

Mise au point du carburateur (Weber DCOE) sur Alpine (et voitures anciennes).

Fonctions du carburateur :

1. Régler le régime du moteur (et la puissance) en limitant la quantité de mélange (air - essence) admise dans les cylindres. C'est le rôle des papillons.
2. Régler la qualité du mélange pour avoir la meilleure combustion, se rapprocher au mieux du rapport stœchiométrique idéal pour limiter les imbrûlés, optimiser la consommation et obtenir la puissance maximale.

L'objet de cette note est de traiter du deuxième sujet : le réglage du mélange air - essence.

Les principaux éléments du carburateur qui influent sur la qualité de ce mélange.

1. La buse (32,36). La modification de son diamètre agit à la fois sur les pertes de charge de l'admission (débit d'air) et sur la dépression créée par le venturi (débit d'essence).
2. La vis de richesse (de ralenti). Elle permet de régler le débit d'essence au ralenti.
3. Le gicleur de ralenti (45,.... 65). Il permet de régler le débit d'essence au ralenti et pendant la progression (du ralenti à ~2000 tr/mn - jusqu'à l'amorçage des gicleurs principaux).
4. Le diffuseur de ralenti (F8,). Il permet de faire varier le mélange sur la plage de progression.
5. Le gicleur principal (115, 120, 175). Il permet de régler le débit d'essence sur toute la plage de fonctionnement (~2000 tr/mn jusqu'au régime maximal)
6. Le gicleur d'air (160, 220 - jet d'air principal). Il permet d'ajuster (corriger) le débit d'essence dans les plus hauts régimes.
7. Le diffuseur principal (F8, ... F15). Il permet de moduler la correction du gicleur d'air sur toute la plage de régime.
8. Le gicleur de pompe et décharge de pompe. Ils permettent de régler la quantité et la durée d'essence injectée lors d'une variation de la position papillon. Accélération.

Les autres éléments du carburateur qui ont également une influence sur la qualité du mélange air essence :

1. Le centreur.
2. Le niveau de la cuve.
3. Le pointeau. Il permet de régler le niveau de la cuve.
4. Les cornets d'admission. Ils permettent de favoriser le remplissage des cylindres à certains régimes en créant une onde de pulsation à l'admission.

Remarque : ces différents paramètres sont inter-dépendants, ce qui veut dire que la modification de l'un d'eux peut nécessiter la modification de quelques autres.

Exemple : l'augmentation du diamètre de buse pour favoriser la puissance à haut régime aura pour conséquence de diminuer la dépression et donc d'ajuster le gicleur principal et le gicleur d'air pour les hauts régimes et le gicleur de ralenti et son diffuseur pour la progression (un amorçage plus tardif du gicleur principal)

La qualité du mélange air essence, le rapport stœchiométrique.

Stœchiométrie. C'est la proportion d'air qui permet de brûler toute l'essence injectée dans le cylindre. Dans des conditions normales de température et de pression (là on parle des conditions atmosphériques), ça donne environ 14,7 grammes (12,25 litres) d'air pour 1 gramme (1.37 cc) d'essence. La combustion d'un litre de carburant nécessite ~9500 litres d'air (un mètre cube d'air).

On parle d'AFR (Air Fuel Ratio) : 14.7:1

On parle de richesse (plutôt dans la littérature française). La richesse est égale à 1 quand AFR est égal à 14.7:1. La formule qui relie la richesse à l'AFR : $R = 1/AFR$.

Exemples:

15.0:1 = Pauvre

14.7:1 = Stœchiométrique

13.0:1 = Riche

Et chez les "germaniques" **on parle de Lambda**. Lambda est l'inverse de la richesse $L = 1/R$.

Il est préférable de parler d'AFR, tous les logiciels qui permettent d'effectuer les réglages sont anglo-saxons et ne traitent que de l'AFR.

Dans la pratique, on retiendra des valeurs légèrement différentes pour prendre en compte :

- la non homogénéité du mélange.
- La nécessité de limiter les températures
- La limitation de la pollution atmosphérique (réduire la production de CO)
- Réduire la consommation de carburant.

Pour cela, on retiendra (on essaiera d'obtenir) :

Entre 4000 tr/mn et le régime maximal, un AFR compris entre 12.5 et 13.5. C'est pour ces valeurs que l'on atteindra la puissance maximale (mélange riche), tout en conservant une température des gaz raisonnable dans la chambre de combustion.

Entre 2000 tr/mn et 4000 tr/mn, un AFR entre 13.5 et 14.5. C'est à ces valeurs que l'on minimise la consommation (ballade, régime de croisière). Au delà de 14.5, on minimise la consommation de carburant, mais on risque d'avoir un phénomène de cliquetis (nécessité d'augmenter l'avance pour prendre en compte un mélange plus pauvre).

Au dessous de 2000 tr/mn.

La mise en œuvre : La mesure de l'AFR.

Pour connaître l'AFR, il faudrait connaître en permanence, le débit d'air aspiré et le débit de carburant injecté pour en ajuster le mélange à la valeur souhaitée. Dans la réalité ces mesures sont irréalisables en instantané avec une précision suffisante.

On utilisera une sonde lambda pour mesurer le taux d'oxygène résiduel dans les gaz d'échappement. S'il y a un excès de carburant à l'échappement, le mélange était riche, s'il y a un excès d'oxygène le mélange était pauvre (comme la sonde lambda mesure l'excès d'oxygène elle varie à l'inverse de la richesse, c'est ce qui explique $L = 1/R$).

Il existe deux types de sonde lambda :

1. **Sonde lambda bande étroite**, elle permet de mesurer l'AFR entre 13.5 et 16. Au delà de ces valeurs, elle sature. Elle est utilisée sur la majorité des moteurs essence injection pour donner une information au calculateur (trop riche ou trop pauvre). Peu chère, elle ne permet pas de faire la mise au point.
2. **Sonde lambda large bande**, elle permet de mesurer l'AFR sur une large bande de 10.5 à 19.5. plus chère, c'est celle qui est utilisée pour la mise au point. Elle est quelquefois utilisée sur les injections modernes pour donner une information plus précise au calculateur.

Le réglage.

En théorie, nous avons tous les éléments pour effectuer les réglages nécessaires.

- Une grandeur à mesurer (représentative du réglage) : la valeur délivrée par la sonde lambda (de 0 à 5V ou de 10.5 à 19.5 AFR)
- Une valeur à atteindre l'AFR de référence pour les différents cas de fonctionnement (pleine charge, croisière, ralenti,)
- Des paramètres de réglage : gicleurs, buses, (et pourquoi pas avance à l'allumage).

En pratique, tout cela est suffisant, à condition de disposer d'un banc de puissance pour obtenir des situations stables (régime, ouverture papillon) et effectuer les relevés (et ou les réglages).

Si on ne dispose pas d'un banc de puissance pour stabiliser l'ensemble des paramètres (pour effectuer les relevés et les réglages), il faudra enregistrer les différents paramètres lors d'un essai routier (sur circuit) pour un dépouillement ultérieur.

Paramètres à enregistrer :

1. La valeur donnée par la sonde lambda (AFR mesuré).
2. Le régime du moteur.
3. La position du papillon et/ou la dépression dans les pipes d'admission (information sur la charge demandée).
4. En option, paramètres influents :
 1. Température d'air
 2. Température d'eau
 3. Pression atmosphérique
 4. Température échappement

5.

Il existe dans le commerce différents types d'appareils pour traiter cette problématique.

1. Les afficheurs. Ils permettent d'afficher en temps réel, la valeur de l'AFR. Ce n'est pas suffisant.
2. Les enregistreurs (avec affichage), ils sont autonomes, ils permettent d'enregistrer en temps réel les différents paramètres et d'afficher la valeur de l'AFR mesuré et/ou le régime moteur. Inconvénient, ils sont chers.
3. Les boîtiers d'acquisition (avec ou sans affichage). D'une part, ils permettent de transformer les signaux des différentes sondes, d'autre part, ils permettent d'alimenter les différents sondes (5V, 12V). Ils servent de relais entre les sondes et l'ordinateur portable qui servira à l'enregistrement et au dépouillement (visualisation et tracé des courbes). Coût plus ou moins élevé en fonction de leur niveau de sophistication (sortie USB ou RS232 - affichage ou non - mémoire ou non - liaison calculateur ou non,).

Besoins en matériel :

1. Une sonde lambda large bande - type Bosch LSU 4.2 (~ 95 € dans le commerce), mais on peut la récupérer sur une voiture moderne (marque et modèle ?)
2. Un câble et connecteurs de sonde lambda (6 fils). Longueur à définir en fonction de la position du boîtier d'acquisition (habitacle ou compartiment moteur) (~25 € dans la commerce)
3. Insert à souder sur le collecteur d'échappement (avec bouchon - filetage 18x150) pour pose de la sonde lambda. (~8 € dans la commerce)
4. Un capteur de position papillon (~75 à 100 € dans la commerce), mais on peut la récupérer sur une voiture moderne (marque et modèle ?). Nota : le capteur doit mesurer l'angle et non "pied levé", "pied à fond".
5. Un dispositif de montage du capteur de position papillon sur les Weber DCOE. Pièce à confectionner.
6. Un capteur de mesure de pression admission (0-1 bar ou 0-2 bar pour turbo) (~80 à 100 € dans la commerce), mais on peut la récupérer sur une voiture moderne (marque et modèle ?). Il faut qu'il y ait des prises de dépression sur les carburateurs et ou pipes d'admission.
7. Tubulures diverses pour capteur de mesure de pression d'admission.
8. Un montage pour acquisition du signal compte tour sur bobine H.T. (12v) ou sur signal ECU (5v)
9. Un faisceau pour connecter boîtier, sondes, capteurs. A confectionner.
10. Un boîtier d'acquisition. Proposition ci dessous.
11. Un connecteur USB/RS232 et un câble USB (~30 € dans la commerce).
12. Un ordinateur portable (équipé de port USB et/ou RS232).
13. Les logiciel d'acquisition et de dépouillement. TEWBlog pour assurer l'enregistrement

des paramètres et visualiser en temps réel les paramètres sur l'écran de l'ordinateur portable connecté. Winlog qui est la version moderne de TEWBlog. WinLog View (extension de WinLog) qui permet de dépouiller (visualiser sous forme de graphe les données enregistrées). Ces logiciels sont gratuits avec la pub (il faut acquitter une "participation" pour avoir un numéro d'enregistrement et supprimer la pub au lancement).

14. Logiciel de calcul de couple et de puissance - optionnel. Powerdyn pour le tracé des courbes de couple et de puissance à partir d'une extraction des données précédemment extraites. Le logiciel est payant, il est installé sur mon ordinateur portable, j'en ai acquitté la licence

Boîtier d'acquisition possible :

Système acquisition de données Tech Edge 2Y1

Le système d'acquisition de donnée Tech Edge modèle 2Y1 est un modèle professionnel livré en kit. Il possède les spécifications suivante :

- Précision de la lecture de 0,1 AFR (Lambda+/- 0,005)
- Fonctionnement de 10,5 à 19,5 Volt continu (jusqu'à 3 Ampères de consommation)
- Support des sondes à oxygène LSU 4.0/4.2 (Bosch 6066/7057/7200), LSU 4.9 (Bosch 17025)
- 3 entrées analogiques 0 - 5 Volt échantillonnées jusqu'à 40 fois par seconde. Exemple : position papillon, pression admission.
- 3 entrées thermocouple (pouvant être converties en entrées analogiques 0 - 5 Volt pour obtenir 6 entrées analogiques). Exemple : température air, température échappement.
- Entrée RPM pour piquage sur le signal calculateur (ECU) ou COIL pour piquage sur une bobine Haute Tension
- Sortie 5v 5A régulée pour alimentation des capteurs (régulateur de tension dédié). Utile pour position papillon et pression admission.
- 2 connexion série RS 232 (utilisation d'un dongle convertisseurs USB / DB9 si vous n'avez pas de port série sur votre ordinateur)

Prix : 111 € en kit. Montage : 65 €





Les essais.

Les conditions d'essais.

Il est conseillé de faire des essais dans des conditions de température, pression et humidité normales.

La température de l'air a une influence sur la richesse du mélange, l'air frais est plus dense, la quantité d'air aspirée par le moteur sera plus importante par temps frais, le mélange sera pauvre. Par temps chaud, le mélange s'enrichit mais la quantité d'air aspirée diminue donc la puissance diminue.

La pression atmosphérique n'a que peu d'influence sur la qualité du mélange. La pression des cuves de carburateur est identique à celle des cornets (y compris en utilisant un filtre à air - il y a sur les carburateurs un lien entre la cuve et l'intérieur du filtre à air). Par contre la pression atmosphérique a une influence sur la puissance. P_{atm} plus faible (en altitude par exemple), moindre remplissage des cylindres, donc moins de puissance.

L'hygrométrie de l'air. Plus humide permet de baisser la température dans les cylindres et donc de gagner en puissance. Sur certains moteurs turbo, on pulvérise de l'eau à l'admission pour augmenter la puissance.

Conditions normales de pression et de température : 20°C et 1013 mbar. (A ces valeurs, l'hygrométrie est normale).

Les essais à réaliser

Le principe : Passer par tous les couples de points d'un tableau qui aurait en abscisse l'ouverture papillon (de 0 % à 100 %, avec un pas de 10%) et en ordonnée la vitesse (de 1000 tr/mn à régime maximal, avec un pas de 1000 tr/mn).

Exemple : ouverture 10 % et 2000 tr/mn, puis 10 % et 3000 tr/mn, puis 10 % et 4000 tr/mn,, puis 100 % et 2000 tr/mn,, jusqu'à 100 % et Régime Max.

Nota : Il faut réaliser des variations d'ouverture papillon aussi lentes que possible pour éviter de perturber la mesure par la pompe de reprise. En effet, avant de régler les accélérations, il faut régler le régime stable à charge stable.

Le réglage du ralenti : On applique toujours la méthode à l'ancienne, mais on a des informations complémentaires données par l'ordinateur - le régime moteur et la richesse (AFR).

Régler le régime par la butée de papillon, ajuster les vis de richesse pour qu'une ouverture ou une fermeture de celle-ci de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ tour provoque une baisse de régime. Revisser d'un quart de tour les vis de richesse. La valeur de l'AFR devrait se situer entre 13.5 et 14.5.

Le réglage de la progression : Peut se réaliser à l'arrêt. La plage de progression se situe du régime de ralenti jusqu'à la mise en service des gicleurs principaux. Pour déterminer cette plage, on augmente le régime par ouverture lente des papillons jusqu'à ce que les gicleurs principaux commencent à alimenter le moteur (regarder dans l'axe des cornets, du mélange s'écoule du centreur), ajouter 300 tr/mn.

Ancienne méthode, à ce régime (fin de plage de progression), si une ouverture de la vis de richesse de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ tour provoque une augmentation de régime, le mélange est pauvre, il faut

augmenter le gicleur de ralenti, si une fermeture de la vis de richesse de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ tour provoque une augmentation de régime, le mélange est trop riche, il faut diminuer le gicleur de ralenti.

Nouvelle méthode, à ce régime (fin de plage de progression), si la valeur de l'AFR fournie par la sonde lambda est supérieure à 14.5, le mélange est pauvre, il faut augmenter le gicleur de ralenti, si la valeur de l'AFR est inférieure à 13.5, le mélange est trop riche, il faut diminuer le gicleur de ralenti.

Nota : Dans tous les cas où l'on modifie la taille du gicleur de ralenti, il est nécessaire de reprendre le réglage du ralenti. Et suite à ce nouveau réglage du ralenti, il sera nécessaire de contrôler la progression (processus par itération).

"Peaufiner" les réglages sur toute la plage de progression : Après avoir réglé le ralenti et la progression (les deux phases précédentes). Supposons que le régime de ralenti soit à 800 tr/mn et la fin de progression à 2200 tr/mn, on se place à un régime intermédiaire : 1500 tr/mn. On contrôle alors la valeur de l'AFR, elle doit être comprise entre 13.5 et 14.5 (même valeur que pour la fin du régime de progression). Si ce n'est pas le cas, il faudra changer le porte gicleur de ralenti (le jet d'air est dans ce porte gicleur) passer de F8 à Fx (attention le numéro de tube n'a rien à voir le diamètre du jet d'air!!!).

Nota : la modification du jet d'air de ralenti (porte gicleur) nécessite de reprendre tous les essais et réglages (y compris le ralenti). Cette modification influence surtout les "hauts" régimes (de la plage de progression).

Fins des premiers réglages début des séances d'acquisition pour la suite des réglages.

Le principe : Enregistrer les paramètres : ouverture papillon, régime moteur et AFR pour tous les couples définis dans le tableau précédent.

La méthode : On se place sur une route plate (inclinaison constante si possible) et droite (c'est mieux!!!).

On roule en 3ème au ralenti (régime le plus bas possible), on ouvre les papillons à 10 % (voir sur l'ordinateur portable), on laisse monter le régime jusqu'au régime maximal (on passera donc par les points 10 % et 2000 tr/mn, 10 % et 3000 tr/mn, ... 10 % et régime maximal). Si le régime monte trop rapidement au départ, faire l'essai en 4ème. Si le régime n'atteint pas le régime maximal, faire l'essai en 2ème. On peut faire les essais sur les trois rapports, au dépouillement on choisira les valeurs pour les régimes les plus stables.

Remarque : On choisit le 3ème rapport, c'est celui qui donne une vitesse raisonnable au régime moteur maximal. Avec une boîte courte, on peut choisir le 4ème rapport.

On recommence les acquisitions avec la même méthode pour les ouvertures papillon de 20 %, puis 30 %, jusqu'à 100 %.

Remarque : pour les faibles ouvertures, on a des difficultés à atteindre le régime maximal sur route plate en 3ème rapport (il serait plus simple de réaliser les essais sur une partie descendante) en revanche pour les grandes ouvertures de papillon (au delà de 70%), la montée en régime est très rapide sur route plate (il serait plus simple de réaliser les essais sur une partie montante ou en utilisant les 4ème ou 5ème rapport, mais les vitesses atteintes sont alors très importantes).

Autre méthode d'acquisition (non recommandée) : On règle la vitesse à 2000 tr/mn, avec le pied droit on augmente progressivement et lentement l'ouverture papillon jusqu'à 100 %, avec

le pied gauche on agit sur le frein pour garder un régime constant. Très mauvais pour les freins, surtout pour l'essai à 7000 tr/mn stabilisé et au dessus. Pour les plus forts, on croise les jambes !!!!

Acquisitions terminées, le dépouillement :

Le principe : rechercher dans les relevés précédents les valeurs de l'AFR pour les couples de valeurs (ouverture papillon - régime). Comparer les valeurs relevées aux valeurs souhaités.

Le tableau des valeurs d'AFR cibles (objectif).

Ouverture Papillon (charge)	100 %	AFR compris entre 12.5 et 13.5 (priorité puissance)									
	90 %										
	80 %										
	70 %	AFR entre 13 et 14 (stabilité)	AFR entre 13.5 et 14.5 (économie)				AFR compris entre 12.5 et 13.5 (priorité puissance)				
	60 %										
	50 %										
	40 %										
	30 %										
	20 %										
	10 %	AFR entre 13 et 14 (stabilité)									
		1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000		
Régime Moteur											

Le tableau des valeurs AFR relevées :

Ouverture Papillon (charge)	100 %									
	90 %									
	80 %									
	70 %									
	60 %									
	50 %									
	40 %									
	30 %									
	20 %									
	10 %									
			1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	
Régime Moteur										

Remplir le second tableau avec les valeurs relevées sur les enregistrements effectués.

Colorer en rouge les cases du tableau ou la valeur de l'AFR relevé est inférieure au minimum de la cible. Le mélange est trop riche.

Colorer en bleu les cases du tableau ou la valeur de l'AFR relevé est supérieure au maximum de la cible. Le mélange est trop pauvre.

Laisser en blanc les cases du tableau ou la valeur de l'AFR relevé est comprise entre le minimum et le maximum de la cible. Le mélange est conforme.

On s'intéresse à la partie du tableau ou l'ouverture papillon est supérieure à 20 % et le régime moteur supérieur à 2000 tr/mn (régime de fonctionnement du gicleur principal).

Si cette partie du tableau est en blanc : fin des réglages.

Si toutes les cellules de cette partie du tableau sont rouges : le mélange est trop riche. Il faut diminuer la taille du gicleur principal, ne pas toucher au jet d'air.

Si toutes les cellules de cette partie du tableau sont bleues : le mélange est trop pauvre (attention danger). Il faut augmenter la taille du gicleur principal, ne pas toucher au jet d'air.

Si les cellules correspondant aux hauts régimes sont rouges, blanches pour les moyens régimes : le mélange est riche à haut régime, bon à moyen régime. Il faut diminuer la taille du gicleur principal (appauvrissement sur toute la plage), diminuer la taille du jet d'air pour enrichir à moyen régime (rapport de 5 à 15).

Si les cellules correspondant aux hauts régimes sont bleues, blanches pour les moyens régimes : le mélange est pauvre à haut régime (danger), bon à moyen régime. Il faut augmenter la taille du gicleur principal (enrichissement sur toute la plage), augmenter la taille du jet d'air pour appauvrir à moyen régime (rapport de 5 à 15).

Si les cellules correspondant aux hauts régimes sont blanches, rouges pour les moyens régimes : le mélange est bon à haut régime, riche à moyen régime. Il faut augmenter la taille du jet d'air pour appauvrir à moyen régime, ne pas toucher au gicleur principal.

Si les cellules correspondant aux hauts régimes sont blanches, bleues pour les moyens régimes : le mélange est bon à haut régime, pauvre à moyen régime. Il faut diminuer la taille du jet d'air pour enrichir à moyen régime, ne pas toucher au gicleur principal.

Après chaque modification du gicleur principal et/ou du jet d'air, il est nécessaire de refaire les essais routiers pour établir un nouveau tableau (jusqu'à obtenir une majorité de cellules blanches).

Nous avons raisonné jusque là sur l'axe horizontal du tableau - hauts régimes et moyens régimes. Il est possible qu'il y ait également une dissymétrie suivant l'axe vertical - pleine ouverture, ouverture moyenne du papillon. Si elle existe et pour la réduire on peut essayer plusieurs valeurs du tube d'émulsion.

Réglage de l'accélération :

Uniquement après avoir terminé les réglages précédents, procéder aux essais d'accélération.

Reprise des enregistrements sur route. Faire varier les régimes et la position initiale de la pédale d'accélérateur, accélérer brutalement.

Dépouillement : on recherche sur les enregistrements les instants ou la valeur d'ouverture papillon augmente brutalement. On analyse la courbe d'AFR sur les 5 secondes qui suivent l'accélération.

Si l'on constate une bosse (augmentation AFR puis retour à la normale). Le mélange est

pauvre en cours d'accélération, il faut augmenter la quantité d'essence.

Si l'on constate un creux (diminution AFR puis retour à la normale). Le mélange est riche en cours d'accélération, il faut diminuer la quantité d'essence.

Si l'on constate une bosse suivie d'un creux (augmentation puis diminution d'AFR puis retour à la normale). Le mélange est globalement bon en cours d'accélération, il faut conserver la quantité d'essence, mais l'injecter plus rapidement (augmentation de débit).

Si l'on constate un creux suivie d'une bosse creux (diminution puis augmentation d'AFR puis retour à la normale). Le mélange est globalement bon en cours d'accélération, il faut conserver la quantité d'essence, mais l'injecter plus lentement (réduction de débit).

Le gicleur de pompe de reprise permet de régler le débit de la pompe : augmenter la taille du gicleur pour augmenter le débit.

L'orifice de décharge de la pompe permet de modifier la quantité d'essence injectée. Augmenter la taille de l'orifice diminue la quantité d'essence injectée.