobinage 3 n'est pas alimenté, le noyau est maintenu en contact avec le tiroir 4 par le petit ressort 1. Le tiroir 4 est repoussé sur son siège par le ressort 5. Il ferme ainsi le circuit d'air. Lorsque le bobinage 3 est alimenté le noyau est attiré vers la droite et le tiroir 4 se déplace et ouvre la vanne.



**VANNE DE RÉGULATION DE RALENTI
À UN ENROULEMENT HITACHI
(VUE EXTÉRIEURE)**

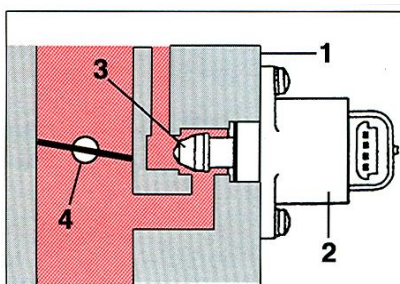
La vanne est aussi commandée par un rapport cyclique d'ouverture (RCO).

Moteur pas à pas de régulation de ralenti

Il est monté directement sur le boîtier de papillon, le moteur entraîne un boisseau qui ferme plus ou moins le passage de l'air en dérivation.

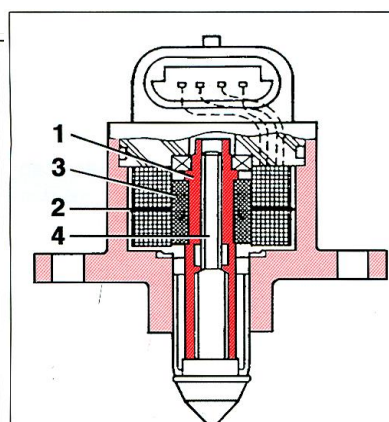
Le moteur pas à pas est alimenté par impulsions. A chaque impulsion le moteur tourne d'un certain angle fixe, appelé "pas".

Ce mouvement de rotation est transformé par une vis sans fin qui permet le déplacement du boisseau.



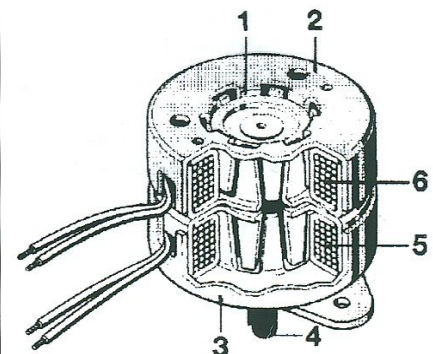
**MOTEUR PAS À PAS DE
RÉGULATION DE RALENTI
MAGNETI MARELLI**

- 1 corps du boîtier de papillon
- 2 moteur pas à pas
- 3 boisseau
- 4 papillon des gaz



**FIG. 11-8
VUE EN COUPE**

- 1 vis sans fin
- 2 bobinages
- 3 rotor
- 4 tige filetée boisseau



- 1. rotor
- 2. stator A
- 3. stator B
- 4. axe de sortie
- 5. enroulement B
- 6. enroulement A

Boîtier électronique :

Il détermine le temps d'ouverture des injecteurs, donc la quantité d'essence introduite. Pour cela, il utilise des « cartographies » stockées dans sa mémoire morte (ROM = « puce ») dans lesquelles toutes les valeurs de temps d'ouverture pour toutes les situations possibles de fonctionnement du moteur sont mémorisées.

Une première cartographie permet, grâce aux paramètres principaux, de déterminer un temps d'ouverture de base qui sera ensuite légèrement modifié par l'intermédiaire des cartographies d'adaptation.

Paramètres principaux :

D'après le **débit d'air** et le **régime**, on calcule la quantité d'air aspiré par course (état de charge) et donc la quantité d'essence à introduire.



Pas si magique que ça, car pour le boîtier il s'agit simplement de rechercher dans la mémoire, la valeur correspondant aux deux paramètres.

Exemple très simplifié :

7 V						10	9
6 V					10	9	8
5 V				10	9	8	7
4 V			10	9	8	7	6
3 V		10	9	8	7	6	5
2 V	10	9	8	7	6	5	4
1 V	9	8	7	6	5	4	3
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500

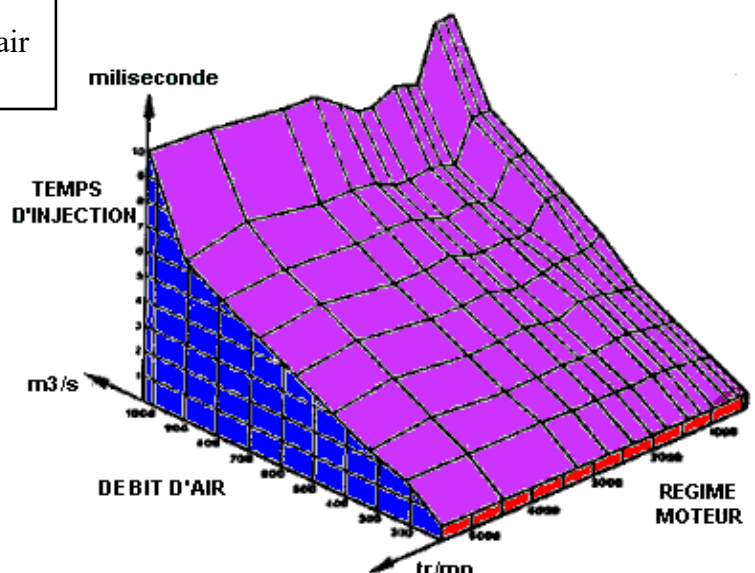
Tableau représentant le contenu de la mémoire du boîtier

Durée de l'impulsion envoyée aux injecteurs
= **Quantité d'essence introduite**

Nombre d'impulsions d'allumage par minutes
= **Information de régime**

Tension obtenue à partir de la résistance variable du débitmètre d'air
= **Information de débit d'air**

*Si l'on veut dessiner le graphique correspondant à ce tableau, on obtient un dessin en perspective pouvant faire penser à une carte géographique (d'où le nom cartographie.)
En anglais : Mapping*



Paramètres d'adaptation :

La durée d'injection déterminée par la cartographie de base est modifiée en fonction de différents paramètres. Ces paramètres et leurs adaptations sont également mémorisés par des cartographies.

Adaptation :	Information venant de :
<i>Enrichissement de départ a froid</i>	Sonde de température moteur
<i>Enrichissement en pleine charge</i>	Contacteur de papillon en pleine charge
Enrichissement lors d'accéléérations soudaines	<i>Vitesse d'ouverture du débitmètre</i>
<i>Adaptation de la richesse</i> a la pression atmosphérique.	Sonde barométrique dans le boîtier
<i>Coupure d'injection pour limiter le régime (Cata)</i>	Régime (impulsions d'allumage)
Coupure en décélération	• <i>Contacteur de papillon</i> • <i>Régime supérieur à $\approx 1500t/min$</i>
Régulation λ	Sonde λ
<i>Correction de la durée d'injection</i> en fonction de la tension de bord.	Tension de bord
<i>Mouillage des cylindres</i>	Borne 50 (démarreur)

Régulation λ et actuateur de ralenti :

Pour la régulation lambda et l'actuateur de ralenti, il n'est pas possible d'utiliser une cartographie, car

La précision des valeurs de sortie ne peut être atteinte
que par un réglage en boucle et une valeur cible

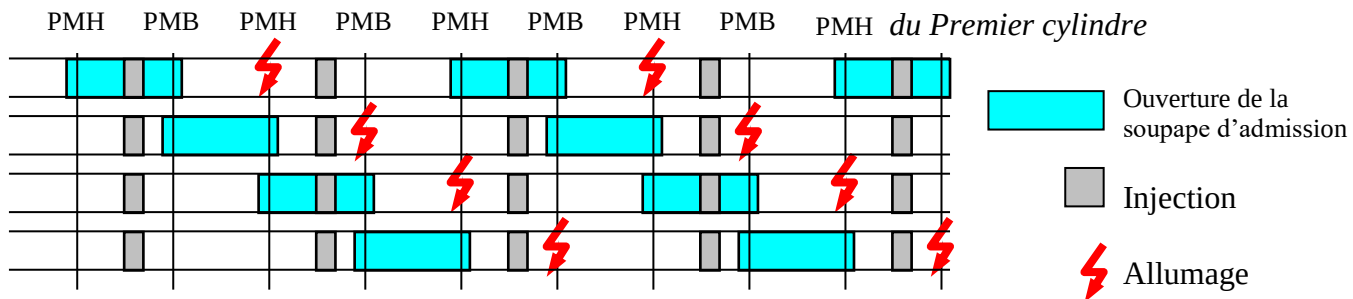
(La valeur cible est mémorisée dans une cartographie)

Exemple :

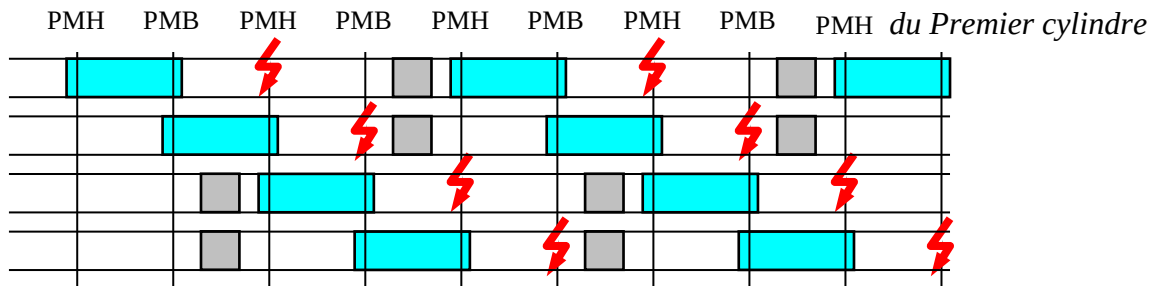
La valeur cible de ralenti à chaud est 750 t/min, le boîtier mesure le régime, s'il est en dessous de la valeur cible, il ouvre un peu plus l'actuateur. Après un certain délai, il recommence la mesure, et refait une correction, etc... Si le régime dépasse la valeur cible, le boîtier ferme un peu l'actuateur. Le régime de ralenti est ainsi en permanence contrôlé et adapté, il oscille dans une très faible fourchette autour du régime voulu, même si, par exemple, le compresseur de climatisation se met en route...

Sortie :

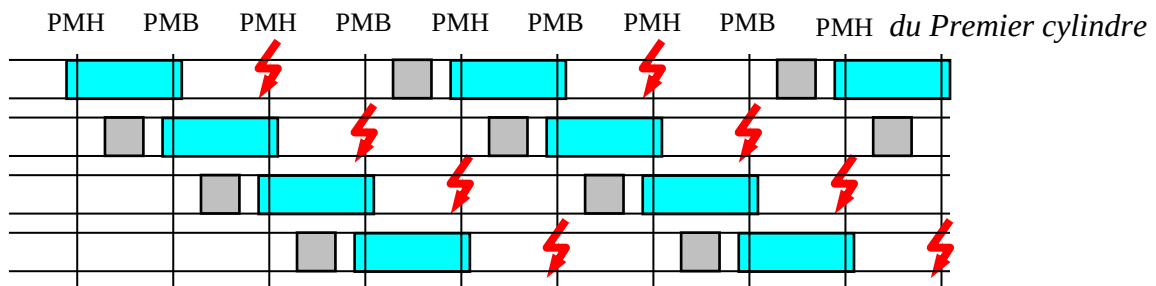
Injection simultanée : L'injection se fait deux fois par cycles de la moitié du volume, pour tous les injecteurs en même temps, et sans rapport avec l'ouverture de la soupape d'admission. Les injecteurs sont commandés par la masse, par groupes de 2 ou 3



Injection groupée : L'injection se fait une fois par cycles, par groupes de deux injecteurs.



Injection séquentielle : L'injection se fait indépendamment pour chaque cylindres, un peu avant l'ouverture de la soupape d'admission.



Débitmètre à fil chauffé: (Injection LH-Jetronic)

Un fil de platine est tendu dans le flux d'air d'admission, une sonde mesure la température de l'air.

Le boîtier électronique maintient le fil à 120° de plus que l'air d'admission. Le boîtier connaît la température du fil grâce à sa résistance. (La résistance du platine varie avec la température).

Lors de son passage, l'air d'admission tend à refroidir le fil, le boîtier contrôle donc le courant passant dans le fil pour maintenir sa température.

Plus le débit d'air est grand, plus il faut de puissance pour garder la bonne température.

La puissance dissipée dans le fil est proportionnelle au débit massique (kg/s). C'est l'indication de débit.

Les dépôts de poussière s'accumulant petit à petit isolent le fil, diminuent la dissipation de chaleur et faussent la mesure. Quelques minutes après l'arrêt du moteur, le fil est chauffé à $\approx 1000^{\circ}$ pendant ≈ 10 secondes pour être nettoyé.

Aujourd'hui, le fil est remplacé par un film, et le nettoyage a disparu. L'encrassement est une cause de panne.