

Les bougies d'allumage

Première partie

Préambule

La bougie d'allumage, qui a pour rôle d'enflammer le mélange gazeux constitué à l'intérieur d'un cylindre moteur au moyen d'une étincelle à haute tension, fut inventée, sous le nom d' « inflammateur » par Jean-Joseph Etienne LENOIR en 1860. Sa céramique et ses deux fils de platine servant d'électrodes l'apparentent étroitement à nos bougies actuelles.

Nous passerons sous silence les bougies de réchauffage ainsi que les bougies à catalyse pour nous consacrer aux bougies à ionisation qui fonctionnent par allumage commandé.

Pour information, les bougies de réchauffage ne concernent pas l'allumage proprement dit, mais seulement le réchauffage de la chambre de combustion (moteurs diesel), en attendant que celle-ci entretienne une température suffisante pour la combustion d'un mélange gazeux.

L'allumage par catalyse consiste à chauffer par un courant électrique basse tension un fil d'un métal approprié, provoquant par contact avec le mélange gazeux, et sans être altéré lui-même, l'échauffement puis l'inflammation de ce mélange. On trouve généralement ce type d'allumage en modélisme, les bougies sont de type « glow plug ». Le moteur fonctionne en auto-allumage ; on peut gérer l'avance en travaillant sur la tension de chauffage du filament.

Il a existé des allumages par ionisation à basse tension, consistant à faire apparaître une étincelle dans le mélange gazeux en provoquant la séparation à l'intérieur du mélange de deux contacts placés dans un circuit selfique (une self est une bobine) à basse tension ; l'étincelle produite est alors de médiocre qualité, assez froide et peu puissante ; ce type d'allumage a été vite abandonné.

1 – La constitution d'une bougie classique

La bougie se construit autour de deux électrodes : celle qui reçoit la tension élevée de la bobine d'allumage, et celle qui est à la masse ; leur distance la plus faible est celle où se produira l'étincelle ; cette distance doit être occupée par les gaz à brûler, il n'est donc pas conseillé de monter par exemple une bougie à culot court dans une culasse prévue pour bougie à culot long, comme je le vois encore trop souvent lors de dépannages. Ni bien sûr une bougie à culot long sur une culasse prévue pour culot court, pour des raisons évidentes (mais pas pour tout le monde semble t'il) de manque d'affinités avec les calottes de piston ou les soupapes dans le cas de certaines machines à soupapes latérales.

Sauf au point où éclate l'étincelle, les électrodes sont séparées par un isolant. Tout naturellement, l'isolant entoure l'électrode centrale, et il est entouré par un corps métallique (culot) qui sert à la fixation sur le moteur et qui porte l'électrode de masse.

On remarquera des anneaux sur la partie supérieure de l'isolant : ces anneaux augmentent la surface d'isolation et diminuent les risques de court-circuit extérieur, même par temps pluvieux ou humide, exactement de la même manière que sur les isolateurs des poteaux EDF.

Les trois parties, tige de l'électrode centrale, isolant et culot sont réunis par des joints, ou liants, qui assurent l'étanchéité, la cohésion et le transfert thermique.

Il existe des bougies avec joint métallique servant à faire l'étanchéité avec la culasse, et des bougies sans joint.

Le joint participant à la conduction thermique, il est déconseillé de l'enlever ou de le modifier.

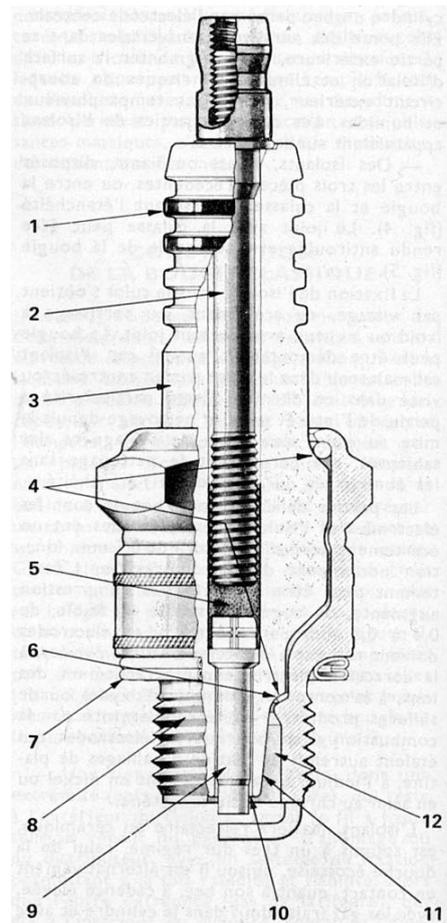


FIG. 4. — Éléments divers de la bougie.
(Dessin Bosch.)

Constitution d'une bougie : 1, Barrière de fuites électriques. — 2, Tige de connexion. — 3, Isolant Pyranit. — 4, Culot emmanché à chaud. — 5, Ciment spécial conducteur. — 6, Joint intérieur. — 7, Joint prisonnier. — 8, Filetage de précision avec dégagement. — 9, Électrode spéciale CR (électrode centrale) résistante à la corrosion. — 10, Large fente entre l'électrode centrale CR et le bec de l'isolant. — 11, Bec d'isolant de faible épaisseur. — 12, Chambre de respiration entre le culot et le bec de l'isolant.

2 – Les conditions générales à remplir pour une bougie de qualité

Elles sont les suivantes :

- Avoir une résistance diélectrique élevée.
- Y adjoindre une résistance mécanique correcte.
- Réaliser l'étanchéité complète entre les électrodes, les isolants et la culasse.
- Être adaptée dans ses formes géométriques à la compression recherchée, puisqu'elle contribue par son volume à définir le volume de la chambre de compression.
- Être adaptée dans ses contours à la nécessité d'éviter les fuites électriques et les fuites périphériques au moyen de nervures ou cannelures.
- Donner une étincelle assez chaude dès le ralenti.
- Ne pas chauffer aux vitesses de rotation élevées.
- Ne pas s'encrasser.
- Constituer autour de l'électrode centrale une zone favorable à l'ionisation et au début de la combustion, sorte de chambre chaude adaptée à l'intention du constructeur du moteur.

3 – Considérations électriques

La tension nécessaire pour déclencher l'allumage, c'est-à-dire pour produire une étincelle entre les électrodes, est la résultante d'un certain nombre de facteurs :

- La compression, qui plus elle est élevée, nécessite une tension importante.
- L'écartement des électrodes.
- La température ; plus la température de la bougie sera élevée, moins la tension nécessaire sera importante, un métal chauffé émettant plus facilement des électrons qui constituent le courant dans l'étincelle.
- L'état des électrodes : les arêtes vives et les surfaces brillantes améliorent l'émission des électrons (effet couronne) d'où l'intérêt qu'il y a d'aviver à la lime les surfaces des électrodes usées.
- L'érosion ionique et la corrosion chimique (il règne à l'intérieur d'un cylindre des conditions absolument abominables) usent progressivement les électrodes et augmentent la tension nécessaire à un bon allumage.

IMPORTANT : la polarité de la tension.

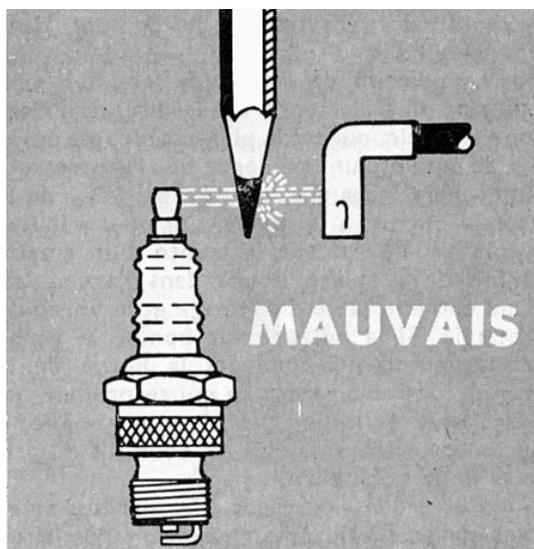
On sait que la l'émission des électrons est facilitée si l'électrode centrale, qui est la plus chaude est négative*.

On peut vérifier la polarité en insérant la pointe d'un crayon à mine de graphite douce dans l'arc qu'on forme entre le fil haute tension et la borne de la bougie.

Si la polarité est bonne la gerbe d'étincelles se produit vers la borne de la bougie, contrairement à ce que l'on peut voir que la figure ci-contre.

D'où l'intérêt de ne pas rebobiner une bobine dans le mauvais sens (inversion de polarité) ou d'inverser inconsidérément bobines et aimants dans un volant magnétique ou une magnéto.

* : ne pas confondre polarité de tension (+ et -) et trajet des électrons ; les électrons allant toujours du - vers le +, l'électrode centrale bien que recevant une haute tension positive d'un point de vue électrique, est négative si l'on se réfère au sens du courant (qui est un flux d'électrons).



Vérification de la polarité de la bougie (Dessin Champion)

4 – Considérations thermiques

Ces considérations sont principalement au nombre de deux :

1 - La bougie ne doit pas chauffer aux vitesses élevées et donc avoir une conductibilité thermique suffisante.

La figure ci-contre montre les contraintes thermiques imposées à l'isolant d'une bougie à pleine charge ; le bec de l'isolant ne doit pas dépasser 850-900°C.

L'isolant joue donc un rôle très important pour qu'un équilibre s'établisse à une température correcte entre la chaleur transmise à la bougie et celle qui est diffusée par elle. La figure suivante indique les différents flux thermiques subis par la bougie.

La conductibilité thermique de l'électrode intervient aussi pour une part non négligeable dans le processus.

2 – La bougie ne doit pas s'encrasser, elle doit donc être capable de brûler elle-même les dépôts d'huile ou les suies déposées par un enrichissement intempestif (starter, pleine charge moteur à bas régime...); la température doit être d'au moins 500°C, sinon l'encrassement finirait par supprimer complètement l'étincelle.

Il résulte de tout ceci qu'une bougie quelconque ne peut être montée impunément sur n'importe quel moteur, sous peine d'encrassement intempestif (bougie trop froide) ou d'auto-allumage.

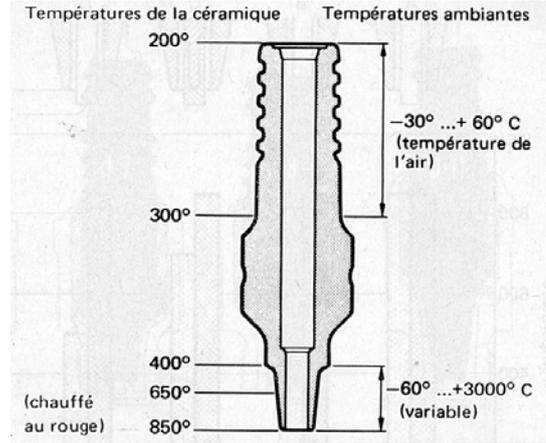
L'auto-allumage d'une bougie est un allumage inopportun provoqué par les parties surchauffées de la bougie dans le voisinage du point d'allumage normal ; il n'est pas décelable pendant la marche normale, mais lorsqu'on coupe le contact (le moteur continue à tourner) ; en théorie, le fonctionnement du moteur n'est pas affecté par un auto-allumage léger et sporadique.

En revanche, lors d'auto-allumages importants, le fonctionnement du moteur devient irrégulier et les bougies sont surchargées du point de vue thermique.

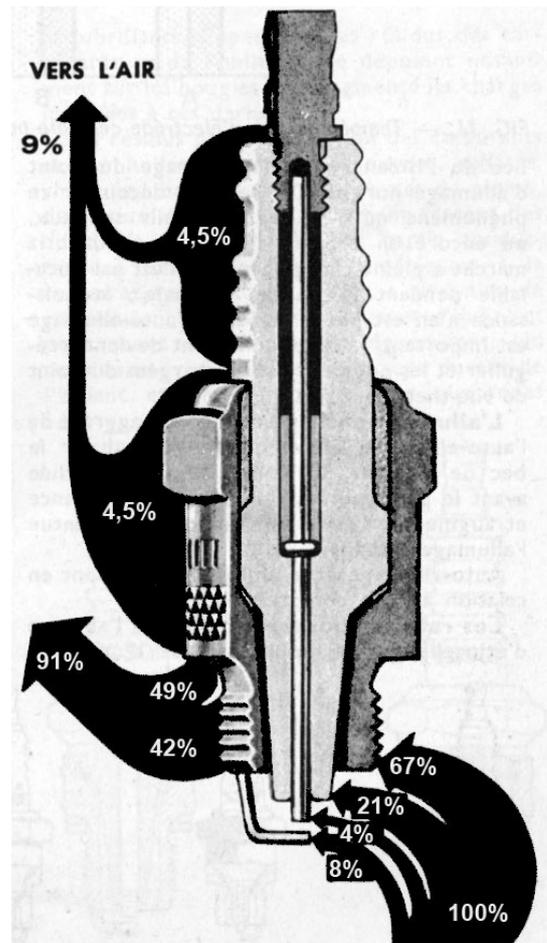
C'est le phénomène d'allumage anticipé ; la combustion déclenchée avant le point normal fait baisser la puissance et augmente l'échauffement, ce qui accentue l'allumage anticipé.

On risque alors à très court terme la destruction du moteur, soit par la fonte des électrodes dont une partie peut tomber dans le cylindre, soit par la fonte de la calotte du piston soumis à des températures excessives.

C'est pour ces raisons qu'il est indispensable de respecter les indices thermiques donnés par les constructeurs.

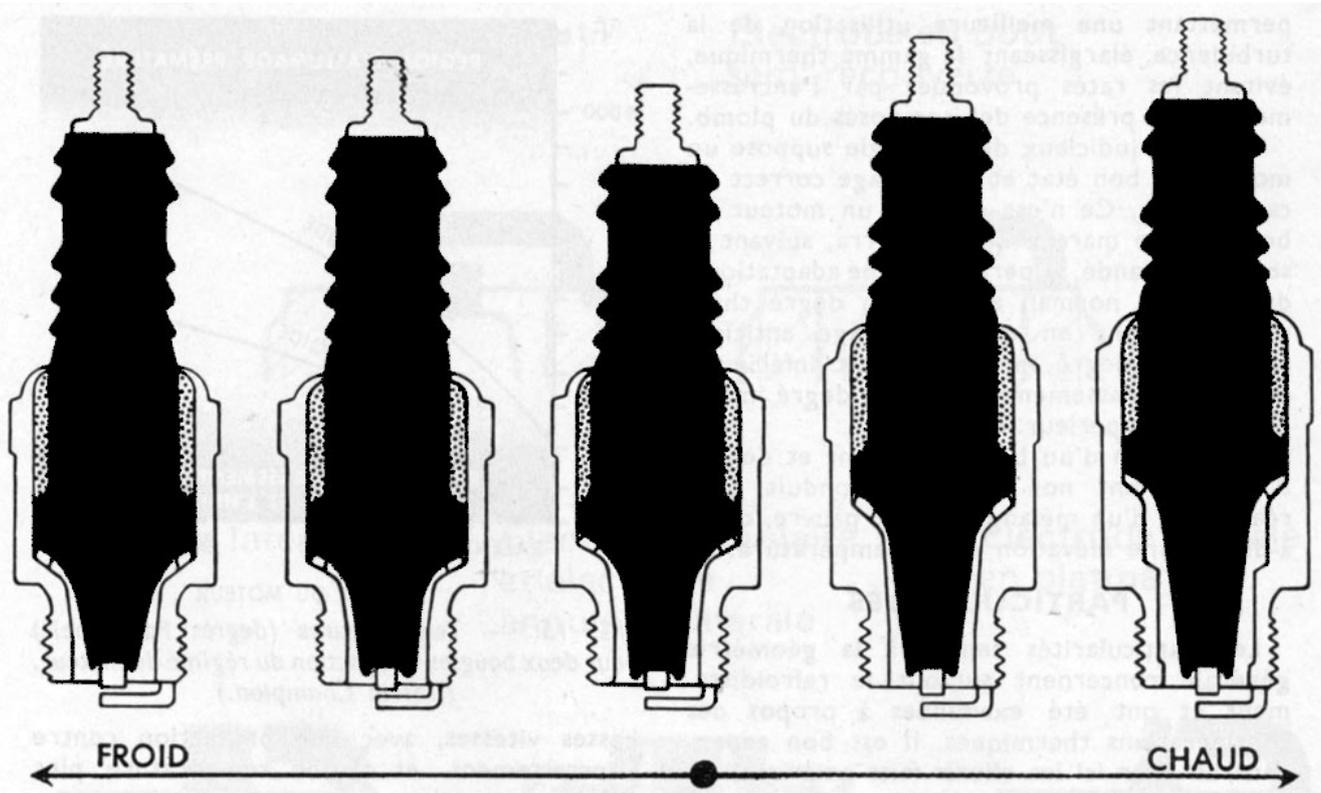


Contraintes thermiques imposées à l'isolant (Dessin Bosch)



Flux de transfert de chaleur (Dessin Champion)

5 – Les indices thermiques



*Différents indices thermiques ; on remarque les différences de formes de l'isolant et du culot
(Dessin Champion)*

Le degré thermique d'une bougie résulte de la conductibilité thermique de l'isolant et des électrodes, de la forme géométrique de l'isolant et de sa surface comprise entre l'électrode centrale et le culot, de la position de l'électrode centrale dans l'isolant, c'est-à-dire des chemins offerts à la chaleur pour traverser la bougie.

Le choix judicieux de la bougie suppose un moteur en bon état, un allumage et un carburateur bien réglés. Ce n'est que sur ce type de moteur que l'on pourra, suivant l'usage que l'on en fait et des conditions météo, se permettre une adaptation.

Dans le cadre d'un usage normal, utiliser l'indice prévu par le constructeur ; en cas d'allumage anticipé ou de grand froid, adopter le degré immédiatement inférieur, en cas d'encrassement ou de canicule le degré immédiatement supérieur.

La figure ci-contre montre la différence de comportement entre une bougie chaude et une bougie froide pour le même moteur.

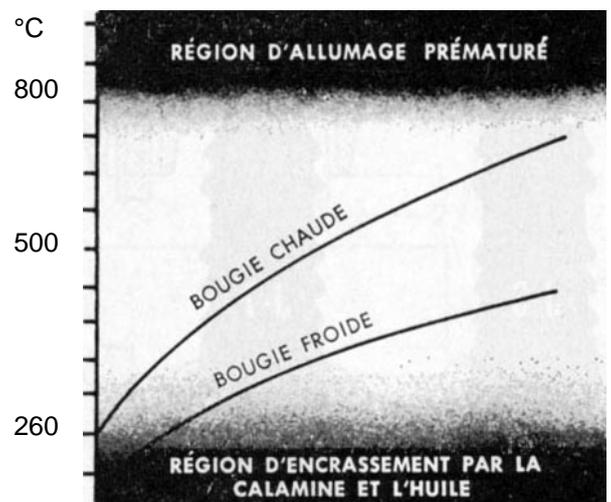
Cette différence est surtout perceptible lorsqu'on charge le moteur de manière importante.

Vous pouvez télécharger un document Champion relatif aux équivalences de bougies (je décline toute responsabilité quant à la véracité des informations) à cette adresse :

<http://restauration.mbk.free.fr/Documentation/equivalences-bougies.pdf>

Dans le prochain Obsession, la seconde partie de cette étude :

- Les bougies à résistance et à disrupteur
- Les différents types d'électrodes
- L'aspect des électrodes
- L'examen des bougies et la cause des principaux défauts rencontrés.



Ralenti

Pleine charge
Régime du moteur