

CYCLOMOTO

15 MAI 1957

6^e ANNÉE — N° 58

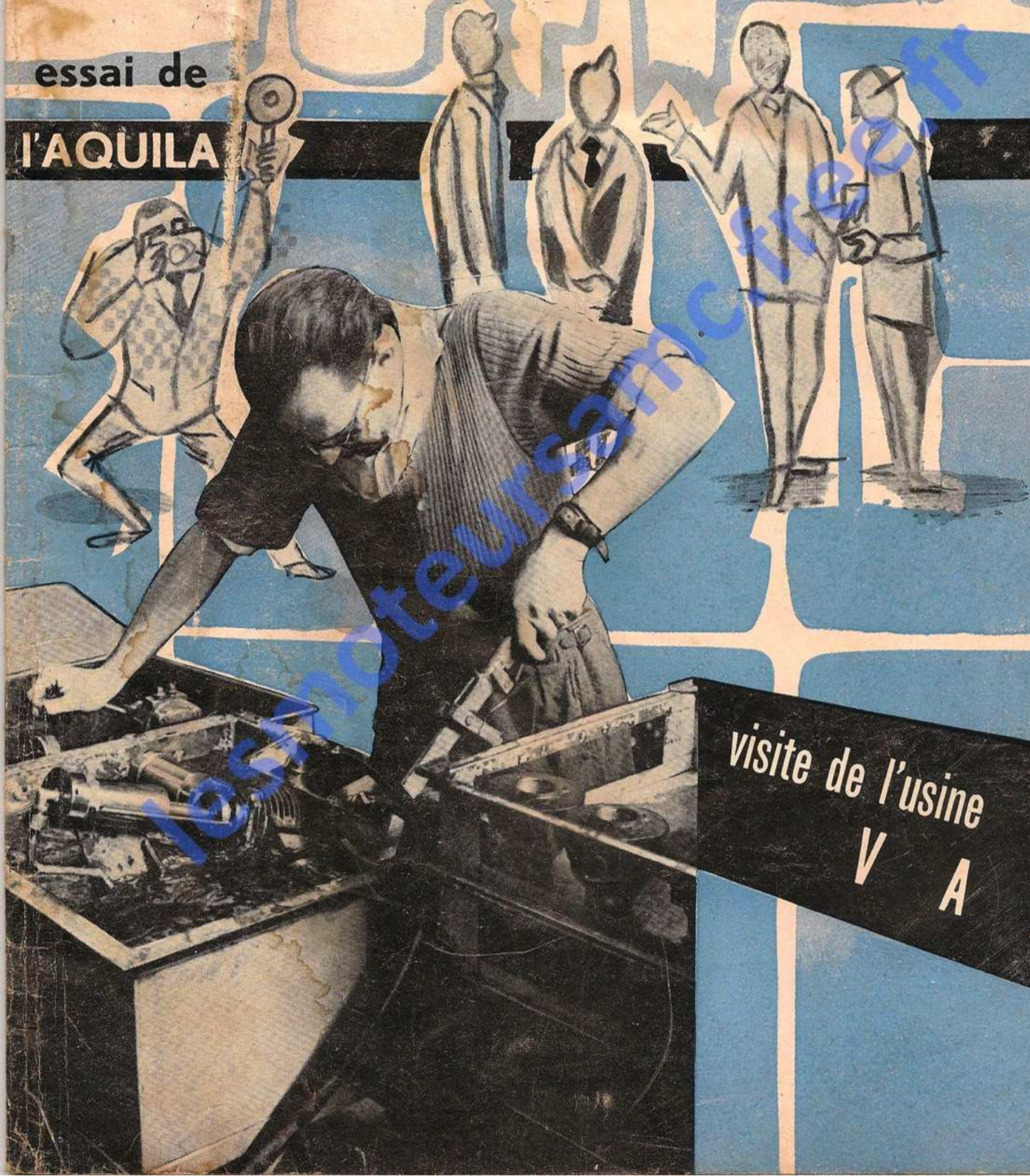
Ce N° 50 fr.

magazine

revue

essai de

L'AQUILA



visite de l'usine
V A P

LA BOUGIE...

apprenez à la connaître !

Après avoir examiné les contraintes qui s'exercent sur la bougie, le choix des matériaux imposés par ces contraintes, les formes données à la bougie et la signification du degré thermique, nous aborderons aujourd'hui un aspect plus pratique du problème : celui du « visage » de la bougie. Rappelons qu'une grande partie de la documentation dont nous disposons nous a été fournie par Bosch et par Marchal.

L'EXAMEN de la bougie peut souvent permettre de déceler les causes de mauvais fonctionnement d'un moteur, même si elle n'est pas responsable de ce mauvais fonctionnement.

Nous allons voir, ci-dessous, quelques-unes de ces manifestations de « mauvaise volonté » du moteur et les conséquences qu'elles peuvent avoir sur la bougie.

PRÉ ET AUTO-ALLUMAGE

Les phénomènes de pré- et auto-allumage se traduisent avant tout par une baisse de puissance.

LE RESPONSABLE ? UN POINT CHAUD !...

Ces phénomènes sont caractérisés par la combustion prématurée des gaz frais en fin de compression. Ils sont alors enflammés par un point chaud de la bougie (électrode, bec d'isolant, etc...) ou de la culasse (particule de calamine faisant saillie, joint de culasse pénétrant légèrement dans la chambre de combustion, etc...).

Mais le pré-allumage, même s'il est causé par une bougie surchauffée, n'est peut-être pas directement imputable au choix de cette dernière : si, lors du montage de la bougie, on a oublié son joint, toute sa partie inférieure (parfois culot y compris) est soumise au souffle brûlant des gaz incandescents : les électrodes chauffées au blanc provoqueront l'auto-allumage. De même, une modification du réglage de carburation (émulsion plus pauvre), un accroissement du taux de compression ou une augmentation de l'avance à l'allumage pourront conduire aux mêmes phénomènes.

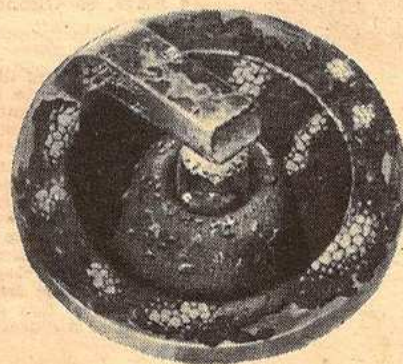
UNE PERTE DE PUISSANCE

Si l'auto-allumage se signale incontestablement par le fait que, contact coupé, on obtient encore quelques temps moteurs, il peut, bien souvent, exister sans manifester aussi nettement son existence.

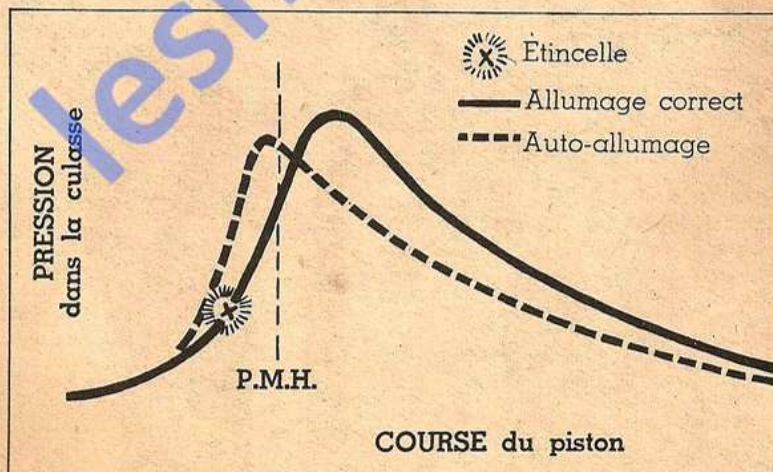
Mais de toutes façons, une baisse de puissance se fera sentir.

× × ×

L'auto-allumage de l'émulsion apparaîtra généralement lors du temps de compression. Dans ces conditions, l'augmentation brusque de la pres-



Bougies surchauffées, trop « chaudes ». En haut, cas du carburant sans plomb : bec d'isolant blanc mat, petites perles métalliques. En bas, carburant avec plomb : isolant recouvert d'une couche vitrifiée de composés de plomb, petites perles métalliques, électrodes plus ou moins rongées.



sion des gaz enflammés exercera une poussée prématurée sur le piston qui est encore dans sa phase ascendante vers son point mort haut : le mouvement du piston sera freiné (première perte de puissance) ; et lors de la phase descendante du piston, la poussée qui s'exercera sur sa calotte sera alors moins élevée que celle qui devrait être obtenue lors d'une inflammation normale (deuxième perte de puissance).

× × ×



Bougies encrassées, trop « froides ». A gauche : carburation trop riche qui provoque un dépôt noirâtre de suie, amorphe, sec et velouté. A droite : remontées d'huile (quatre temps) : dépôt noir, charbonneux, luisant, gras.

Cependant des points de la culasse ou de la bougie particulièrement incandescents peuvent provoquer l'auto-allumage de l'émulsion gazeuse fraîche même durant le temps de l'admission, les gaz frais s'enflammant au moment de leur pénétration dans le cylindre : la brusque dilatation de ces gaz causera des « retours au carburateur », puisque la lumière d'admission est encore ouverte. Les gaz frais ayant été brûlés durant la phase d'admission ne pourront plus fournir de travail durant le temps de détente... mais par contre, durant la phase d'admission, qui est une phase durant laquelle le moteur devrait refroidir, nous aurons cette fois un échauffement supplémentaire.

QUE DIT LA BOUGIE ?

Comment se présente la bougie dans un moteur ainsi surchauffé, et donc sujet à l'auto-allumage ?

Dans le cas d'un carburant sans plomb, le bec d'isolant, blanc, porte bien souvent des sortes de petites perles dues à la fusion de particules métalliques provenant du fût du cylindre, de la jupe du piston, etc... Les électrodes présentent des teintes de métal recuit.

Si, comme c'est presque toujours le cas actuellement, le carburant comporte du plomb tétraéthyle, nous retrouverons les mêmes petites perles sur le bec d'isolant ; mais, de plus, celui-ci sera recouvert, au bout d'un certain temps, d'une sorte de couche vitrifiée, allant d'un brun foncé à un jaune sale. Les électrodes seront souvent rongées.

De toute façon, un moteur sujet à l'auto-allumage doit être équipé avec une bougie froide.

ENCRASSEMENT

L'encrassement d'une bougie se traduit par une marche irrégulière du moteur, par une diminution du régime due à des ratés d'allumage, par une perte de puissance.

LES CAUSES

Les causes de l'encrassement, en dehors de l'utilisation d'une bougie trop froide, peuvent être les suivantes :

- mélange trop riche en huile dans le cas d'un deux temps ;
- trop longue marche sur le ralenti, à bas régime, ou bien marche avec le volet d'air fermé (dans ces deux cas, la carburation est trop « riche » en raison du mode de conduite ou d'une erreur dans la manière de conduire) ;
- carburation mal réglée, donnant une émulsion trop riche ;
- utilisation d'un carburant non approprié, etc... etc...

LA BOUGIE ENCRASSÉE

L'aspect d'une bougie encrassée varie selon que cet encrassement est dû à une carburation trop riche ou à un mélange trop riche en huile. Dans le premier cas, nous trouvons un dépôt charbonneux noirâtre, sec, velouté. Dans le second cas, le dépôt est gras, luisant.

Un dépôt de ce genre peut former un lien conducteur entre l'électrode centrale et la masse, en passant par le bec d'isolant et le culot : la bougie se court-circuite, la résistance au passage du courant étant plus faible par les dépôts que par les gaz comprimés entre les électrodes.

Nous parlerons plus loin d'une autre forme de l'encrassement : les « perles » ou « ponts » entre les électrodes.

MANIFESTATION DE L'ENCRASSEMENT

Nous aurons tout d'abord des ratés d'allumage, puis — par le fait d'une bougie qui devient plus froide à cause de la mauvaise inflammation et combustion des gaz — un très rapide encrassement qui conduira très bientôt à la panne totale. Mais cet encrassement provoquant la panne ne doit pas être confondu avec le léger dépôt de suie qui se forme durant la courte

période où le moteur tourne sans allumage et fini sur sa lancée ; ce dernier dépôt brûle et disparaît dès que la perle est enlevée et le moteur remis en marche.

UNE BOUGIE PLUS CHAUDE

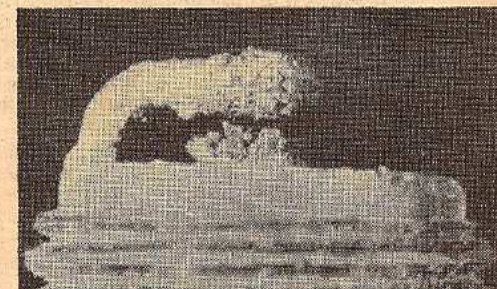
Si l'encrassement de la bougie n'est pas dû à une cause mécanique ou à un mauvais réglage, il suffira alors de choisir une bougie plus chaude pour que tout rentre dans l'ordre. Et cette bougie plus chaude aura également la valeur d'un palliatif temporaire, avant réparation ou réglage, en cas d'une des autres causes citées dans ce paragraphe.

DÉPÔTS DE PLOMB

Des conséquences semblables à celles que nous avons illustrées pour l'encrassement par carburation trop riche ou mélange trop riche en huile, se produiront si l'on utilise un carburant contenant du plomb tétraéthyle (et c'est ce carburant qui est, de loin, le plus fréquemment utilisé).

Il se forme alors, sur le bec de l'isolant, un dépôt à base de plomb qui, aussi longtemps qu'il n'est pas humide et qu'il est froid, n'est pas conduc-

L'encrassement se manifeste parfois d'une façon vraiment spectaculaire.



teur de l'électricité. Mais à haute température, il devient de plus en plus conducteur : le courant haute tension trouve une dérivation électrique dans ce dépôt ; l'étincelle aux électrodes est affaiblie et peut même être supprimée.

LE PLOMB RAVAGEUR

Or il est fait de plus en plus appel au plomb tétraéthyle qui est le moyen le plus barbare, mais aussi le plus simple, pour rendre nos essences anti-détonantes. Mais plus la proportion est importante (elle vient, en France, d'être augmentée de 20 %), plus seront importants les dépôts de composés de plomb sur la bougie.

De plus, le carburant peut contenir également une proportion assez importante de soufre sous forme de composés. Aussi, trouverons-nous alors dans les résidus de combustion, non seulement des suies et des calamines, mais encore du sulfate de plomb extrêmement nuisible, qui, avec les autres composés de plomb et à haute température, attaque les électrodes de la bougie et les endommage.

UNE BOUGIE PLUS FROIDE, MAIS...

Les moyens que nous avons de lutter contre l'action du plomb sont des plus limités, puisqu'il s'agit là d'un phénomène indépendant de nous : la composition du carburant.

Une solution néanmoins : une bougie plus froide, afin que les dépôts de plomb ne puissent atteindre une température pour laquelle ils deviendraient conducteurs. Mais, par contre, la formation de dépôts dans ces conditions deviendra plus importante.

× × ×

Le problème est d'ailleurs assez complexe, et nous pouvons aussi avoir de l'auto-allumage avec une bougie... froide.

Une telle bougie, utilisée en ville ou en conduite tranquille, voit son bec d'isolant se couvrir d'un dépôt vitrifié provoqué par les composés de plomb. Tant que la bougie demeure suffisamment froide, ces dépôts ne sont pas conducteurs électriques, et tout va bien. Par contre, dès que l'on commencera à « tirer », la température de ces dépôts s'élèvera et atteindra un niveau suffisant pour qu'ils deviennent conducteurs. On note alors des ratés d'allumage. Si l'on pouvait maintenir le régime du moteur malgré ces ratés, la bougie pourrait alors se décrasser (« auto-nettoyage ») et fonctionner normalement.

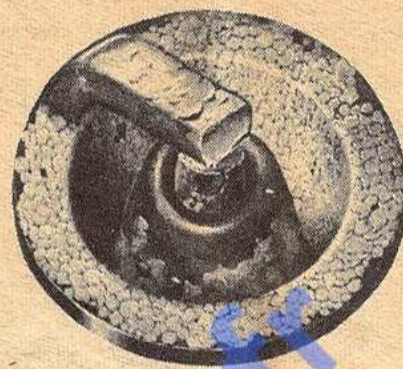
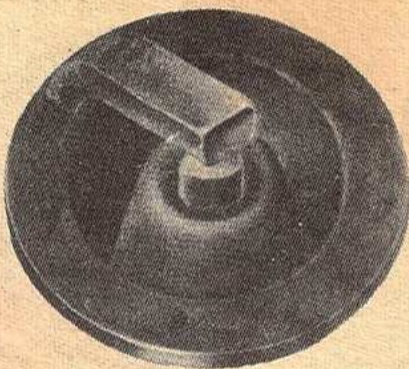
LE PERLAGE

Il s'agit d'un phénomène bien connu, particulièrement des possesseurs de deux temps... Bien connu... du moins dans ses manifestations (la panne), car le processus de sa formation est encore bien discuté, même par les spécialistes.

Nous essaierons d'être très brefs en nous efforçant cependant de ne rien omettre d'essentiel.

SES FORMES

La « perle » peut se présenter sous deux formes différentes :



Bougies normales, bien adaptées à un moteur bien réglé. Avec un carburant sans plomb (à gauche) : bec d'isolant brun clair, culot gris foncé comportant un léger dépôt de suie. Si le carburant est plombé (à droite) : fort dépôt granuleux allant du beige au brun, légère usure des électrodes.

— ou bien la « perle » proprement dite : une petite boule « vitrifiée » adhérent aux électrodes de la bougie ;
— ou bien un filament très fin (« pont » ou « aigrette ») qui relie ces deux électrodes.

Les conséquences seront chaque fois identiques : le circuit est court-circuité, le courant passe par le pont ou la perle sans former d'étincelle.

LES CONSTITUANTS DE LA PERLE

Une analyse des constituants de la « perle » ou du « pont » montre que l'élément prédominant est le plomb (45 à 70 %) provenant du carburant. En assez grosses proportions aussi on trouve du soufre (provenant des carburants et des huiles) et du carbone (provenant d'une combustion incomplète de l'essence et surtout de l'huile de lubrification). En moindres quantités et de provenances diverses (frottements du piston, additifs de l'huile, poussières de la route mal filtrées, etc.), nous trouvons encore de la silice, du fer, de l'aluminium, du nickel, du phosphore, etc...

Il apparaît donc que les éléments constitutifs de la perle sont des éléments extérieurs à la bougie et provenant, d'une manière prédominante, du carburant et du lubrifiant.

COMMENT SE FORME CETTE PERLE ?

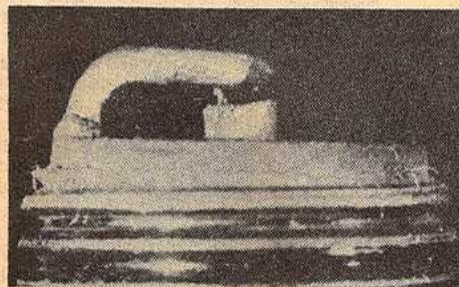
Le processus est sensiblement le suivant :

Le moteur fonctionnant à haute température (à la suite d'une marche pleins gaz, ou en montagne), si l'on coupe brusquement les gaz — et en raison des brusques variations de la température et de la pression des gaz, du balayage — il se forme dans la culasse des résidus de combustion qui demeurent en suspension dans les gaz. Une partie sera évacuée par l'échappement, mais une autre partie restera dans les parages de la bougie.

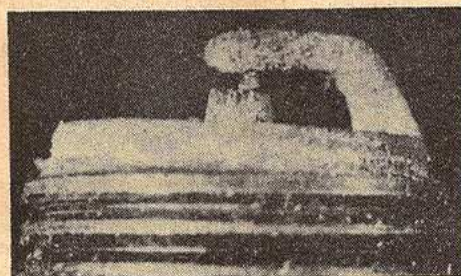
Or, le passage de l'étincelle entre les électrodes crée un champ électrostatique qui attire ces particules de résidus de combustion d'autant plus fortement que leur constante diélec-

trique (résistance au passage du courant) est élevée. Ces particules, surchauffées, viennent se coller, et même fondre, sur l'électrode centrale ou le bec d'isolant. Et c'est, finalement, la prolifération, de proche en proche, de ces dépôts soudés et cuits, les uns sur les autres, qui forme la « perle » ou le « pont ».

Que ce phénomène soit beaucoup plus spécifique d'un deux temps que d'un quatre temps s'explique facilement : fatigue plus grande de la bougie, en raison d'une étincelle par tour — résidus de combustion en bien plus grande quantité en raison de l'huile introduite par le mélange dans la chambre de combustion — balayage et courants gazeux au voisinage de la bougie plus faibles que dans un quatre temps, variations de température plus rapides.



Deux formes de « perles ». En haut : filament tenu entre les électrodes. En bas : la perle proprement dite.



COMMENT LUTTER CONTRE LA PERLE ?

La meilleure solution serait évidemment d'utiliser une essence vierge de plomb, une huile sans trop d'additifs. D'autre part, un moteur bien dessiné, avec un balayage intense dans la zone des électrodes, s'opposera mieux à l'attraction du champ électrostatique. Mais ce sont là, et surtout pour ce dernier point, des facteurs plus ou moins indépendants de notre volonté.

× × ×

Par contre, on peut jouer sur le choix de la bougie.

Avant tout, il faut utiliser une bougie froide et à laquelle on donnera, surtout en été, un écartement des électrodes aussi grand que le permet la puissance de l'allumage et les difficultés accrues de mise en marche : dans ces conditions, et de toute évidence, le pontage se fera plus difficilement. De même, il sera bon (et ce n'est possible qu'avec un joint de bougie neuf, non écrasé, et doté donc d'une certaine élasticité) de diriger les électrodes de telle sorte que le flux des gaz frais balaie bien l'espace compris entre ces électrodes.

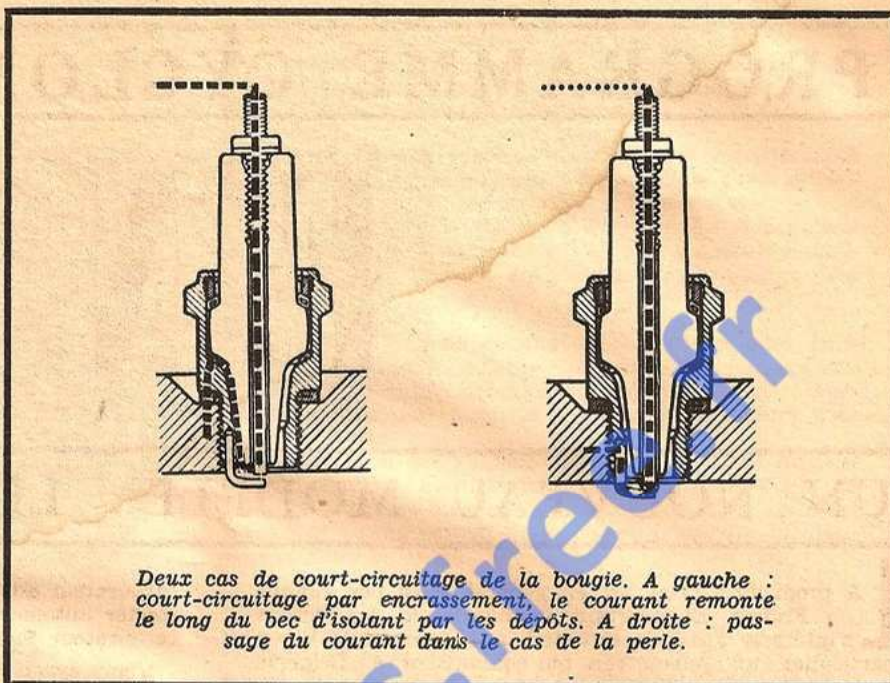
LES BOUGIES SPECIALES DEUX TEMPS

Enfin, il existe des bougies spéciales pour les deux temps. Et des recherches récentes, allemandes et américaines, vérifiées également en France, ont permis d'établir que ces bougies devaient répondre aux conditions suivantes :

- ne pas localiser le champ électrique en un seul point (donc utilisation de plusieurs électrodes de masse) ;
- abaisser au maximum la température de l'électrode centrale qui devra donc être de fort diamètre et très bonne conductrice de la chaleur (donc en alliage spécialement étudié) ;
- provoquer une disruption dans le circuit de la bougie, aussi près que possible des électrodes ;
- favoriser le balayage autour des électrodes (chambre de bougie aussi large que possible, mais avec une entrée un peu étranglée — forme de l'électrode de masse permettant un meilleur soufflage, etc...) ;
- alliages utilisés pour les électrodes choisis pour limiter aussi l'usure par corrosion (chrome au lieu de nickel et même parfois de l'argent), de telle sorte que l'écartement puisse être accru.

UNE « COMBINE »

Quand on sent, par la diminution de puissance et le changement de bruit du moteur, que la « perle » est



Deux cas de court-circuitage de la bougie. A gauche : court-circuitage par encrassement, le courant remonte le long du bec d'isolant par les dépôts. A droite : passage du courant dans le cas de la perle.

proche, couper tout de suite le contact (ou mettre à la masse) tout en ouvrant grand les gaz, mais sans débrayer. Le souffle des gaz froids (puisque non enflammés par l'étincelle supprimée) a des chances de balayer l'amorce de perle.

LE « BRULAGE » DES ÉLECTRODES

Le fonctionnement de la bougie provoque une usure naturelle des électrodes, usure contre laquelle nous ne pouvons rien.

L'origine ? Lors du passage de l'étincelle, une énergie instantanée très élevée se trouve « concentrée » sur une toute petite surface, énergie qui en arrive à ramollir et même à fondre et à volatiliser — durant ce moment instantané de l'éclatement de l'étincelle — le matériau constitutif des électrodes aux points de jaillissement de l'étincelle.

CAUSES DU BRULAGE

Cette usure des électrodes dépend de nombreux facteurs :

- du régime du moteur. Le nombre d'étincelles, dans un temps donné, étant proportionnel au régime du moteur, plus ce régime sera élevé, plus grande sera l'usure ;

- de la pression finale de compression des gaz, donc du taux de remplissage du moteur et de son taux de compression. L'usure sera plus prononcée si cette pression est plus élevée, car la pression plus élevée exige alors une étincelle d'une plus grande énergie ;

- de la température des électrodes, une température plus élevée favorisant évidemment le brûlage ;

- de la « richesse » de l'émulsion ; une émulsion « pauvre » chauffant davantage le moteur, favorise le brûlage ;

- de la forme des électrodes. Pour des électrodes fines, pointues, la surface sur laquelle se concentre l'énergie est plus faible : la « pression d'énergie » est donc plus élevée et l'usure aussi, évidemment ;

- de l'écartement des électrodes. Plus cet écartement est important, plus l'énergie nécessaire au passage de l'étincelle doit être élevée, et, en conséquence, plus l'usure des électrodes sera grande. Ainsi, pour une bougie sur laquelle on ne corrige pas de temps à autre l'écartement des électrodes, l'usure se produira de plus en plus vite ;

- du type d'allumage. Plus l'énergie fournie par le générateur (magnéto ou batterie) est élevée, plus elle brûlera les électrodes ;

- de l'état du câblage électrique. Des câbles bien blindés font que le maximum de courant passe aux électrodes : allumage et rendement du moteur sont optima, mais cela se solde par une plus grande usure des électrodes. Par contre, des résistances parasites diminuent l'énergie de l'étincelle, mais aussi l'usure.

Comparaison entre les électrodes d'une bougie neuve (à gauche) et celles de deux bougies « brûlées ».



Dans notre prochain numéro, fin de notre étude : montage et entretien de la bougie.