



Allumage par batterie pour véhicules automobiles

Dans tous les moteurs à explosion, à carburation ou à injection d'essence, la combustion du mélange air-carburant est provoquée par un "allumage extérieur". Il s'agit ici d'un arc électrique de brève durée — l'*étincelle d'allumage* —, qui se produit entre les électrodes de la bougie d'allumage et dont l'énergie est prélevée sur une source de courant indépendante: la batterie du véhicule. La réserve d'énergie de cette batterie est constamment entretenue, pendant la marche du véhicule, par une génératrice de courant.

La tension de la batterie est, en général, de 12 ou 24 volts. Elle est, de loin, très insuffisante pour provoquer l'éclatement des étincelles à la bougie. C'est pourquoi l'une des fonctions importantes de l'équipement d'allumage par batterie est d'élever considérablement cette tension et de la diriger à l'instant opportun sur la bougie voulue. Suivant le moteur et l'état de la bougie, la tension requise pour provoquer l'allumage se situe entre 5 000 et 20 000 volts; on la nomme *tension d'allumage* ou *tension d'ionisation*.

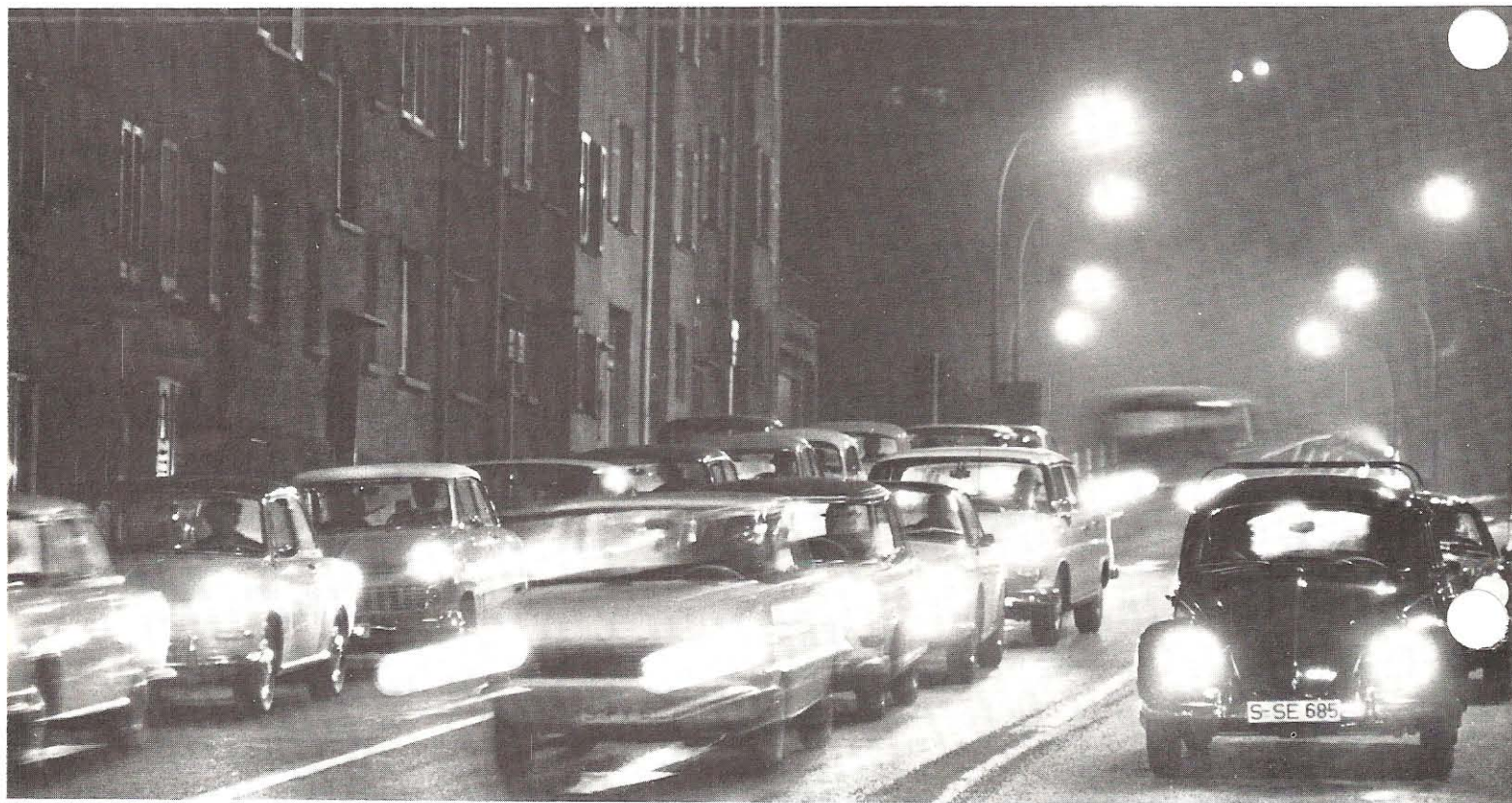
Sous l'effet de la tension d'allumage, l'espace entre les électrodes de la bougie, appelé *éclateur*, devient conducteur, de sorte que l'étincelle peut jaillir. Celle-ci a une température de plusieurs milliers de degrés Celsius; elle suffit à enflammer le mélange dont la combustion se poursuit alors d'elle-même.

Une autre fonction de l'allumage par batterie consiste à assurer, sans défaillance, l'inflammation du mélange air-carburant dans toutes les conditions possibles de fonctionnement du moteur. Dans ce but, les conditions suivantes sont impérativement requises:

- La composition du mélange air-carburant doit être correcte; autrement dit, le mélange doit être *inflammable*.
- Le mélange air-carburant doit avoir un bon accès à l'étincelle d'allumage. La position dans la chambre de combustion de l'éclateur formé par les électrodes de la bougie, la durée de l'étincelle et la turbulence du mélange gazeux sont ici déterminants.
- L'étincelle d'allumage doit posséder une énergie minimum déterminée, nommée *énergie d'allumage*, qui est transformée en chaleur. Si l'étincelle ne possède pas l'énergie minimum requise, elle peut jaillir sans que l'allumage soit pour autant assuré.

Un mélange possédant les propriétés optimales, requiert pour s'enflammer une énergie d'allumage de 0,1 millijoule au maximum; les mélanges plus riches ou plus pauvres, sensiblement plus. La demande d'énergie est particulièrement élevée pour le départ à froid, car la composition du mélange est alors le plus souvent inadéquate, et aussi parce que la bougie est froide. Il faut donc mettre en jeu un supplément d'énergie d'allumage pour obtenir avec certitude l'inflammation du mélange dans les conditions de fonctionnement les plus extrêmes.

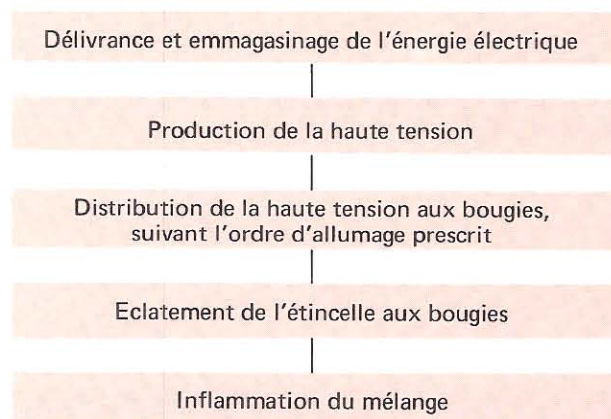
L'instant d'inflammation du mélange carburé est choisi de manière que le moteur ne cliquette pas, quel que soit le régime de fonctionnement. Un cliquetis persistant occasionne de sérieux dommages au moteur. Le point d'allumage dépend d'autre part de l'état de fonctionnement momentané du moteur, suivant qu'on recherche le développement d'une puissance élevée, une consommation réduite de carburant ou la dépollution des gaz d'échappement.



Les véhicules automobiles parcourent sans trêve nos rues, le jour et la nuit, en hiver comme en été. Nous ne pouvons concevoir que l'écoulement de ce flot puisse être perturbé par des pannes. Le mérite de cette régularité revient, pour une large part, à l'équipement d'allumage par batterie qui accomplit discrètement son importante tâche. Comment remplit-il cette fonction essentielle? C'est ce que va vous apprendre la présente notice technique.

Systèmes d'allumage par batterie Bosch

Lorsqu'il est question de l'allumage des moteurs à explosion, on évoque d'abord la présence d'une étincelle éclatant à la bougie d'allumage et provoquant l'inflammation du mélange air-carburant comprimé dans le cylindre. Mais l'inflammation du mélange n'est que le dernier acte d'un processus se déroulant à un rythme très rapide:



En une minute, ce processus se répète autant de fois qu'il se produit d'étincelles. Or, le nombre d'étincelles par minute et la vitesse de rotation du moteur à quatre temps sont liés, en général, par la relation suivante:

$$\text{Nombre d'étincelles} = \text{nombre de cylindres} \times \text{demi-vitesse de rotation}$$

Par exemple, dans un moteur à six cylindres dont le vilebrequin accomplit 3 000 rotations à la minute, le nombre d'étincelles produites est de 9 000.

La batterie du véhicule fournit l'énergie requise pour l'allumage par l'intermédiaire d'un "réservoir" interposé ou *source d'énergie d'allumage*. Celle-ci a pour rôle d'emmagasiner une quantité d'énergie électrique suffisante, constituant pour chaque allumage individuel un important surplus d'énergie. D'une part, ce surplus doit couvrir les besoins en énergie requis dans les conditions d'allumage les plus défavorables et, d'autre part, compenser les pertes d'énergie dans les câbles, dans le réservoir et dans l'allumeur. A ces fins, il n'est pas inhabituel

qu'au besoin moyen d'énergie d'allumage de 0,1 millijoule corresponde, pour chaque allumage, une énergie emmagasinée de 50 à 70 millijoules, pouvant même dépasser 100 millijoules dans les dispositifs d'allumage à haute performance.

Il existe des systèmes d'allumage par batterie dans lesquels l'énergie est emmagasinée soit dans le champ magnétique d'une bobine, soit dans le champ électrique d'un condensateur. On distingue donc les *dispositifs d'allumage par bobine* et les *dispositifs d'allumage à décharge de condensateur*.

Le montage de principe d'un système d'allumage par batterie est très simple: batterie, dont le pôle négatif est généralement relié à la masse, réservoir d'énergie (bobine ou condensateur), rupteur constituant l'organe de commande du point d'allumage. Le moteur polycylindrique dispose, de plus, d'une organisation permettant, dans un ordre déterminé, d'alimenter en énergie d'allumage plusieurs bougies à partir d'une seule source d'énergie. Une telle organisation est représentée par le distributeur d'allumage qui est synchronisé avec le rupteur.

Souvent, les équipements d'allumage électroniques comportent également un rupteur comme organe de commande; un tel système est dit "à commande par contacts". Mais il existe en outre des dispositifs d'allumage électroniques "sans rupteur mécanique".

La réalisation technique d'un dispositif d'allumage par batterie revêt des formes multiples. Elle est conditionnée, par exemple, par le mode de stockage de l'énergie, ou encore par la puissance d'allumage requise par le moteur. Il ne s'agit donc pas d'une installation autonome, mais bien d'un élément du moteur à combustion pouvant être assimilé au "cœur du moteur". Une adaptation précise au moteur considéré est par conséquent extrêmement importante. Par exemple, le point d'allumage est automatiquement réglé suivant la vitesse de rotation et la charge. L'état des contacts mécaniques et des bougies a une très grande influence sur le fonctionnement d'un équipement d'allumage.

Les voitures de tourisme, les petits camions, certaines motocyclettes et les gros moteurs stationnaires sont pourvus d'un système d'allumage par batterie.

Allumage classique par bobine (SZ)

Sous la désignation d'allumage *classique*, on comprend un procédé d'allumage dont les cycles sont exclusivement commandés par des contacts mécaniques. Ceux-ci doivent répondre à des exigences mécaniques et électriques très sévères. Ils coupent et rétablissent jusqu'à 20 000 fois à la minute des courants de l'ordre de plusieurs ampères.

Dans le cas de l'allumage par bobine, la source d'énergie est la bobine d'allumage. Celle-ci emmagasine l'énergie dans son champ magnétique et, par l'intermédiaire du câble d'allumage, la fournit, à l'instant voulu (point d'allumage), à la bougie considérée, sous la forme d'une impulsion de courant haute tension (impulsion d'allumage). L'emmagasinage de l'énergie résulte d'un

phénomène d'induction; c'est pourquoi l'on peut considérer la bobine d'allumage comme un "réservoir inductif".

La bobine d'allumage comprend deux enroulements en fil, bobinés l'un sur l'autre et isolés l'un par rapport à l'autre: l'enroulement primaire (L_1) comportant un petit nombre de spires en gros fil de cuivre, et l'enroulement secondaire (L_2) comportant un grand nombre de spires en fil de cuivre fin. Les enroulements primaire et secondaire entourent un noyau de fer qui a pour rôle de renforcer le champ magnétique et, par conséquent, d'accroître l'énergie emmagasinée. L'une des extrémités de l'enroulement primaire (borne 15) est reliée au pôle positif de la batterie par l'intermédiaire de l'interrupteur d'allumage; l'autre extrémité (borne 1) du même enroulement est mise à la masse par l'intermédiaire du rupteur. Le condensateur d'allumage est branché en parallèle sur le rupteur.

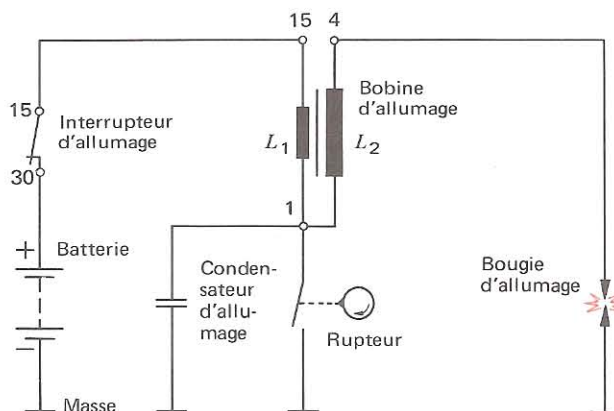


Fig. 1 Système d'allumage classique par bobine pour moteur monocylindrique. Schéma de principe.

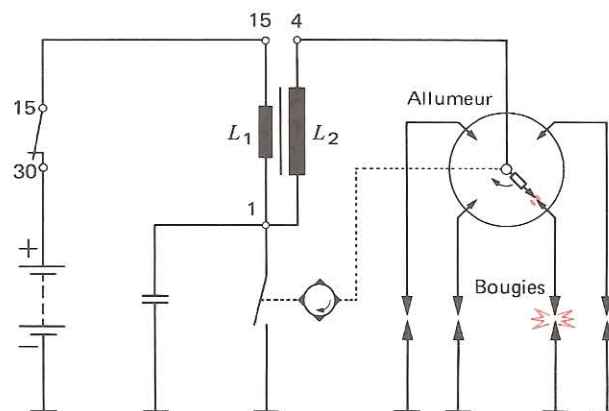
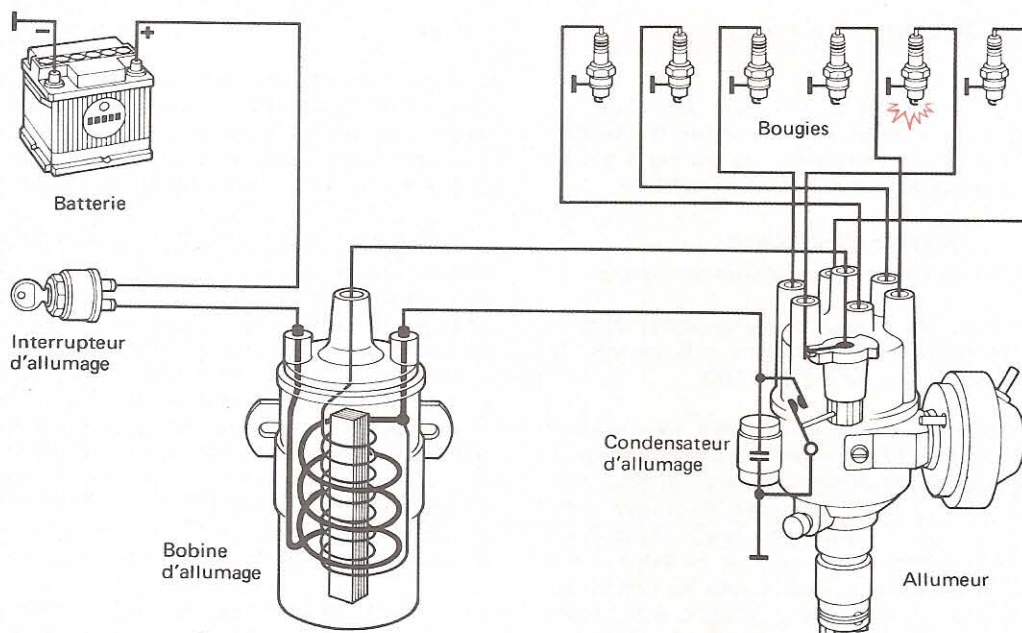


Fig. 2 Système d'allumage classique par bobine pour moteur à quatre cylindres. Schéma de principe.

Fig. 3 Système d'allumage classique par bobine pour moteur à six cylindres. Montage des composants.



L'une des extrémités de l'enroulement secondaire est également mise à la masse par l'intermédiaire du rupteur, tandis que l'autre extrémité (borne 4) est reliée à l'électrode centrale de la bougie par l'intermédiaire du distributeur et du câble d'allumage.

Emmagasinage de l'énergie d'allumage

L'interrupteur d'allumage étant fermé, l'enroulement primaire de la bobine est relié à la borne positive de la batterie. Lorsque le contact du rupteur ferme le circuit primaire, un courant s'établit: le *courant primaire*. Toutefois, au moment de la fermeture, ce courant ne s'établit pas brusquement, mais s'élève au contraire progressivement pour prendre finalement une valeur déterminée par la tension de la batterie et la résistance

ohmique. Le délai nécessaire à l'établissement de ce courant, dit "courant de repos", est en moyenne de 10 à 15 millisecondes. Dans les systèmes d'allumage classiques par bobine, la valeur du courant de repos est limitée à 3 ou 4 ampères.

Le retard à la montée du courant est provoqué par un champ magnétique qui prend naissance dans l'enroulement primaire et qui induit une tension (U_i) opposée à la tension (U_B) de la batterie. Tant que le champ est en voie de formation, une partie seulement de la tension de la batterie (U_w) peut donc contribuer à la circulation du courant primaire. Il s'ensuit que, pendant toute la durée d'établissement du champ, le courant primaire est inférieur au courant de repos. Lorsque le champ est totalement créé, la contre-tension induite disparaît. La tension de la batterie est donc alors entièrement efficace dans le circuit primaire: le courant de repos est établi.

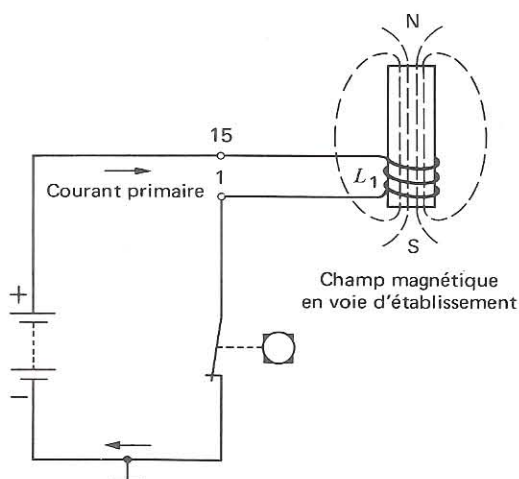


Fig. 4 A la fermeture du contact du rupteur, le courant primaire commence à circuler, créant dans la bobine un champ magnétique puissant: il y a production d'une contre-tension induite U_i .

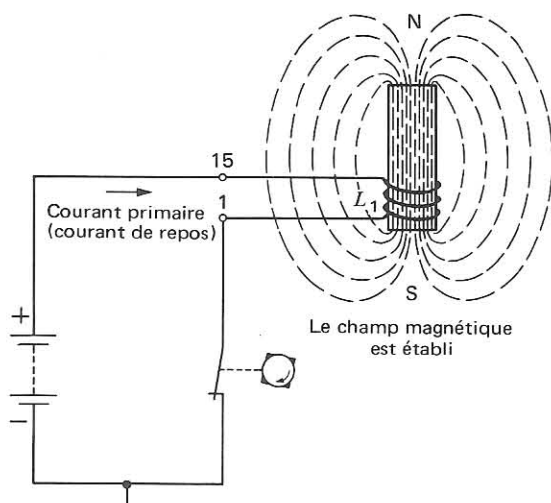
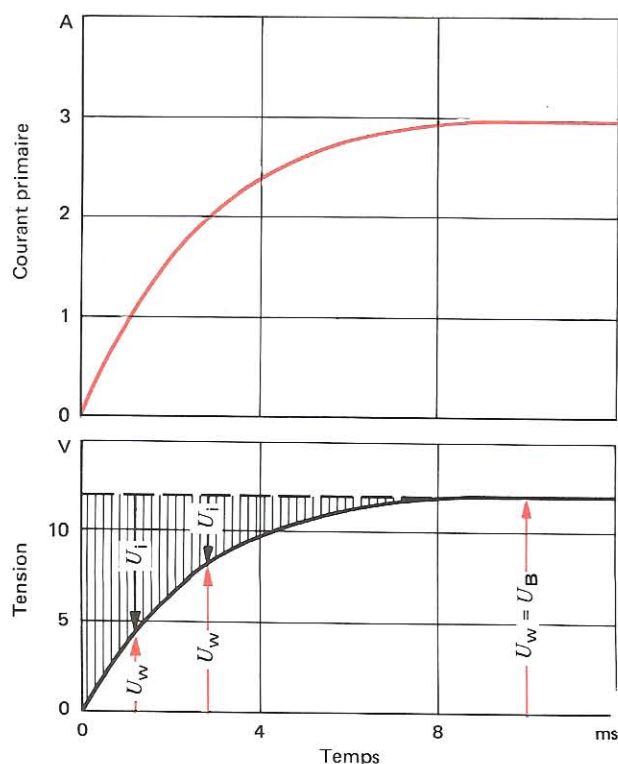
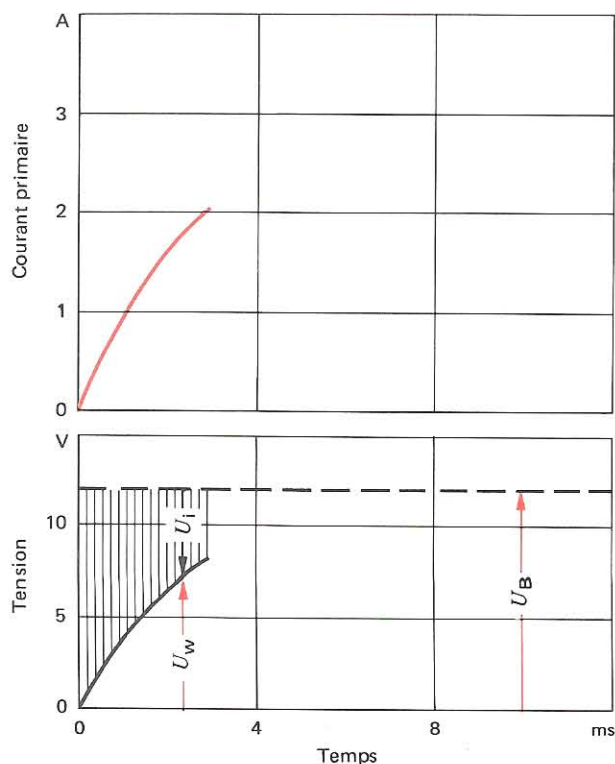


Fig. 5 Lorsque le courant de repos est établi, U_i disparaît.
 U_w = tension efficace
 U_B = tension de la batterie



Transmission de l'énergie d'allumage

Lorsque le processus d'emmagasinement est terminé, le rupteur coupe le circuit, au point d'allumage, et interrompt ainsi le courant primaire. Au même instant, le champ magnétique disparaît et induit une tension à la fois dans l'enroulement primaire et dans l'enroulement secondaire. D'après la loi de Faraday, ces deux tensions induites sont d'autant plus élevées que la disparition du champ est plus rapide. Cette dernière condition est obtenue grâce au condensateur branché en parallèle sur le rupteur. La loi de Faraday précise, en outre, que la tension induite dans l'enroulement secondaire est d'autant plus élevée que le rapport des nombres de spires est lui-même plus grand et que le courant primaire est plus intense au moment de la coupure. Comme l'enroule-

ment secondaire comporte environ cent fois plus de spires que l'enroulement primaire, la tension secondaire est par conséquent environ cent fois plus élevée que la tension primaire.

La tension secondaire, ou haute tension, est utilisée pour l'allumage: c'est la raison pour laquelle le circuit secondaire de la bobine est également appelé "circuit d'allumage". Dans ce circuit, c'est la bougie d'allumage qui constitue le consommateur.

Voyons maintenant la forme que revêt la tension secondaire et comment elle donne naissance à l'étincelle d'allumage. Pour la compréhension du phénomène, il faut se représenter le circuit primaire et le circuit d'allumage comme des circuits résonnants, composés d'inductances et de capacités.

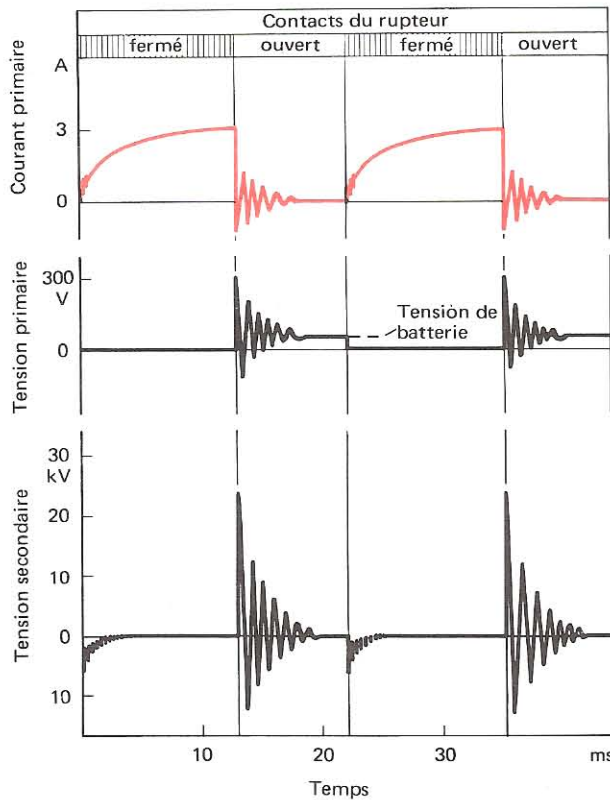


Fig. 6 Allure des courbes du courant et de la tension en l'absence d'étincelles d'allumage (tension à vide).

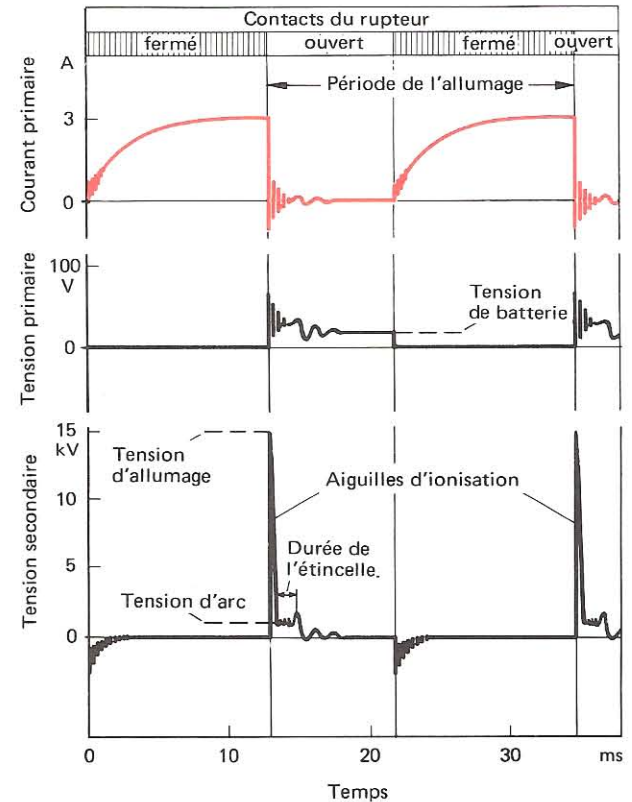
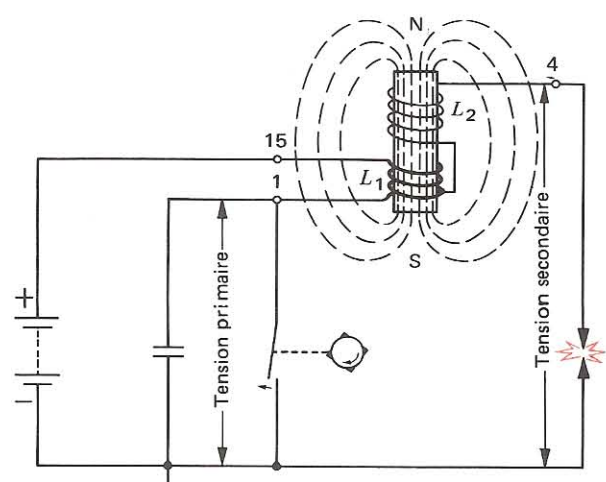
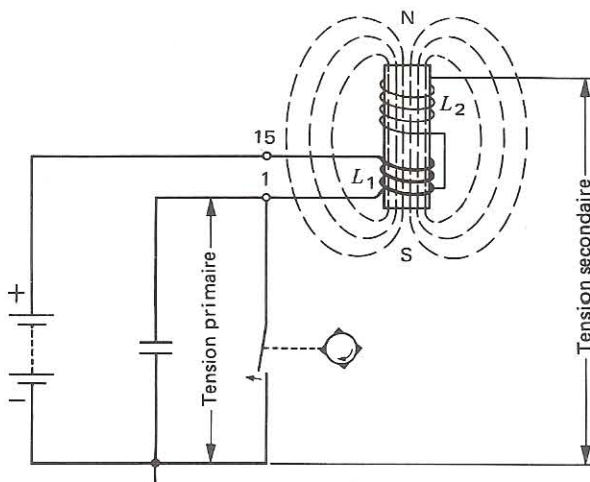


Fig. 7 Allure des courbes du courant et de la tension lorsque les étincelles se produisent (allumage).



Représentons-nous d'abord le circuit d'allumage sans consommateur, c'est-à-dire sans bougie. L'énergie emmagasinée, transmise au circuit d'allumage, se dissipe alors sous forme d'oscillations amorties de courant et de tension, dont la fréquence est comprise entre 1 000 et 3 000 hertz. Au bout de quelques millisecondes, les oscillations sont amorties; l'énergie s'est transformée en chaleur répartie sur l'ensemble du circuit et finalement rayonnée à l'extérieur. Nous dirons que ce phénomène oscillatoire est la "tension à vide côté secondaire". Ce qui caractérise cette tension à vide, c'est l'absence de production d'étincelles d'allumage. Dans la pratique, ce cas se rencontre lorsque, par exemple, le câble d'allumage est coupé ou lorsque la tension secondaire est insuffisante pour provoquer l'éclatement des étincelles à la bougie, c'est-à-dire lorsque la tension disponible est trop faible.

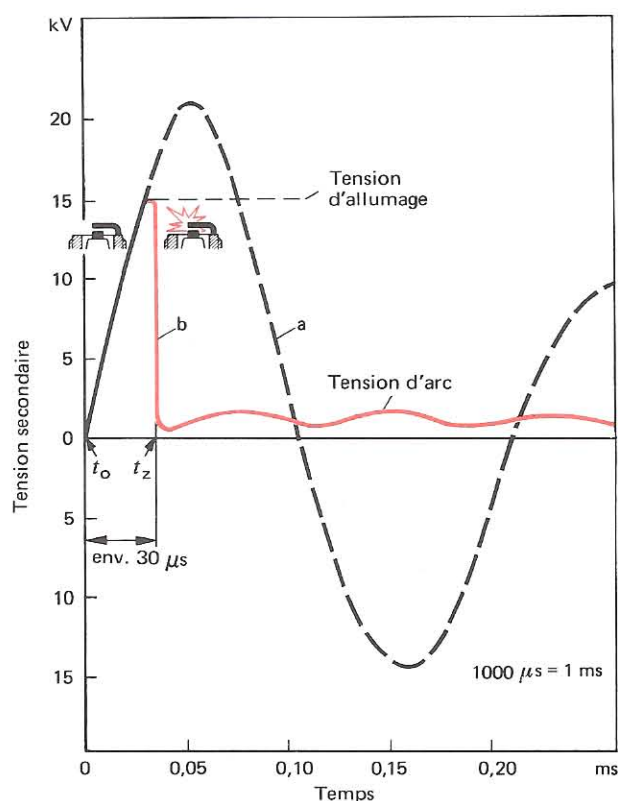
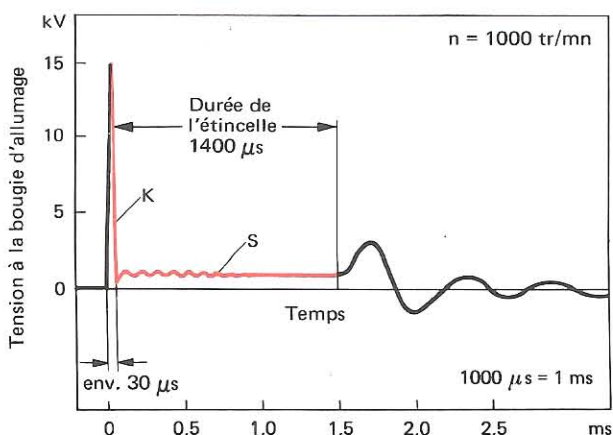


Fig. 8 Courbes de la tension secondaire dans le cas d'un déclenchement très retardé.

a Sans étincelle d'allumage t_0 Point d'ouverture
b Avec étincelle d'allumage t_z Point d'allumage

Fig. 9 Courbe de la tension à la bougie d'allumage en fonction du temps, le mélange étant au repos ou peu brassé.



Production de l'étincelle d'allumage

Quelle est maintenant la courbe de la tension secondaire en fonction du temps lorsqu'il y a production de l'étincelle? Avant que l'allumage entre en jeu, l'éclateur de la bougie est totalement non-conducteur. L'impulsion d'allumage est conduite par le câble d'allumage haute tension isolé à l'électrode centrale, également isolée, de la bougie. Cette impulsion provoque d'abord une élévation de la tension aussi rapide que celle observée pour la première alternance d'amplitude maximum dans le cas de la tension à vide. Lorsque la tension atteint une certaine valeur bien déterminée, l'éclateur devient subitement conducteur et l'étincelle peut alors jaillir. La tension, pour laquelle l'éclatement se produit, est la *tension d'allumage*. Elle est de 15 000 volts dans l'exemple représenté à la figure 8. A partir de cet instant, la courbe de la tension aux électrodes de la bougie est totalement différente. La tension secondaire n'atteint plus alors la valeur de crête de 21 000 volts représentée dans l'exemple. Au contraire, en raison de la charge imposée à la source d'énergie d'allumage, elle tombe brusquement, dès l'éclatement de l'étincelle, à la valeur considérablement plus faible correspondant à la *tension d'arc ou tension de combustion*.

La tension d'arc suffit à entretenir l'étincelle et elle permet encore au mélange de s'enflammer pendant toute la durée de l'étincelle au cas où cette inflammation ne s'est pas déjà produite lors de la décharge initiale provoquée par la haute tension d'allumage. La courbe de la tension aux électrodes permet de reconnaître très clairement les deux phases principales caractérisant l'étincelle d'allumage:

- *Tête d'étincelle* intense, très brève
- *Queue d'étincelle* de durée prolongée, sous forme de décharge inductive, avec tension d'arc légèrement ondulée.

La montée à vide très rapide de la tension secondaire, ainsi que sa chute pratiquement verticale dès que la tension d'allumage a été atteinte, caractérisent l'éclatement de l'étincelle.

La durée de l'étincelle est fonction à la fois de l'énergie délivrée et de l'état de repos ou de turbulence du mélange air-carburant. Au bas régime du moteur, auquel correspond un nombre d'étincelles/minute peu élevé, le mélange air-carburant est relativement en repos ou très peu brassé. La durée de l'étincelle — 1,4 milliseconde environ — est suffisante pour que le mélange s'enflamme facilement.

La queue d'étincelle correspond à la durée effective de l'étincelle d'allumage. Dès que l'énergie fournie descend au-dessous d'une valeur minimum déterminée, l'étincelle ne peut plus être entretenue: elle disparaît. L'éclateur de la bougie redevient non-conducteur. Le reliquat d'énergie encore disponible se dissipe sous forme d'oscillations amorties de tension et de courant. Ce phénomène se nomme "phase d'amortissement".

Par contre, au régime élevé, le mélange est soumis à une forte turbulence et, le plus souvent dans ce cas, l'étincelle se fractionne en plusieurs trains d'étincelles. Normalement, ce phénomène ne nuit pas à l'inflammation, car la durée active de l'allumage, qui s'étend entre le premier et le dernier train d'étincelles, offre au mélange une possibilité suffisante d'inflammation. Le raccourcissement sensible de la durée de l'étincelle à 0,6

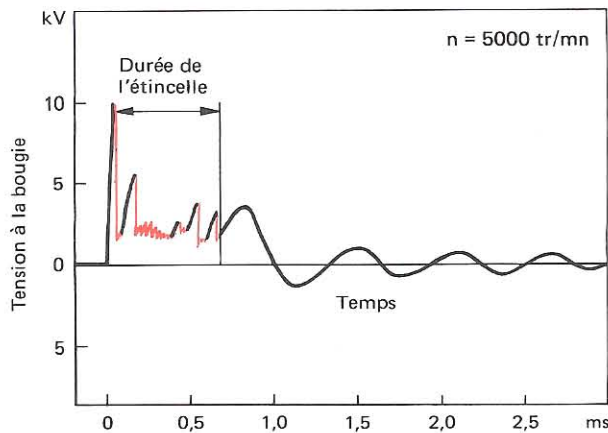


Fig. 10 Courbe de la tension à la bougie d'allumage en fonction du temps, par forte turbulence du mélange.

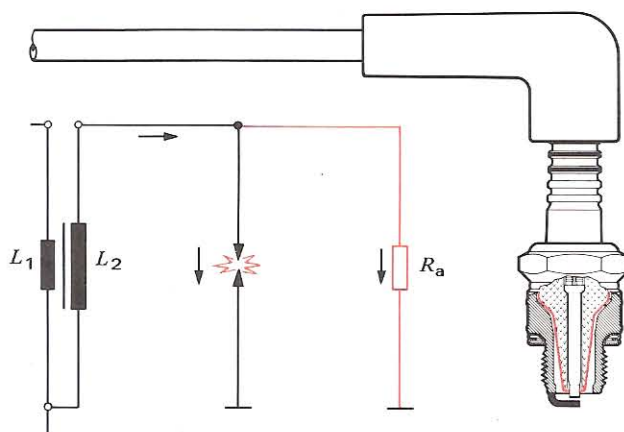


Fig. 11 Les dérivations ohmiques (R_a), dues par exemple aux résidus de la combustion sur le bec de l'isolant de la bougie, conduisent à la masse une partie de l'énergie d'allumage qui est ainsi perdue.

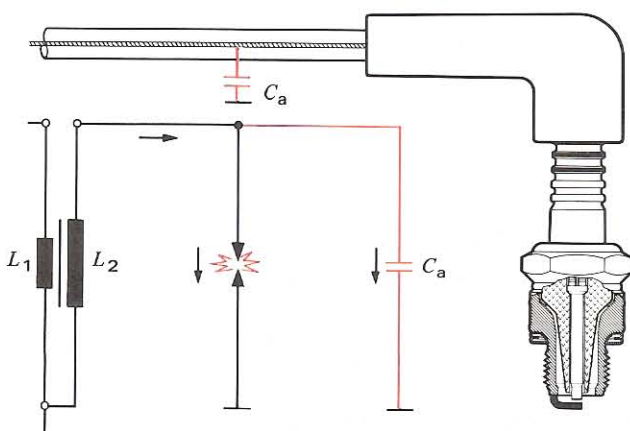


Fig. 12 Des éléments du circuit d'allumage agissant comme condensateurs (C_a), par exemple câble d'allumage à la masse, provoquent une perte d'énergie.

milliseconde environ est principalement causé par la diminution de l'énergie emmagasinée du fait de la réduction du temps de fermeture du rupteur (pour plus de détails, voir page 16). En outre, chaque tête de l'étincelle fractionnée dissipe une certaine quantité d'énergie, ce qui raccourcit encore la durée de l'étincelle.

Etincelle et tension d'allumage

Reportons-nous encore à la courbe de la tension secondaire à vide en fonction du temps. Nous voyons que cette tension change constamment de signe. Mais ceci ne concerne que l'extrémité de l'enroulement secondaire non reliée à la masse. Lorsque l'allumage fonctionne, cette extrémité est reliée à l'électrode centrale isolée de la bougie par l'intermédiaire de l'allumeur et du câble d'allumage, tandis que l'électrode latérale est directement reliée à la masse par le filetage de la bougie. Les enroulements primaire et secondaire sont ainsi branchés de manière que l'électrode centrale soit *négative* par rapport à la masse lors du tout premier et décisif accroissement de tension. Ceci présente l'avantage d'améliorer, grâce à l'émission d'électrons provenant de l'électrode centrale, la conductibilité de l'éclateur et, par conséquent, de faciliter le jaillissement de l'étincelle. L'électrode centrale ne change continuellement de signe que durant la tension à vide, à la fréquence des oscillations amorties. Lorsque l'allumage fonctionne, la polarité demeure le plus souvent négative par rapport à la masse pendant toute la durée de l'étincelle. Ce n'est que lorsque l'étincelle s'interrompt, par suite de l'insuffisance de l'énergie encore en jeu, que le changement de polarité permanent, du positif au négatif, s'instaure à nouveau, comme déjà mentionné (phase d'amortissement des oscillations). La plus grande facilité de jaillissement des étincelles obtenue par la polarisation négative de l'électrode centrale permet de limiter la tension d'allumage nécessaire. Si l'on tient compte du fait que les électrons sont arrachés en plus grand nombre et plus rapidement d'une électrode chaude que d'une électrode froide, on comprend pourquoi une bougie chaude nécessite une tension d'allumage plus faible qu'une bougie froide.

Le besoin en tension d'allumage dépend de nombreuses autres conditions se présentant en pratique. Une tension d'allumage de 5 000 volts peut être considérée comme très faible et une tension de 20 000 volts comme très forte. Il n'est pas possible de fixer des valeurs chiffrées exactes, l'action combinée de plus facteurs étant trop diversifiée, sans parler des influences provenant du moteur (vitesse de rotation, charge, carburant). Pour un moteur déterminé, nous citerons la règle fondamentale suivante: la tension d'allumage fournie à chaque bougie doit être sensiblement égale.

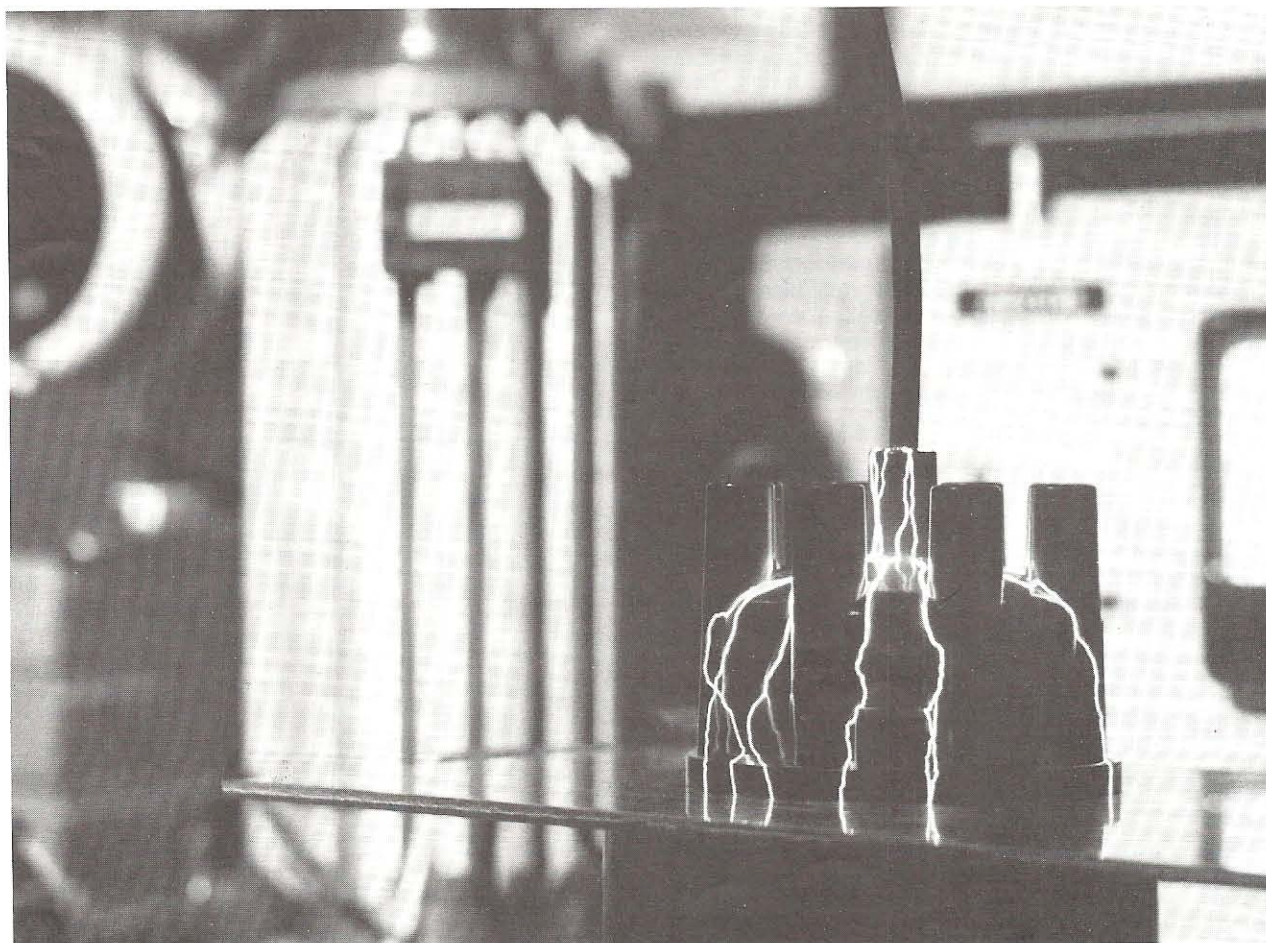
Les *dérivations électriques* pouvant être provoquées dans le circuit d'allumage par les eaux de condensation, la saleté ou les dépôts huileux sur les pièces isolantes ainsi que par les résidus de combustion accumulés sur le bec de l'isolant de la bougie, surchargeant la bobine d'allumage et diminuent considérablement la haute tension disponible. En effet, chacune de ces résistances offre un passage dérivant une partie du courant d'allumage. La *charge dite capacitive*, existant également dans le circuit d'allumage, provoque une chute de la tension d'allumage, une partie de l'énergie soustraite à l'étincelle étant dérivée pour la charge électrique des capacités (C_a). Les câbles d'allumage, en particulier lorsqu'ils sont blindés

pour antiparasitage, ou les spires de l'enroulement secondaire agissant à la manière de condensateurs, constituent des capacités qui chargent le circuit d'allumage. Par exemple, la perte en énergie est d'autant plus élevée que le câble d'allumage est plus long, et d'autant plus faible est donc la haute tension disponible. Les dériva-
tions et les charges capacitatives, comme nous venons de le

constater, constituent une charge relativement importante pour le circuit d'allumage, au détriment de l'énergie d'allumage et de la haute tension disponibles. On ne peut y faire face que par une augmentation appropriée d'énergie et de tension, par exemple en utilisant des systèmes d'allumage électroniques.

Facteurs déterminant le besoin en tension d'allumage	Tension d'allumage		Remarques
	élevée	faible	
Ecartement des électrodes	grand	petit	0,4 à 0,9 mm
Etat des électrodes	érodées	à l'état de neuf	
Forme des électrodes	rondes, épaisses	à arêtes vives, minces	
Matériau des électrodes	non approprié	approprié	Température de l'électrode centrale 200 à 400 °C à basse vitesse 850 °C à très haute vitesse
Polarité de l'électrode centrale	positive	négative	
Température aux électrodes et dans la chambre de combustion	basse	élevée	
Composition du mélange gazeux	pauvre, très riche	correct à moyennement riche	
Compression du mélange gazeux	élevée	basse	
Accélération	grande	faible	
Vitesse de rotation du moteur	basse	élevée	

Fig. 13 Essai d'une tête de distributeur exécuté à très haute tension, en laboratoire.



Fonctionnement du condensateur d'allumage

A la coupure du fort courant primaire, la disparition soudaine du champ magnétique engendre momentanément une tension d'induction dans l'enroulement primaire de la bobine. Cette tension atteint 300 à 400 volts et, en l'absence de dispositions adéquates, elle se traduit par une étincelle dite "arc de rupture" au moment où le linguet du rupteur se soulève. Cet arc aux contacts du rupteur a trois répercussions fâcheuses sur le comportement de l'allumage:

- Consommation d'énergie dans les arcs de rupture au détriment de l'énergie d'allumage.
- Brûlure des contacts entraînant leur usure prématurée.
- Forte résistance de passage aux plots de contact, due à une température élevée et à la mauvaise conductibilité des surfaces fondues. Conséquences: chute de la tension et de la puissance d'allumage.

Il faut donc supprimer les étincelles de rupture dans la mesure du possible; on y parvient grâce au condensateur d'allumage qui absorbe l'extra-courant de rupture.

En général, un condensateur est un réservoir de charge électrique et, par conséquent, d'énergie électrique, tout comme la bobine d'allumage. Toutefois, dans un condensateur, un champ électrique est constitué par l'accumulation d'une charge électrique *statique*, tandis que la constitution d'un champ magnétique requiert une charge électrique *dynamique*, impliquant la circulation d'un courant. Pour éviter toute confusion, nous dirons que le condensateur spécial, utilisé dans l'équipement d'allumage, n'emmagasine pas d'énergie d'allumage, ce rôle incombant à la bobine d'allumage.

Le condensateur d'allumage est monté électriquement en parallèle sur le rupteur. Au moment de la coupure du courant, il absorbe l'impulsion de courant induit, donc une charge électrique, en constituant ainsi une dérivation pour le contact en train de s'ouvrir. Il se charge à la tension de crête induite primaire, au bout d'un temps déterminé. Les contacts se sont, durant ce délai, suffisamment éloignés l'un de l'autre pour qu'aucune étincelle ne puisse plus jaillir. En effet, la tension d'éclatement aux contacts qui s'écartent est toujours supérieure à la tension induite qui est appliquée aussi bien au condensateur qu'aux contacts eux-mêmes. L'enroulement primaire et le condensateur constituent un circuit résonnant. A partir du moment (t_0) de la coupure du courant, le courant et la tension se dissipent en oscillations amorties.

En l'absence du condensateur d'allumage, la tension induite totale existerait immédiatement aux contacts du rupteur et provoquerait un arc de rupture intense, l'accroissement de la tension n'étant plus retardé par la charge du condensateur. Le rupteur serait rapidement hors d'usage (grillage des contacts).

Malgré le retardement techniquement voulu de l'élévation de la tension, celle-ci demeure assez rapide pour que le champ magnétique disparaisse très brusquement, vingt fois plus vite environ qu'en l'absence de condensateur. La disparition du champ dure juste le temps que le condensateur se charge pour la première fois à la tension induite de 300 volts environ, c'est-à-dire 0,1 milliseconde environ. Avant que le condensateur ne se décharge à nouveau, le champ magnétique s'est annulé et l'impulsion de haute tension dans le circuit secondaire a déjà libéré l'étincelle d'allumage.

Lorsque le nombre d'étincelles/minute est inférieur à 3 000, la vitesse de soulèvement du linguet est si faible que, malgré le condensateur, un léger arc de rupture s'allume encore. En effet, la tension primaire induit croît alors plus rapidement que la tension d'éclatement dans l'intervalle des contacts qui s'écartent. La tension d'induction dépasse la tension d'éclatement et il y a étincelle. Mais tout arc de rupture signifie perte d'énergie et usure des contacts. Dans les ateliers de réparation, on constate que les conducteurs circulant quotidiennement en ville font remplacer plus souvent que les autres les contacts de rupteur. Selon les conditions de service et la manière personnelle de conduire, les contacts peuvent durer de 15 000 à 30 000 kilomètres.

Fig. 14 Courbe de la tension au condensateur d'allumage en fonction du temps.

- a Première charge du condensateur
b Première décharge du condensateur
c, e Charges suivantes
d, f Décharges suivantes

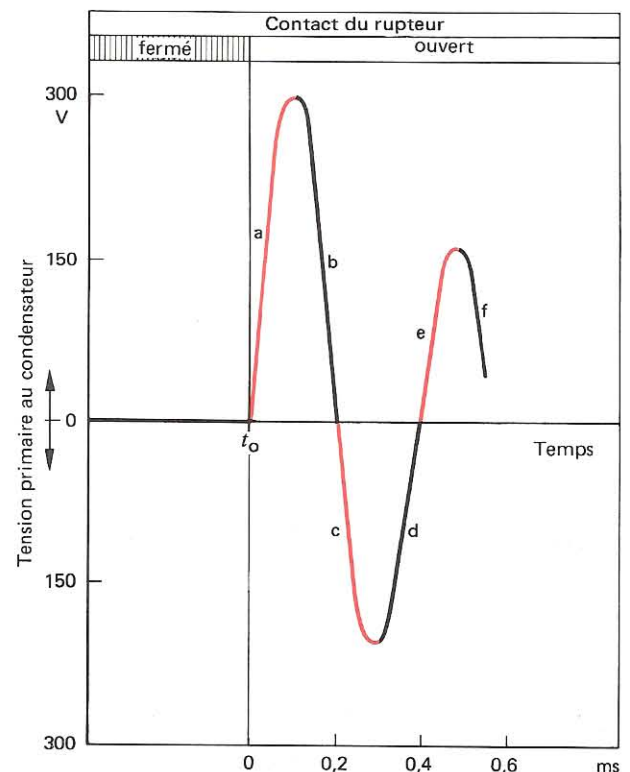
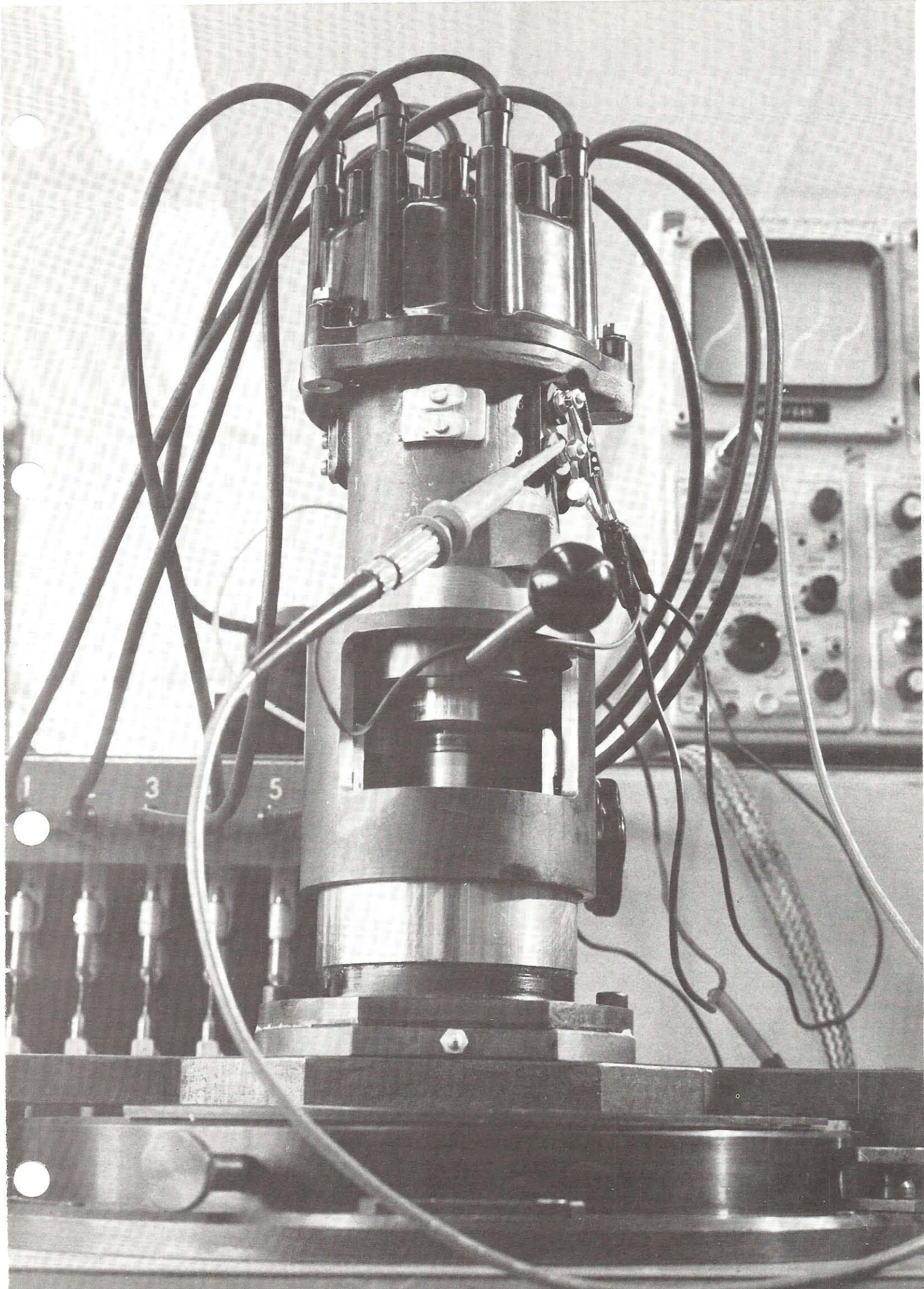


Fig. 15 Allumeur sur le banc d'essai.



Energie d'allumage et vitesse de rotation du moteur

La quantité d'énergie emmagasinée dans le champ magnétique de la bobine d'allumage dépend de l'intensité du courant primaire au moment où l'on coupe le circuit. Aux basses vitesses du moteur, correspondant à un faible nombre d'étincelles, le temps de fermeture est suffisant pour que s'accumule dans le champ magnétique de la bobine d'allumage la plus grande quantité possible d'énergie, représentée par la zone E_1 . Comme nous l'avons vu précédemment, c'est le cas lorsque le courant de repos dans le circuit primaire est atteint. Avec l'augmentation du nombre d'étincelles, le temps de fermeture diminue et le courant primaire est interrompu alors qu'il est encore en voie d'accroissement. Il s'ensuit que la quantité d'énergie emmagasinée est moindre. On l'a représentée par la zone plus petite E_2 . Donnons un exemple chiffré: supposons que l'intensité du courant de repos soit de 4,0 A. Si la rupture intervient lorsque le courant n'est encore que de 3,6 A, c'est-à-dire plus faible de 10 %, la perte d'énergie résultante atteindra 20 %.

Nous constatons donc que l'énergie emmagasinée dans la bobine d'allumage diminue à mesure que le nombre d'étincelles/minute augmente. De la même manière, bien que dans une proportion moindre, la haute tension disponible pour l'allumage diminue également, les deux grandeurs étant étroitement liées. Par exemple, une diminution d'énergie de 50 % entraîne une baisse de 30 % de la haute tension. Pour plus de clarté, il est commode de représenter par un diagramme la haute tension en fonction de la vitesse de rotation du moteur ou du nombre d'étincelles, et cela pour les divers états de charge se présentant quotidiennement dans la pratique. On choisira une charge capacitive usuelle de 50 pico-farads (pF), correspondant à la capacité d'un câble d'allumage non blindé de longueur moyenne. Mais l'existence de dérivation ohmiques, comme il s'en produit éventuellement aux bougies encrassées par un dépôt de plomb ou sur les pièces isolantes dans des conditions climatiques extrêmes, peut encore réduire la haute tension et rabaisser le tracé des courbes.

Le comportement des dispositifs d'allumage classiques à bobine aux vitesses de rotation très basses et très élevées est déterminé par les propriétés de commutation électriques et mécaniques du rupteur. Dans les deux cas, la haute tension peut tomber brusquement à des valeurs très basses, comme le montrent les zones hachurées aux extrémités de la courbe. Le nombre d'étincelles diminuant, on observe, aux contacts du rupteur, le phénomène d'arc de rupture, dont nous avons parlé page 14. L'allumage est particulièrement critique au démarrage à froid du moteur. Lorsque de nombre d'étincelles dépasse 18 000 par minute, les contacts rebondissent, ce qui entraîne une nouvelle baisse de l'énergie d'allumage et de la haute tension disponible. Pour plus de détails à ce sujet, voir au chapitre "Rupteur d'allumage".

Quelle signification revêt le diagramme obtenu en ce qui concerne le fonctionnement pratique de l'allumage? Nous savons déjà que c'est en l'absence d'étincelle que la courbe indique, pour chaque vitesse (ou nombre d'étincelles/minute), la haute tension maximum, c'est-à-dire la tension qui correspondrait, dans le circuit secondaire, à la tension de crête de la première alternance lorsqu'il ne se produit pas d'étincelle. Pour que l'étincelle apparaisse, il faut que la tension d'allumage, à la vitesse considérée, soit inférieure à la valeur correspondante de la tension représentée sur la courbe. Plus elle est petite par rapport à cette dernière et mieux cela vaut.

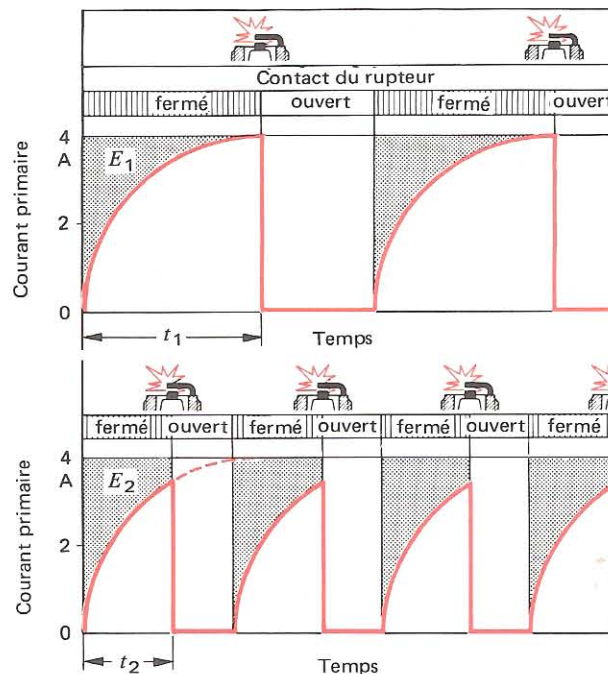


Fig. 16 Lorsque le temps de fermeture est suffisant, l'énergie maximum (E_1) est emmagasinée. Une réduction du temps de fermeture entraîne une diminution de l'énergie emmagasinée (E_2).

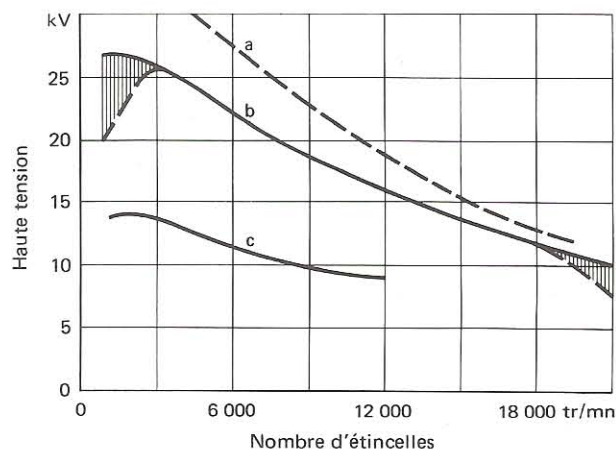


Fig. 17 Haute tension disponible en fonction du nombre d'étincelles dans le cas d'une bobine d'allumage de 12 volts

- a Circuit d'allumage sans aucune charge électrique (courbe idéale).
- b Circuit d'allumage avec une charge capacitive $C_a = 50 \text{ pF}$.
- c Circuit d'allumage avec une résistance de dérivation $R_a = 0,5 \text{ M}\Omega$.

Mais inversement, si le besoin en tension d'allumage est égal ou supérieur à la haute tension disponible, il se produit des ratés d'allumage. Le risque de ratés est d'autant plus grand que la courbe de tension est plus basse; ainsi, par exemple:

- dans la plage supérieure du nombre d'étincelles/minute
- lorsque les contacts rebondissent
- en cas d'arcs de rupture
- en cas de charges ohmiques ou capacitives importantes dans le circuit d'allumage.

Point d'allumage et combustion du mélange

Un certain temps s'écoule, en moyenne 2 millisecondes environ, entre l'instant d'inflammation du mélange air-carburant et la combustion complète. C'est pourquoi l'étincelle d'allumage doit éclater avec une certaine avance, afin que la pression d'explosion atteigne sa valeur maximum un peu après le point mort haut (PMH). Si l'étincelle jaillit trop tôt, le piston est fortement freiné dans sa course ascendante. Si elle jaillit trop tard, la combustion ne commence qu'au cours de la course de détente. Dans les deux cas, la puissance du moteur est faible par rapport à la consommation de carburant et le risque d'échauffement exagéré des pièces du moteur dans la chambre de combustion est considérable. Le point d'allumage doit donc être choisi de manière à obtenir la plus grande puissance possible en même temps qu'un fonctionnement économique.

Il est d'usage de rapporter le point d'allumage à la position du vilebrequin au PMH et de l'exprimer en angle mesuré en degrés. Cet angle est nommé "angle d'avance" ou "degrés d'avance". Suivant que l'étincelle éclate avant ou après le PMH, on dit qu'il y a "avance à l'allumage" ou "retard à l'allumage".

Aussi longtemps que la composition du mélange demeure inchangée, le délai compris entre son inflammation et sa combustion ne varie pas. Si l'on réalisait un réglage fixe du point d'allumage sur un angle déterminé avant le PMH, il y aurait, à l'accélération, variation constante entre le début et la fin de la combustion en raison de la vitesse de rotation croissante du vilebrequin. C'est pourquoi il est nécessaire de faire en sorte que la pression d'explosion maximum règne toujours au moment où le piston se trouve à la même position de sa course, c'est-à-dire quelques degrés avant le PMH. Le point d'allumage doit être réglé en conséquence, et il est facile de voir qu'il doit être déplacé dans la direction "avance" au fur et à mesure que la vitesse croît. Mais la vitesse de rotation du moteur n'est pas seule à déterminer le point le plus favorable à l'inflammation du mélange: le type du moteur, la charge instantanée et le carburant utilisé jouent également un rôle important. La forme et les dimensions de la chambre de combustion, la position de l'étincelle dans cette chambre, la composition, la densité et la turbulence du mélange ont également une influence sur le point d'allumage. Si, par exemple, le moteur ne fonctionne pas à pleine charge mais à charge partielle, le mélange qui se trouve dans la chambre de combustion est légèrement moins inflammable; il brûle plus lentement et, par conséquent, il doit être enflammé encore plus tôt.

Fig. 20 Courbes de compression dans la chambre de combustion pour diverses valeurs d'avance à l'allumage.

- a Allumage au bon moment (Z_a)
- b Trop d'avance à l'allumage (Z_b)
- c Trop de retard à l'allumage (Z_c)

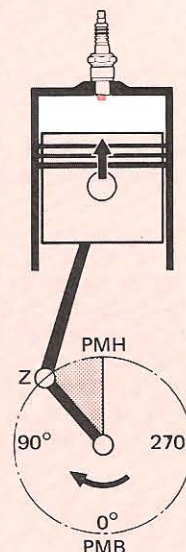


Fig. 18 Position du vilebrequin et du piston au point d'allumage (Z) en cas d'avance.

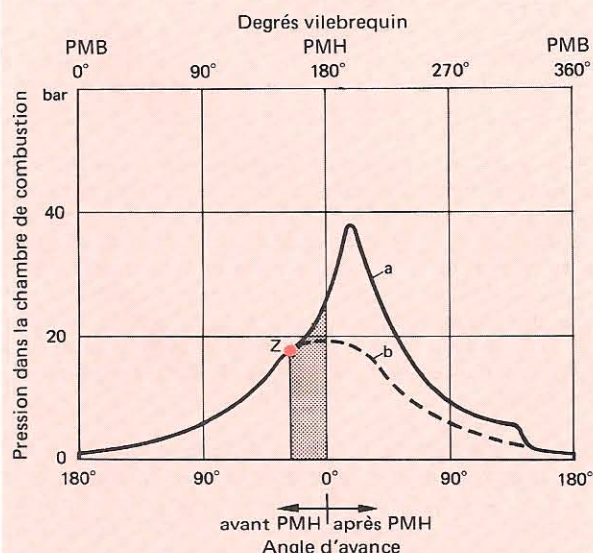
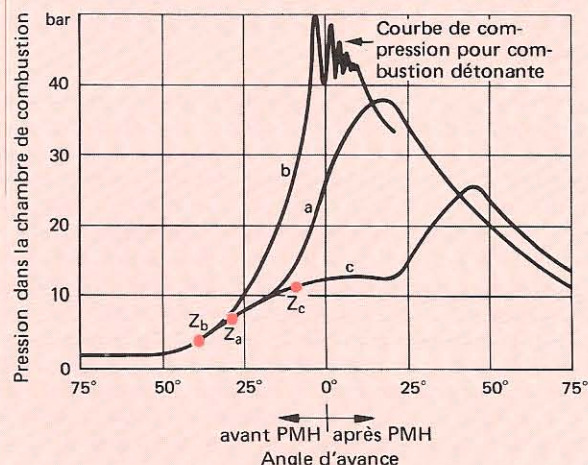


Fig. 19 Courbe de compression favorable dans la chambre de combustion pour un tour complet du vilebrequin.

- a Pression de compression + pression d'explosion
- b Pression de compression seule



L'avance à l'allumage en fonction de la vitesse et de la charge est réglée automatiquement par les *dispositifs d'avance automatiques*. Il existe deux modèles-types :

Avance centrifuge : règle le point d'allumage en fonction de la vitesse du moteur.

Avance à dépression : règle le point d'allumage en fonction de la charge du moteur.

En pratique, on utilise en général ces dispositifs de la manière suivante : le dispositif d'avance centrifuge règle l'avance à pleine charge, tandis que le dispositif d'avance à dépression détermine simplement la correction *supplémentaire* du réglage en fonction de la charge partielle. C'est pourquoi, en règle générale, on trouve simultanément ces deux types de dispositifs d'avance sur les équipements d'allumage. Dans certains cas, on utilise un seul dispositif pour le réglage de l'avance à pleine charge et à charge partielle.

Point d'allumage et tendance au cliquetis

La forte compression du mélange dans les moteurs à explosion actuels a fortement accru le risque de cliquetis. Celui-ci est principalement à redouter aux basses vitesses et à pleine charge. En outre, il existe le "cliquetis à grande vitesse", qui se manifeste aux régimes élevés.

Le cliquetis du moteur est provoqué par auto-allumage de restes de mélange imbrûlés se trouvant encore dans la chambre de combustion. Ce phénomène se produit lorsque la pression, en augmentant trop rapidement, élève simultanément la température (fonction de la compression) jusqu'à la valeur correspondant à l'auto-allumage. Dans ce cas, l'avance à l'allumage est trop grande. Lors du réglage exact du point d'allumage, il est indispensable de tenir compte de la tendance du moteur au cliquetis.

Le front de flamme de l'auto-allumage progresse à une vitesse voisine de la vitesse du son, c'est-à-dire, en gros, dix fois plus rapidement que la combustion "douce" provoquée par l'allumage extérieur normal. Le cliquetis se manifeste avec une force variable, allant d'un léger tintement à un fort martellement. En raison des bruits de fonctionnement du moteur, il est impossible d'entendre le cliquetis à grande vitesse. C'est pourquoi la perception auditive du cliquetis ne permet pas de cerner l'image complète du phénomène, mais des procédés électroniques permettent de le mesurer exactement. Un cliquetis permanent occasionne d'importants dégâts au moteur (usure des paliers, fissuration des pistons) et aux bougies.

La tendance au cliquetis dépend, entre autres, du type du moteur et du *carburant* utilisé. Les carburants pour moteurs à explosion sont constitués par des mélanges d'hydrocarbures saturés et non saturés, auxquels on ajoute environ 1 % de plomb tétraéthyle, composé organo-métallique présentant des propriétés antidétonantes. Le pouvoir antidétonant des carburants pour moteurs à explosion est caractérisé par l'indice d'octane. Le carburant est d'autant plus antidétonant que son indice d'octane est plus élevé. L'indice d'octane se situe entre 86 et 95 pour l'essence ordinaire et entre 98 et 100 pour les supercarburants. Pour tout moteur neuf, on indique l'indice d'octane minimum que doit avoir le carburant pour garantir un fonctionnement sans cliquetis.

Une suppression progressive du plomb tétraéthyle dans les carburants est prévue dans le cadre de la lutte contre la pollution. Toutefois, ces mesures entraîneront certaines modifications dans l'architecture des moteurs et dans la composition des carburants. Des répercussions devraient donc se faire aussi sentir sur le point d'allumage.

Courbes d'avance à l'allumage

Les courbes d'avance permettent de réaliser la construction mécanique de dispositifs d'avance conçus pour obtenir le réglage optimum du point d'allumage, quel que soit le moteur, la vitesse et la charge. Ce réglage optimum correspond à une puissance maximum du moteur pour une consommation minimum de carburant, tout en tenant compte du cliquetis et des émissions nocives dans les gaz d'échappement. Ici, il faut rechercher un compromis. La présence de tous ces facteurs montre la diversité des courbes relatives à la pleine charge et à la charge partielle. Le constructeur détermine les courbes d'avance spécifiques à chaque moteur.

En règle générale, l'avance à l'allumage n'entre en jeu qu'à partir d'une vitesse de rotation du vilebrequin de 600 tr/mn en moyenne. Au-dessous de cette limite, les dispositifs d'avance mécaniques ne répondent généralement pas. A ce régime lent, on se contente d'un réglage constant du point d'allumage, calé à quelques degrés avant le PMH. A condition de respecter l'indice minimum d'octane prescrit, ce calage permet encore de se tenir suffisamment loin de la limite de cliquetis du moteur en service à pleine charge.

Courbe d'avance à pleine charge

Le moteur fonctionne à pleine charge lorsque le véhicule gravit une pente par exemple. L'avance à pleine charge est assurée par le dispositif d'avance centrifuge. A mesure que le régime du moteur augmente, les masselottes du dispositif s'écartent de plus en plus vers l'extérieur et déplacent le point d'allumage en direction "avance". L'allure de la courbe d'avance est déterminée, d'une part, par la puissance maximum du moteur, représentée sur la figure 21 par la ligne pointillée au milieu de la zone hachurée. Les limites de cette surface indiquent, pour chaque vitesse, le nombre de degrés dont on peut modifier l'avance à l'allumage, dans le sens "avance" ou "retard", sans provoquer une perte de puissance excédant 1 %. D'autre part, la courbe d'avance doit se situer toujours au-dessous de la limite de cliquetis figurée en traits interrompus. Ici, il est nécessaire d'observer une marge de sécurité, la courbe limite de cliquetis s'abaissant légèrement en raison du fait que la tendance au cliquetis augmente quelque peu lorsque le moteur prend de l'âge. Aux vitesses élevées, la courbe de pleine charge se situe beaucoup plus près de la puissance maximum. Lorsque la vitesse décroît, elle doit s'infléchir pour ne pas avoisiner de trop près la limite de cliquetis. Mais cela signifie qu'aux vitesses réduites, l'avance à l'allumage doit être modifiée dans le sens "retard", ce qui entraîne une perte de puissance.

Courbe d'avance à charge partielle

Le moteur fonctionne à *charge partielle* lorsque, par exemple, le véhicule roule sur route plate à vitesse modérée. On désigne également cette charge relativement faible sous le nom de "charge en palier". La charge partielle est réglée par la fermeture et l'ouverture du papillon du carburateur. A pleine charge, le papillon est grand ouvert; à charge en palier, il est peu ouvert et, au ralenti ou en régime de frein-moteur, il est presque totalement fermé.

Au régime de charge partielle, l'allumage est réglé dans le sens "avance" en raison de la mauvaise inflammation du mélange. C'est une correction supplémentaire au réglage procuré à pleine charge par l'avance centrifuge qui agit en fonction de la vitesse. L'avance à charge partielle est obtenue par la *dépression* qui s'établit dans la tubulure d'admission, entre le carburateur et le moteur, et dont la valeur est surtout influencée par la position du papillon et, dans une moindre mesure, par la vitesse. Cette dépression est exprimée en pression différentielle mesurée en millibars (ou torrs autrefois). Lorsque le papillon est fermé, la pression régnant dans la tubulure d'admission est pratiquement égale à la pression atmosphérique: la pression différentielle est nulle. A mesure que le papillon s'ouvre et que la vitesse augmente, la dépression, d'abord sous charge partielle, s'élève jusqu'à une valeur maximum d'environ 660 millibars (500 torrs), puis retombe à 130 millibars (100 torrs) lorsque le papillon, aux régimes élevés, est entièrement ouvert. En service à pleine charge, le papillon s'ouvre tout de suite entièrement et la dépression s'élève directement à la valeur finale de 130 millibars.

Pour l'avance à l'allumage à charge partielle, la dépression est conduite à une capsule manométrique dont la membrane, tendue transversalement, commande le correcteur d'avance en se déplaçant sous les fluctuations de la dépression. Le ressort du dispositif est taré initialement à une valeur choisie pour que l'avance à dépression n'intervienne qu'à la dépression maximum de pleine charge, soit 130 millibars dans notre exemple. La valeur de la dépression s'élève d'autant plus que la charge du moteur décroît et que l'ouverture du papillon diminue. Dans ces conditions, l'avance à l'allumage pour une vitesse donnée devient plus importante. Toutefois, on limite l'avance à dépression à une valeur de dépression maximum prédéterminée. Sur notre exemple graphique, cette limite est fixée à 400 millibars. Ainsi donc, au-dessus de 400 millibars, seul le dispositif d'avance dépendant de la vitesse demeure en jeu, son action s'ajoutant à l'avance supplémentaire constante correspondant à une dépression de 400 millibars (translation vers le haut de la courbe pleine charge de la valeur de l'angle d'avance supplémentaire). La courbe d'avance à charge partielle doit également se situer de telle sorte qu'elle ne s'approche de trop, en aucun point, de la limite de cliquetis à charge partielle.

Point d'allumage et dépollution des gaz d'échappement

Le développement incessant de la motorisation a causé une pollution de l'atmosphère par les gaz d'échappement qui, surtout dans les grandes villes, atteint un seuil de nocivité dangereux et le dépasse même lorsque les conditions atmosphériques sont défavorables. Aux USA, durant la dernière décennie, des recherches poussées ont été entreprises. On a élaboré une procédure d'essai des moteurs connue sous le nom de "Test californien". Tous les nouveaux véhicules automobiles mis en service aux USA doivent satisfaire à ce test. Celui-ci exige que la teneur des gaz d'échappement en oxyde de carbone, en hydrocarbures et en oxydes nitriques n'excède pas un pourcentage maximum prescrit. Dans les différents pays d'Europe également, la législation antipollution devient de plus en plus sévère, ce qui a obligé les constructeurs à prendre des mesures en vue de diminuer la toxicité des gaz d'échappement émis par les moteurs à combustion. En premier lieu, ces mesures s'attaquent à l'oxyde de carbone (CO), dont on diminue d'une part la toxicité et d'autre part la quantité.

La composition des gaz d'échappement est principalement influencée par la forme de la chambre de combustion, la durée de commande des soupapes, la vitesse du moteur ainsi que par le procédé et la qualité du dosage du carburant. Par exemple, les moteurs à injection d'essence rejettent beaucoup moins de CO que les moteurs à carburation.

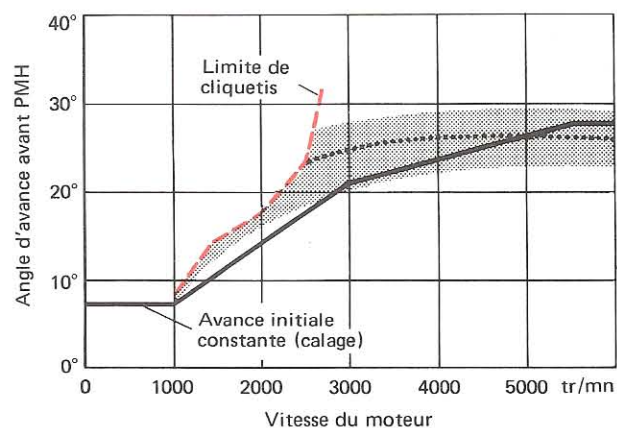
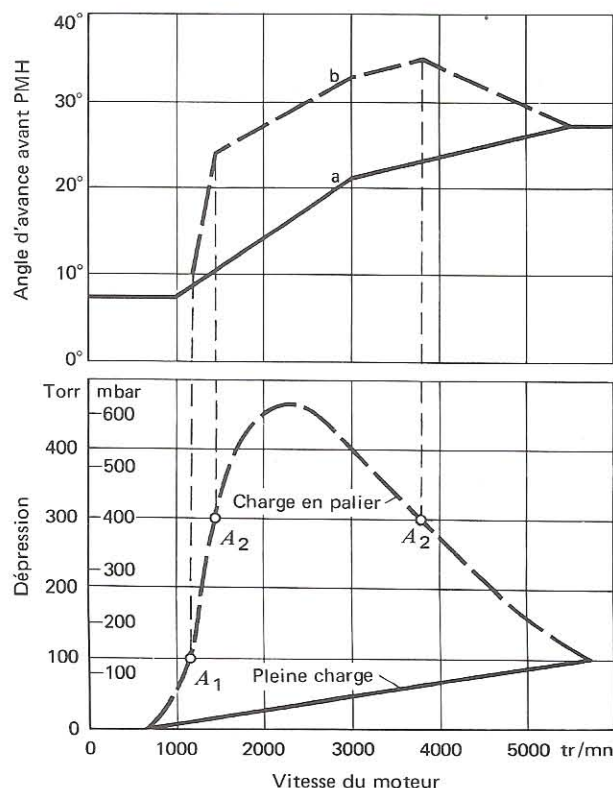


Fig. 21 Exemple de courbe d'avance à pleine charge.

Fig. 22 Avance à l'allumage totale obtenue par avance centrifuge et avance à dépression.

- a Courbe d'avance à pleine charge
- b Courbe d'avance à charge partielle (charge en palier)
- A₁ Limite inférieure de la dépression (130 mbar)
- A₂ Limite supérieure de la dépression (400 mbar)



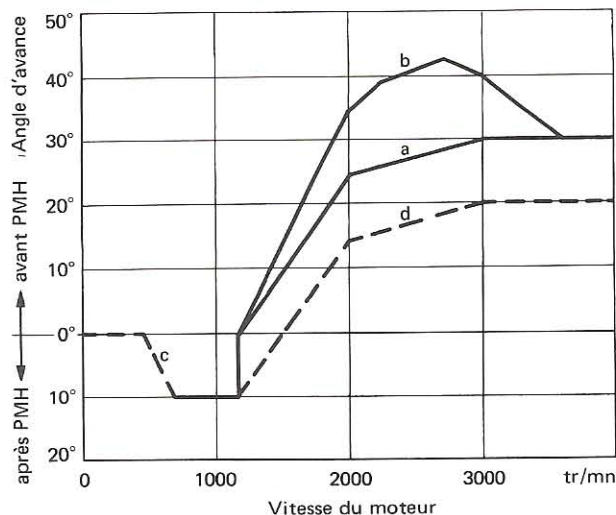


Fig. 23 Courbes d'avance à l'allumage.

- | | | |
|---|------------------|-------------------------------------|
| a | Pleine charge | } déplacement en direction "avance" |
| b | Charge en palier | |
| c | Ralenti | } déplacement en direction "retard" |
| d | Frein-moteur | |

Parmi les procédés connus, un choix approprié du point d'allumage diminue la teneur en substances toxiques des gaz d'échappement. On part du fait qu'au ralenti ou en régime de frein-moteur, le papillon, qui est presque fermé, alimente suffisamment la chambre de combustion en gaz frais. Le mélange contient beaucoup de gaz résiduaires et s'avère trop riche, d'où combustion imparfaite et apparition de ratés de combustion. Dans ce cas, la teneur en substances nocives des gaz d'échappement est considérable, celle-ci diminuant d'ailleurs dès qu'on ouvre un peu plus le papillon. Mais une ouverture plus grande du papillon élèverait la vitesse de ralenti, ce qui n'est pas souhaitable. On peut toutefois éviter cet inconvénient en ramenant simultanément le point d'allumage dans le sens "retard". Souvent, il s'agit ici d'un véritable retard à l'allumage, c'est-à-dire d'un allumage réglé au PMH ou après le PMH. Le retard à l'allumage désiré est obtenu par un dispositif d'avance à dépression qui, en plus de la correction normale, possède un deuxième système de correction approprié. Le chapitre "Dispositifs d'avance à l'allumage" vous donnera plus de détails à ce sujet.

Le réglage de l'allumage sur "retard" entraîne, pour chaque temps moteur, un développement accru de chaleur dans la chambre d'explosion, ce qui signifie une amélioration de la combustion et, partant, une diminution du rejet de substances toxiques. Bien entendu, la préoccupation majeure n'est pas, ici, la recherche à tout prix des conditions d'exploitation du moteur les plus économiques.

Le retard à l'allumage définit une courbe d'allumage supplémentaire pour le ralenti et le régime de frein-moteur, comme le montre l'exemple de la figure. Il faut s'attendre, à l'avenir, à des exigences encore plus rigoureuses en ce qui concerne la composition des gaz d'échappement, et l'on sera amené à modifier encore plus fortement les courbes d'avance à l'allumage. Le retard à l'allumage devra déjà intervenir à la charge partielle. La dépollution des gaz d'échappement peut être complétée par la mise hors jeu de l'avance à dépression à basse vitesse, par exemple en fonction du régime du moteur, de la vitesse de déplacement et de la position du levier de vitesse.

Des progrès considérables ont été réalisés dans cette voie grâce à l'injection d'essence à commande électronique. Un Cahier Technique Bosch sur ce thème se trouve également à votre disposition. Veuillez consulter la dernière page de ce manuel.



Réalisation technique du système d'allumage classique par bobine

Les organes constitutifs d'un système d'allumage assument des fonctions bien déterminées. Leur construction et leurs caractéristiques dépendent principalement du moteur auquel l'équipement est destiné.

Organes	Fonctions
Bobine d'allumage	emmagasine l'énergie d'allumage et la distribue sous forme d'impulsions de courant à haute tension par l'intermédiaire d'un câble d'allumage.
Interrupteur d'allumage	actionné par la clé de contact, c'est un interrupteur intercalé dans le circuit primaire de la bobine d'allumage.
Rupteur d'allumage	établit et coupe le circuit primaire de la bobine d'allumage pour le stockage de l'énergie et la conversion de la tension.
Condensateur d'allumage	assure la netteté de la coupure du courant primaire de la bobine; il empêche la formation d'arcs aux contacts du rupteur.
Distributeur d'allumage	distribue la haute tension aux bougies, au moment voulu (point d'allumage) et dans un ordre déterminé.
Dispositif d'avance centrifuge	règle automatiquement le point d'allumage en fonction de la vitesse du moteur.
Dispositif d'avance à dépression	règle automatiquement le point d'allumage en fonction de la charge du moteur.
Bougie d'allumage	porte les électrodes entre lesquelles jaillissent les étincelles d'allumage, assure l'étanchéité entre la chambre de combustion et l'extérieur.

Bobine d'allumage

Elle a la structure d'un transformateur simplifié et joue le rôle de source de tension d'allumage. Elle comporte un noyau de fer doux feuilleté, affectant la forme d'un barreau. L'enroulement secondaire à haute tension, constitué de 15 000 à 30 000 spires en fil de cuivre isolé très fin, est monté sur le noyau. Comportant seulement quelques centaines de spires en fil de cuivre de grosse section, l'enroulement primaire est bobiné sur l'enroule-

ment secondaire. Le rapport des nombres de spires se situe entre 60 et 150.

Une extrémité de l'enroulement primaire et une extrémité de l'enroulement secondaire sont reliées ensemble et raccordées à la borne 1. L'autre extrémité de l'enroulement primaire est reliée à la borne 15; l'extrémité haute tension de l'enroulement secondaire est conduite, par l'intermédiaire du noyau de fer et d'une douille logée dans le couvercle de la bobine, à la borne 4 servant au raccordement du câble d'allumage. Le sens de bobinage des deux enroulements a été choisi en sorte que l'impulsion de haute tension, destinée à faire éclater l'étincelle, soit *négative* par rapport à la masse.

La bobine d'allumage doit répondre à de multiples exigences techniques. Ainsi, par exemple, les enroulements doivent être suffisamment isolés l'un par rapport à l'autre; ceci s'applique surtout à l'extrémité haute tension de l'enroulement secondaire. Pour réaliser l'isolement, avant de le placer dans le boîtier, l'enroulement, entouré de couches de papier isolant, est imprégné de cire. Après assemblage, le boîtier est absolument étanche à l'humidité. Les lamelles métalliques de l'enveloppe diminuent les champs de fuite magnétiques et, par conséquent, les pertes d'énergie. Le feuilletage du noyau permet également de réduire les pertes d'énergie dues aux courants de Foucault. La bobine d'allumage est soumise inévitablement à de fortes secousses; sa solidité mécanique doit donc être irréprochable.

Fig. 25 Vue extérieure d'une bobine d'allumage Bosch.



Outre l'exécution standard décrite ci-dessus, il existe encore un autre type de bobine d'allumage à noyau presque fermé. Dans ce modèle, les champs de fuite magnétiques n'existent pour ainsi dire plus. L'une des branches d'un paquet de tôles feuilleté, dans lequel on a ménagé un entrefer étroit, porte les deux enroulements. L'enroulement primaire est placé directement sur le noyau, et par dessus l'enroulement secondaire, à l'inverse donc de l'exécution standard. Les deux enroulements sont logés dans un boîtier en matière plastique moulée et noyés dans de la résine coulée offrant de bonnes propriétés isolantes. En comparaison avec l'exécution standard, la dépense plus considérable en fer pour la réalisation du noyau est compensée par une économie de cuivre. Un tel modèle n'est cependant pas compris dans la gamme actuelle des fabrications Bosch.

Suivant l'utilisation, il existe des bobines d'allumage spéciales pour des tensions de service de 12 et 24 volts:

- Bobines d'allumage à haute performance pour tension d'allumage élevée.
- Bobines d'allumage à haute performance pour nombre d'étincelles/minute élevé.
- Bobines d'allumage à blindage métallique intégral, pour véhicules avec radiotéléphone.
- Bobines d'allumage à très grande réserve d'énergie pour moteurs spéciaux (longue durée d'étincelle).
- Bobines d'allumage fournissant simultanément deux étincelles.

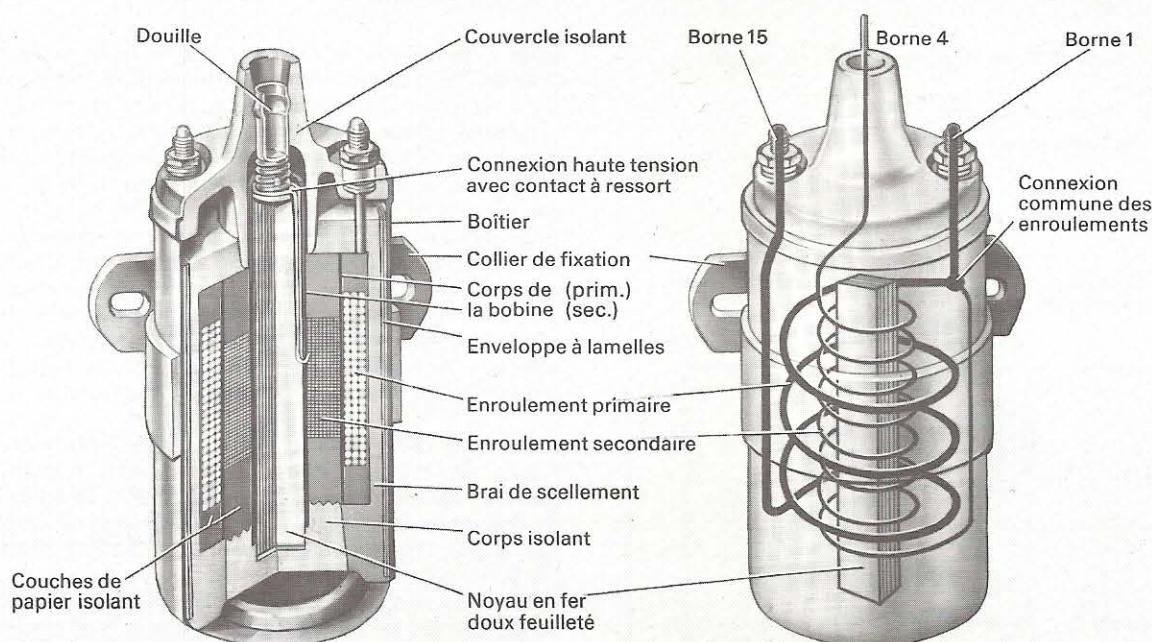
Les bobines d'allumage à haute performance emmagasinent par allumage une énergie pouvant atteindre jusqu'à 100 millijoules et même davantage dans des cas spéciaux. Elles conviennent donc particulièrement bien à la production d'un nombre d'étincelles/minute élevé, à condition que l'intensité du courant primaire soit forte et l'inductance faible.

Dans beaucoup de cas, les bobines d'allumage à haute performance ne peuvent dissiper suffisamment la chaleur due à l'effet Joule. Mais d'autre part, leur taille doit demeurer limitée. C'est pourquoi on diminue la résistance de l'enroulement primaire en utilisant un fil de cuivre encore plus gros qu'à l'ordinaire. Toutefois, il faut alors monter en série une résistance ohmique additionnelle, afin que la résistance totale du circuit primaire ne soit pas modifiée et que le courant de repos demeure limité à la valeur normale. La résistance additionnelle est de 1 à 2 ohms. Une partie de la chaleur produite par le courant se dégage dans cette résistance qui la rayonne facilement: elle soulage donc thermiquement la bobine d'allumage. La résistance additionnelle offre encore un autre avantage: en la court-circuitant au démarrage du moteur, on dispose d'une énergie d'allumage suffisante malgré la chute de tension de la batterie (gain de tension au démarrage).

Les bobines d'allumage à haute performance Bosch existent en diverses exécutions et diverses couleurs de boîtier:

Type K (bleue) pour 6 et 12 V, sans résistance additionnelle; type KW (noire) pour 24 V, avec résistance additionnelle; type KW (rouge) pour 12 V, avec résistance additionnelle et gain de tension au démarrage.

Fig. 26 Vue schématique d'une bobine d'allumage.



Interrupteur d'allumage

C'est un interrupteur de service appelé aussi "contacteur de marche". Il sert à mettre en circuit et à couper la tension de batterie. Il est intercalé dans le circuit primaire de la bobine d'allumage et actionné avec la clé de contact. Lorsqu'on met l'interrupteur en circuit sans démarrer immédiatement le moteur — par exemple pour vérifier l'équipement électrique du véhicule —, les contacts du rupteur se trouvent, en général, fermés. Le courant de repos, qui est intense, peut alors circuler sans interruption, ce qui a pour effet d'imposer un travail exagéré à la batterie et à la bobine d'allumage, si toutefois cette dernière ne comporte pas de résistance additionnelle.

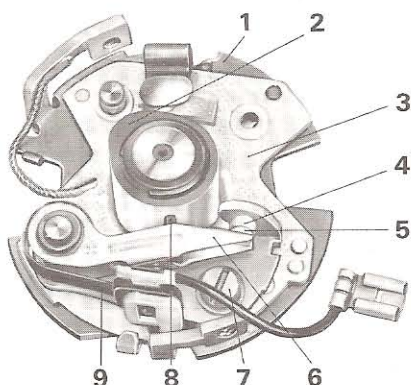


Fig. 27 Rupteur simple pour moteur monocylindrique.

- 1 Plateau-support fixe
- 2 Came de rupture
- 3 Plateau mobile du rupteur
- 4 Enclume et contact fixe
- 5 Contact du linguet
- 6 Linguet
- 7 Vis de fixation de l'enclume
- 8 Toucheau
- 9 Ressort de linguet

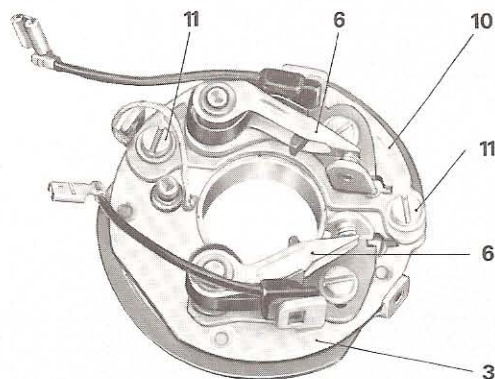
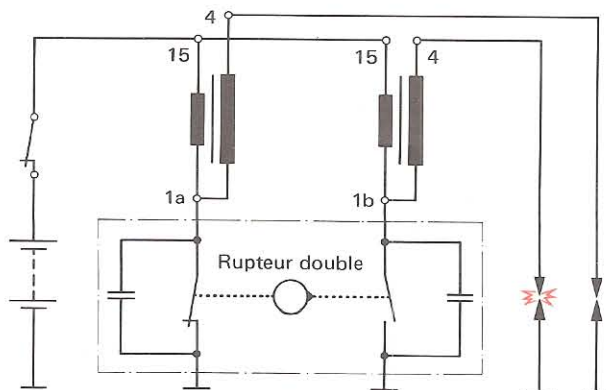


Fig. 28 Rupteur double pour moteur à 6 et 8 cylindres.

- 10 Segment
- 11 Vis de fixation du segment

Les autres positions sont mentionnées figure 27.

Fig. 29 Système d'allumage pour moteur à deux cylindres. Schéma de principe.



Rupteur d'allumage

Le rupteur est un interrupteur commandé par came. Il ferme et ouvre le circuit primaire de la bobine suivant un rythme lié à la vitesse du moteur. Comme chaque coupure du courant primaire déclenche, nous le savons, une impulsion d'allumage dans le circuit secondaire, le rupteur s'ouvre, à chaque tour de l'arbre à cames, autant de fois que le moteur comporte de bougies d'allumage, c'est-à-dire de cylindres. La came de rupture — pour autant qu'elle soit montée dans l'allumeur — est reliée par un accouplement à l'extrémité du prolongement du vilebrequin ou de l'arbre à cames.

En glissant sur la came de rupture, le linguet ouvre ou ferme le circuit primaire de la bobine. Le nombre de bossages de la came correspond au nombre de cylindres du moteur dans le cas des systèmes d'allumage à circuit unique. La vitesse très élevée des moteurs à six ou huit cylindres provoque un raccourcissement important du temps de fermeture. Il s'ensuit que la valeur de la haute tension et de l'énergie d'allumage diminue considérablement et qu'un fonctionnement sans ratés ne peut plus être assuré. On remédie à cet inconvénient en faisant appel au double allumage (deux bobines d'allumage et rupteur double), ou mieux encore, à un système d'allumage électronique.

Dans l'équipement d'allumage des moteurs monocylindriques, le rupteur simple est un organe indépendant. Dans les dispositifs pour moteurs polycylindriques, il est incorporé à l'allumeur. Les équipements pour moteurs à deux cylindres comportent souvent un double allumage et, par conséquent, deux bobines reliées côté primaire, par leur borne 1, à un rupteur double. Celui-ci comprend deux rupteurs simples montés sur le même plateau mobile et décalés de 180° l'un par rapport à l'autre. A chaque tour de l'arbre à cames, deux impulsions sont donc produites. L'un des rupteurs repose directement sur le plateau mobile et l'autre est porté par un plateau intermédiaire orientable (segment), afin de pouvoir régler séparément le point d'allumage des deux circuits.

L'angle de came (fermeture) du rupteur correspond à l'angle de rotation que décrit la came à partir du moment où les contacts se ferment par l'intermédiaire du linguet jusqu'au moment où ils s'ouvrent de nouveau. Les angles d'ouverture, adjacents de part et d'autre à l'angle de came, ont une valeur généralement un peu plus faible. Plus le moteur comporte de cylindres, plus on est obligé de réduire l'angle de came, car il faut assurer un plus grand nombre de cycles fermeture-ouverture par tour. Cet angle est de 50° environ pour un moteur à quatre cylindres, de 38° environ pour un moteur à six

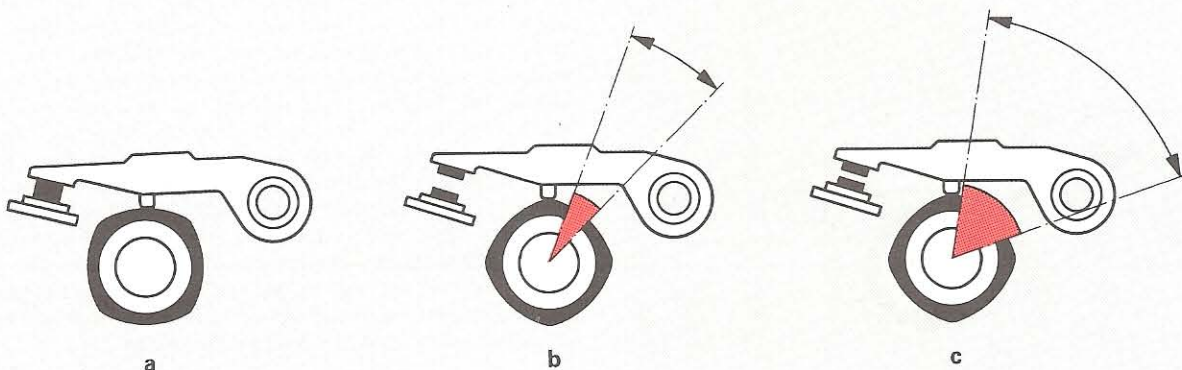


Fig. 30 Contacts du rupteur. Représentation schématique.

- a Contacts fermés
- b Grand écartement des contacts — petit angle de came (fermeture)
- c Petit écartement des contacts — grand angle de came (fermeture)

cylindres et de 33° , environ pour un moteur à huit cylindres. Le temps de fermeture est lié à l'angle de came et à la vitesse du moteur, suivant la relation:

$$\text{temps de fermeture (ms)} = \frac{1000 \times \text{angle de came (degrés)}}{6 \times \text{vitesse (tr/mn)}}$$

L'angle de came est d'autant plus grand que l'écartement des contacts est plus réduit et inversement.

Un grand écartement des contacts, donc un petit angle de came, améliore la qualité de l'allumage à bas régime: grande vitesse de soulèvement du linguet, moins d'arcs de rupture, d'où ménagement des contacts.

Un petit écartement des contacts, donc un grand angle de came, favorise l'allumage au régime élevé: longue durée de fermeture, d'où accroissement d'énergie emmagasinée. Inconvénients: arcs de rupture plus forts à bas régime, d'où usure plus prononcée des contacts.

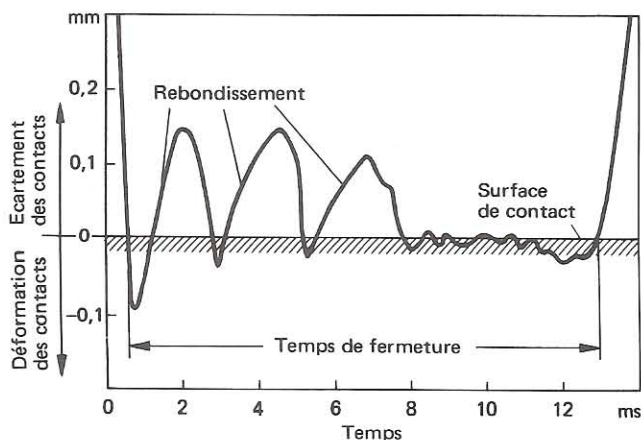
L'écartement correct des contacts

est un compromis qu'il faut adopter pour équilibrer avantages et inconvénients aux vitesses très élevées et très basses. Pour plus de détails en ce qui concerne l'angle de came et l'écartement des contacts, se reporter au chapitre "Montage et entretien".

Le rupteur est soumis à de très fortes contraintes mécaniques et électriques. Les surfaces du contact mobile et du contact fixe sont le plus souvent en tungstène, métal particulièrement approprié en raison de la résistance que lui confèrent sa dureté et son point de fusion élevé. Les rupteurs actuels peuvent supporter une intensité maximum d'environ 5 A sous 500 V et assurer jusqu'à 20 000 commutations à la minute, sans que la qualité du processus d'allumage en soit affectée. Aux vitesses de commutation encore plus élevées, il se produit un *rebondissement* des contacts: au début de la fermeture, le contact mobile du linguet rebondit avec une telle force contre le contact fixe de l'enclume que leurs surfaces subissent une légère déformation élastique.

En rebondissant, le contact du linguet coupe le circuit immédiatement après la fermeture. Le ressort du linguet repousse le contact et les surfaces des contacts rebondissent à nouveau. Ce phénomène se renouvelle plusieurs fois au début de la fermeture. Chaque rupture due à ces rebondissements s'effectue au détriment du temps de fermeture; elle absorbe en outre une quantité d'énergie encore plus forte que celle ordinairement perdue dans la gamme des fréquences d'étincelles/minute élevée (représentée par une zone hachurée sur le diagramme haute tension, fig. 17 et 60, le nombre d'étincelles étant supérieur à 18 000).

Fig. 31 Rebondissement des contacts, représenté par le mouvement du contact du linguet pendant le temps de fermeture.



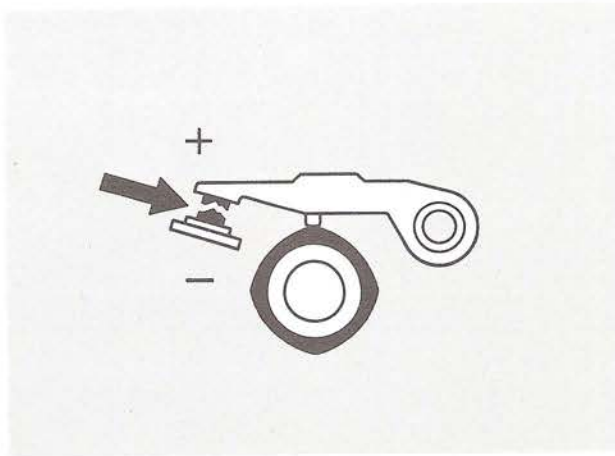


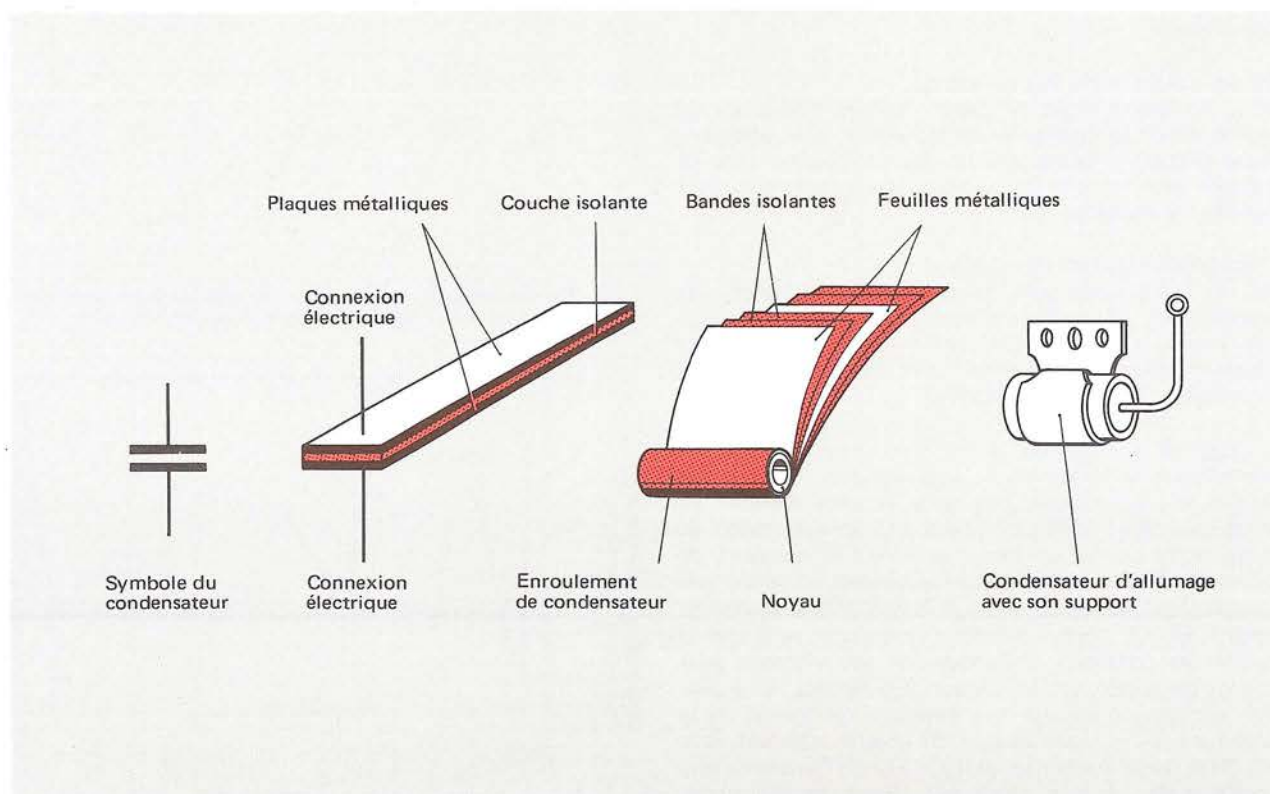
Fig. 32 A cause du phénomène de transfert de matière, un cratère se creuse dans le contact du linguet et une protubérance se forme sur le contact fixe.

Le toucheau et les contacts du rupteur sont soumis à une *usure naturelle*. Le toucheau s'use par frottement et, sous l'action des arcs de rupture, un transfert de matière apparaît aux contacts: du métal provenant du contact positif du linguet est transporté sur le contact négatif fixe. Une partie du métal se vaporise et un dépôt d'oxyde se forme à la surface des contacts, ce qui a pour effet d'élever légèrement la résistance du circuit primaire. L'usure du toucheau par frottement et l'usure des contacts ont des incidences opposées. Finalement, l'usure du toucheau prédomine et l'écartement des contacts se réduit de plus en plus; il s'ensuit que l'angle de came augmente quelque peu et que le point d'allumage se déplace dans le sens "retard à l'allumage".

Condensateur d'allumage

Son principe est très simple, comme celui de tous les condensateurs électriques: deux plaques métalliques sont séparées par une matière isolante. Parfois, l'isolant est tout simplement l'air (condensateurs à air) mais, suivant les exigences techniques, il est souvent constitué par une matière isolante de haute qualité qui, pour des raisons d'encombrement, doit être aussi mince que possible tout en étant capable de supporter sans dommage les tensions électriques. Le plus souvent, on remplace aussi les plaques de métal par des feuilles métalliques ou par des couches métalliques déposées par vaporisation sur l'isolant même. Pour réduire l'encombrement, on enroule ces minces rubans, consistant par exemple en deux feuilles d'aluminium et en plusieurs bandes de papier spécial, pour former un rouleau rigide. On munit ce rouleau de contacts et on l'imprègne avant de le loger dans un boîtier métallique pour en assurer la protection contre l'humidité, les contacts divers et les détériorations.

Fig. 33 Symbole et principe d'un condensateur. Technique de réalisation du condensateur d'allumage.



Distributeur d'allumage — Allumeur

Comme son nom l'indique, le distributeur d'allumage distribue les impulsions d'allumage aux différentes bougies, dans l'ordre voulu et au moment opportun. A chaque rotation de l'arbre de l'allumeur, quatre, six ou huit impulsions sont ainsi réparties, suivant que le moteur possède quatre, six ou huit cylindres. Le distributeur représente une simplification remarquable de l'équipement d'allumage par batterie, car il permet d'utiliser, dans la plupart des cas, une installation ne comportant qu'un seul circuit. En raison du synchronisme absolu de fonctionnement avec le vilebrequin, le distributeur, le rupteur et le dispositif d'avance sont associés pour former une seule unité. Cet ensemble constitue l'allumeur.

Le boîtier cylindrique de l'allumeur est fermé à la partie supérieure par la tête de distributeur, réalisée en matière plastique isolante de haute qualité, moulée sous pression. La tête comporte des cheminées de sortie, dans lesquelles sont logées des douilles pour l'arrivée haute tension (pipe centrale) et pour les départs haute tension vers les bougies. Le rotor distributeur repose directement sur la came du rupteur. Un charbon monté sur ressort conduit l'impulsion d'allumage à l'électrode du rotor en mouvement. Au passage de cette électrode en face des plots fixes, une étincelle de distribution jaillit et la tension, l'énergie d'allumage, est conduite à la bougie correspondante par le câble d'allumage. L'écartement entre les plots et l'électrode du rotor est de 0,5 mm environ. Naturellement, pour la transmission de l'énergie d'allumage aux différentes bougies, on pourrait également utiliser un contact à frottement. Mais, en raison de l'usure rapide de tels mécanismes, on préfère la trans-

mission de l'énergie "sans contact", au moyen d'un interrupteur, bien que ce procédé entraîne une certaine perte d'énergie.

L'intervalle, qui sépare les plots fixes les uns des autres et de la masse, détermine la haute tension maximum qu'on peut appliquer au distributeur. L'exécution standard pour moteur six cylindres peut supporter 28 000 volts maximum.

A sa partie inférieure, le boîtier de l'allumeur comporte un collet cylindrique où sont logés les coussinets de l'arbre, constitués de deux douilles autolubrifiantes en métal fritté. Par son collet, l'allumeur est fixé dans un alésage du bloc-moteur où il est maintenu dans la position angulaire requise au moyen d'un dispositif de serrage. Une bague d'étanchéité, logée dans une rainure du collet, empêche toute perte d'huile.

Les phénomènes électriques, qui se déroulent dans la chambre du distributeur (arcs, effluves, effets de couronne), dégagent de l'oxyde nitrique et de l'ozone, donc des gaz toxiques et chimiquement corrosifs. Pour éviter toute oxydation, la tête porte des fentes d'aération. Si l'aération est insuffisante, la surface des pièces métalliques se corrode; il en résulte une forte usure du toucheau du linguet et une modification du point d'allumage et de l'angle de came. La surface des pièces isolantes est également atteinte et la qualité de l'isolement est amoindrie (courants de fuite). Un couvercle en matière plastique ou en tôle sépare la chambre du distributeur du compartiment où sont logés le rupteur et le dispositif d'avance. Cette protection évite que d'importantes quantités de poussière et de particules de carbone ne se déposent sur les contacts, et que l'humidité ne pénètre dans la chambre du distributeur.

Fig. 34 Allumeur pour moteur à quatre cylindres avec entraînement par pignon.

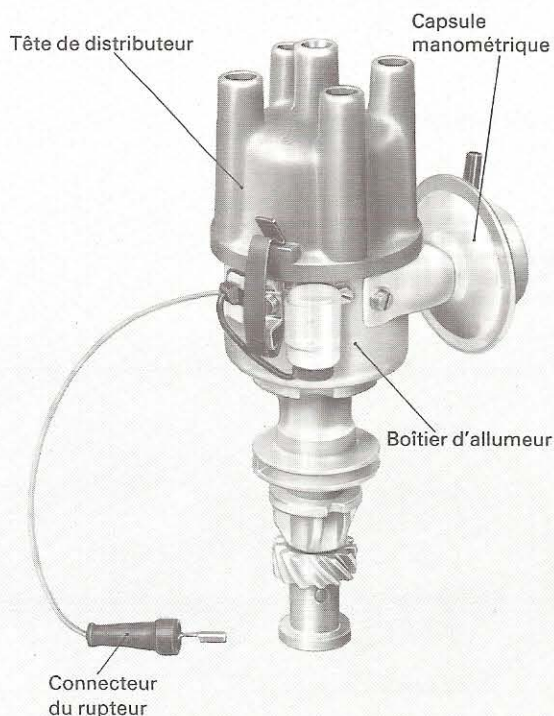
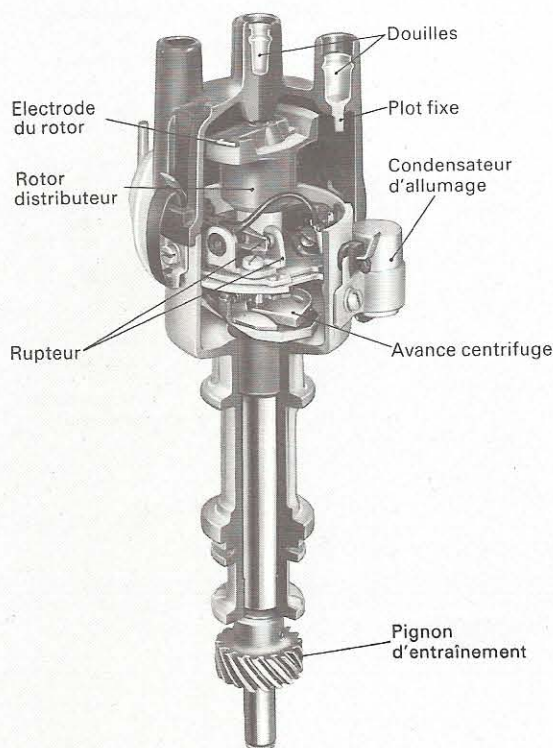


Fig. 35 Coupe d'un allumeur avec collet prolongé.



La *lubrification* de l'arbre de commande de l'allumeur est assurée par l'huile contenue dans les coussinets poreux. La réserve d'huile est constamment renouvelée par les vapeurs ou par les projections d'huile de barbotage du moteur. La came couissant sur un tourillon de l'arbre a une lubrification particulière par huile ou graisse. Le toucheau du rupteur est réalisé en fibre imprégnée de résine. La surface de glissement de la came doit être enduite de graisse spéciale Bosch à haute viscosité. (Voir au chapitre "Montage et entretien").

Les allumeurs possèdent en général deux dispositifs d'avance à l'allumage: un dispositif centrifuge et un correcteur à dépression.

Dispositifs d'avance à l'allumage

Les dispositifs d'avance à l'allumage veillent à ce que l'allumage se produise au moment propice dans toutes les conditions de fonctionnement du moteur. L'instant le plus favorable est défini par la puissance du moteur, l'économie de carburant et la dépollution des gaz d'échappement. Le point d'allumage est ici exactement déterminé par l'angle d'avance avant le point mort haut. La vitesse et la charge du moteur sont les deux facteurs déterminant l'avance automatique. Les dispositifs d'avance règlent le point d'allumage en fonction de ces grandeurs, d'après un plan établi par le constructeur du moteur et concrétisé par les courbes d'avance à l'allumage.

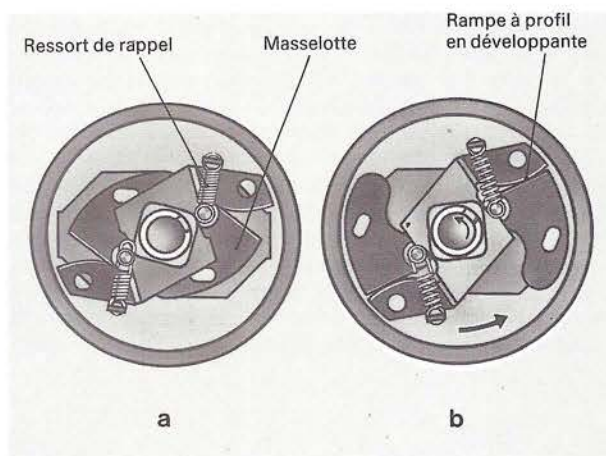
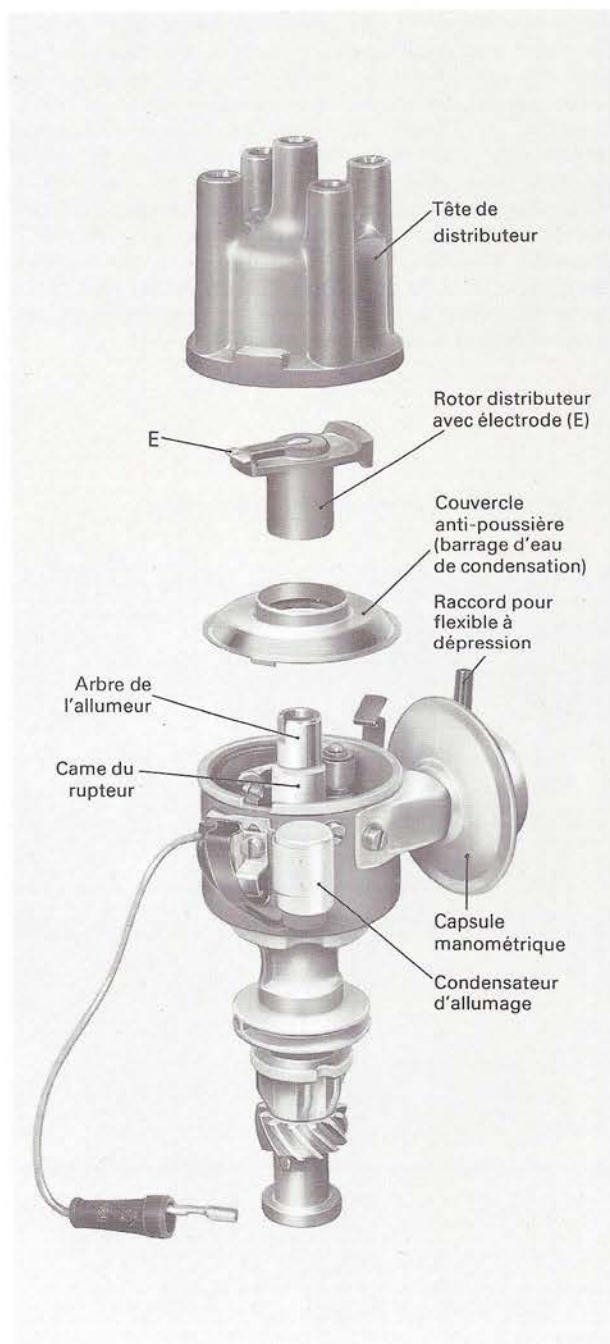
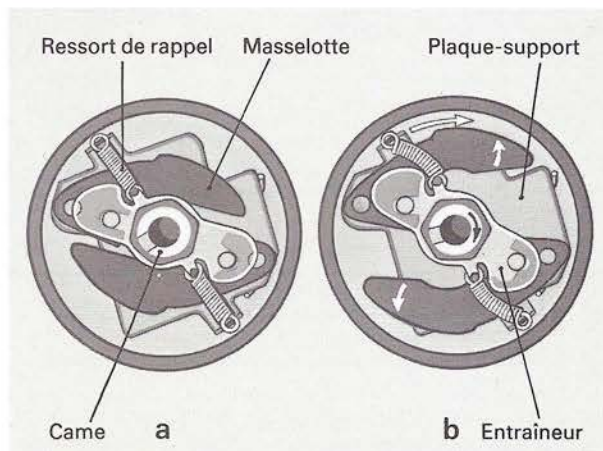


Fig. 37 Avance à profil en développante.
a Position de repos
b Position de travail

Fig. 36 Les pièces d'un allumeur.

Fig. 38 Avance à coulisse.
a Position de repos
b Position de travail



Le *dispositif d'avance centrifuge* règle le point d'allumage en service à pleine charge. Le mécanisme de réglage est conçu de manière à donner la courbe de pleine charge prescrite. La came est mobile sur l'arbre de l'allumeur; au fur et à mesure de l'accélération, elle est déplacée dans le sens de rotation de l'arbre par les masselottes qui s'écartent vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge. Les bossages de la came attaquent donc un peu plus tôt le toucheau du linguet. En conséquence, les contacts se séparent avant le moment fixé: le point d'allumage est donc déplacé en direction "avance". Suivant la vitesse, les masselottes s'écartent plus ou moins vers l'extérieur et sont maintenues par la force des ressorts dans une position d'équilibre correspondant à l'angle d'avance. Les masselottes déplacent la came soit par des rampes à profil en développante, soit par des coulisses. On distingue donc les avances à développante et les avances à coulisse.

Le début du réglage aux bas régimes et son déroulement suivant la courbe de pleine charge est conditionné par la taille des masselottes, par la forme des rampes ou des coulisses et par les ressorts de rappel, tous ces facteurs pouvant être très différents. La came commandée par la force centrifuge a une butée inférieure, correspondant au début du réglage, et une butée supérieure pour limiter l'avance maximum à pleine charge.

Le *dispositif d'avance à dépression* règle le point d'allumage en service à charge partielle. Le mécanisme de réglage est conçu de manière à donner la courbe prescrite d'avance à charge partielle. Le facteur de réglage de ce correcteur d'avance est la dépression statique régnant dans le carburateur. Cette dépression dépend de la position momentanée du papillon et elle atteint son maximum lorsque celui-ci est à demi-ouvert environ, ce qui explique la position de la crête de la courbe de dépression (fig. 22).

La membrane d'une capsule manométrique se déplace sous l'effet des variations de pression. La membrane prend toujours une position déterminée par la différence entre la dépression instantanée et la pression atmosphérique. Le début du réglage est fixé par la tension initiale d'un ressort de compression. La surface de la membrane, la force et la rigidité du ressort correspondent à la courbe d'avance à charge partielle. Les déplacements de la membrane sont transmis par une bielle de commande reliée au plateau mobile du rupteur dont la position se trouve donc, à la charge partielle, corrigée dans le sens opposé au sens de rotation de l'arbre de l'allumeur. Les butées de la bielle, sur le fond de la capsule manométrique, limitent l'amplitude du réglage.

L'avance à dépression agit indépendamment de l'avance centrifuge. Mais l'association mécanique des deux dispositifs est réalisée de manière que les angles d'avance instantanés s'ajoutent. En service à charge partielle, le correcteur à dépression agit conjointement avec le correcteur centrifuge pour l'obtention de l'avance totale.

L'avance à dépression intervient également pour la *dépollution* des gaz, celle-ci exigeant un réglage de l'allumage dans le sens "retard". Dans ce but, à la première capsule manométrique, prévue pour le réglage à charge partielle dans le sens "avance" (capsule avance), on ajoute une deuxième capsule (capsule retard) qui, à la dépression, modifie la position angulaire du plateau mobile du rupteur dans le sens de rotation de l'arbre. Il s'agit donc, ici, de deux dispositifs à dépression associés en un seul élément.

La capsule retard est également reliée à la tubulure d'admission du moteur par une deuxième conduite à dépression, mais à un point situé derrière le papillon, où règne une dépression au ralenti du moteur ou en régime de frein-moteur. A la dépression, la membrane annulaire de la capsule retard repousse sur une certaine distance (b) la butée de position neutre de la membrane de la capsule avance. Ce déplacement est transmis par la bielle au plateau rotatif du rupteur qui se déplace dans le sens "retard". La caractéristique principale de cette double correction réside dans le désaccouplement des deux systèmes: la correction du point d'allumage dans le sens "avance" (a) est prioritaire. Cela signifie qu'une dépression simultanée dans les deux capsules provoque le réglage correct de charge partielle dans le sens "avance".

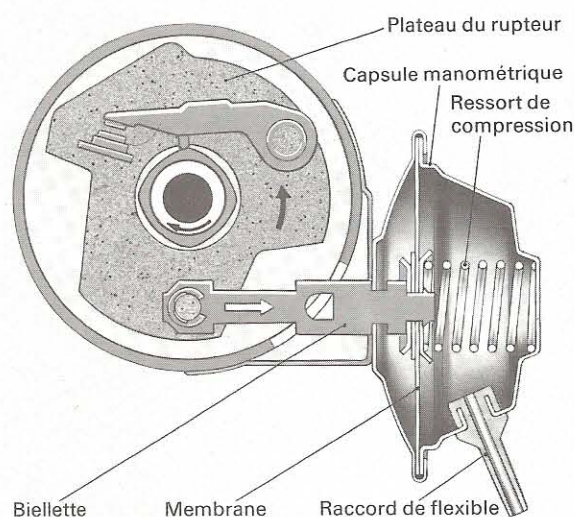
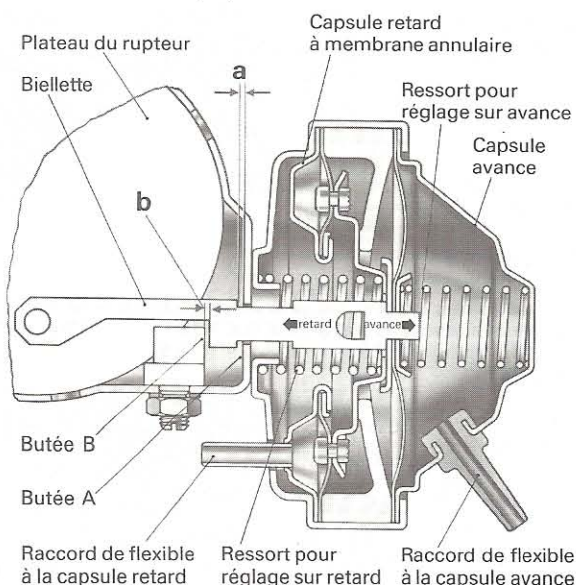


Fig. 39 Correcteur à dépression dans le sens "avance".

Fig. 40 Correcteur à dépression jumelé, sens "avance" et "retard".

- a Correction "avance" jusqu'à la butée A
- b Correction "retard" jusqu'à la butée B



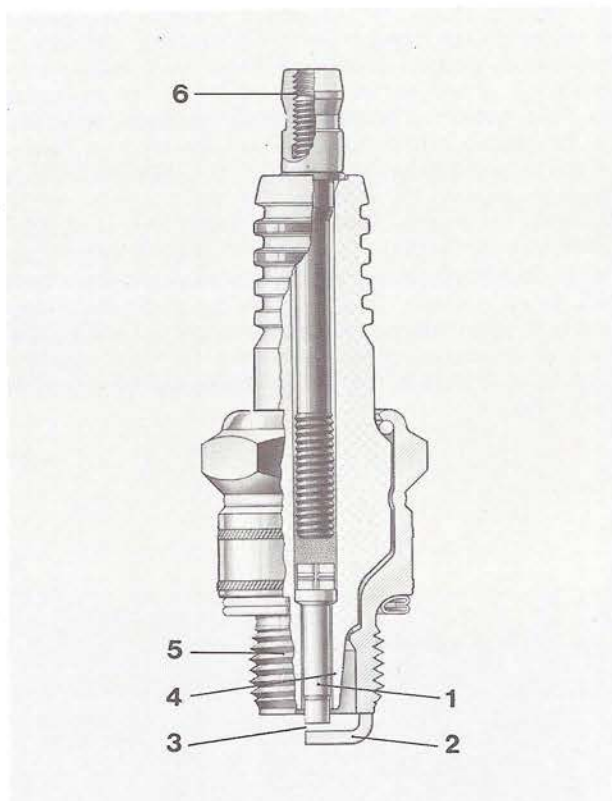


Fig. 41 Coupe d'une bougie.

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1 Electrode centrale | 4 Bec de l'isolant |
| 2 Electrode de masse | 5 Filetage de fixation |
| 3 Eclateur | 6 Borne haute tension |

Bougies d'allumage

De tout l'équipement d'allumage, c'est la bougie qui doit supporter les plus fortes contraintes mécaniques, thermiques et électriques. L'adaptation des matériaux et de la construction à ces conditions extrêmes nécessite une très longue expérience et des recherches intensives.

Les éléments principaux de la bougie sont les électrodes et l'isolant. L'espace compris entre ces électrodes constitue l'éclateur. L'écartement, la disposition, le matériau et l'état des électrodes déterminent dans une large mesure la tension d'allumage nécessaire à l'éclatement de l'étincelle. Pour obtenir une inflammation parfaite du mélange air-carburant, il est essentiel que l'étincelle se trouve au contact d'une quantité suffisante de mélange présentant une bonne aptitude à l'inflammation. La position des électrodes dans la chambre de combustion revêt donc une grande importance.

Les moteurs de véhicules automobiles diffèrent beaucoup entre eux quant à la charge en service, à la compression, à la vitesse de rotation, au refroidissement, au réglage du carburateur et au carburant utilisé. Compte tenu de ces diverses conditions, il n'a pas été possible de trouver un type de bougie universel. Sur un moteur donné, telle bougie s'échaufferait beaucoup trop, tandis que sur un autre moteur, elle n'atteindrait qu'une température insuffisante. Dans les deux cas, après une courte période de service, surgiraient, entre autres, des difficultés d'allumage. C'est pourquoi tout véhicule à moteur à explosion possède "sa" bougie appropriée, c'est-à-dire une bougie bien adaptée aux conditions particulières de fonctionnement de son moteur. Le choix du degré thermique de la bougie, l'écartement des électrodes et la position de l'étincelle dans la chambre de combustion sont d'importantes caractéristiques d'adaptation.

Le degré thermique de la bougie est correct lorsque le bec de l'isolant prend une température située entre 800 et 850°C. Il est trop élevé lorsque la température à pleine charge est sensiblement inférieure à 800°C et que le bec de l'isolant s'encrasse: il y a alors risque de perte de courant par dérivation. Le degré thermique est trop faible lorsque la température dépasse 900°C: danger d'auto-allumage.

L'écartement des électrodes doit être maintenu aussi étroit que possible, afin d'économiser la haute tension requise pour l'allumage. L'écartement des électrodes des bougies en service augmente sensiblement par suite de l'action de l'étincelle (érosion) et des influences chimiques (corrosion). Il s'ensuit que le besoin en tension d'allumage croît également, jusqu'à épuisement final de la réserve de tension de l'équipement d'allumage. Ainsi, si l'écartement initial des électrodes est trop grand, la haute tension disponible s'épuise plus rapidement et des ratés d'allumage se produisent prématurément, surtout aux régimes élevés ou lors d'accéléérations subites. Les difficultés sont alors encore aggravées par l'encrassement du bec de l'isolant par des dépôts conducteurs qui vont encore diminuer la réserve de tension et, de ce fait, accroître le risque de ratés d'allumage.

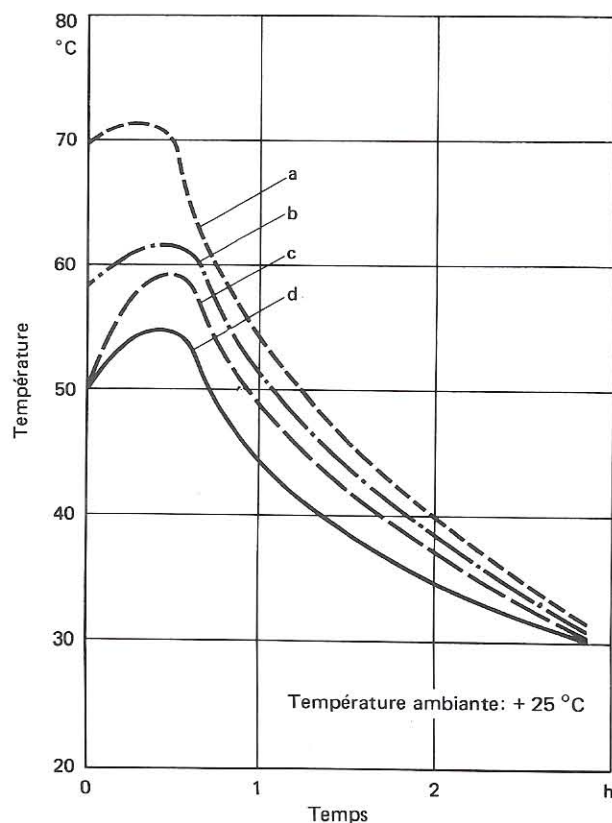
Si vous désirez de plus amples renseignements, nous vous recommandons le fascicule "Bougies d'allumage" de la série des Cahiers Techniques Bosch. En outre, vous pouvez demander à votre concessionnaire Bosch de vous présenter le document audio-visuel sur les bougies d'allumage Bosch.

Influences climatiques

Les développements précédents se sont limités à la description du fonctionnement des systèmes d'allumage par batterie adaptés aux différents types de moteurs. Mais il existe également des influences extérieures susceptibles de perturber, ou même de paralyser, le processus de l'allumage. Ces influences sont définies principalement par le climat ambiant au voisinage du sol, le climat régnant sous le capot du moteur et le microclimat dans les enceintes hermétiques de certains composants et en particulier dans la chambre haute tension de l'allumeur.

Les influences du climat se traduisent par une chute plus ou moins forte de la haute tension disponible et par une dégradation progressive des pièces isolantes. Un équipement d'allumage est d'autant plus sensible aux influences extérieures, et par conséquent aux pannes, qu'il n'est pas entretenu. Or, pour assurer un meilleur refroidissement, le compartiment moteur est généralement ouvert vers le bas. La poussière, le sel et les projections d'eau pénètrent donc facilement à l'intérieur. Le tableau suivant fait ressortir les principaux facteurs d'influence.

Climat	Facteurs	Effet sur
Climat ambiant au voisinage du sol	Température de l'air Humidité de l'air Nature du sol	Dispositif d'allumage du véhicule à l'arrêt. Influence majeure lorsque le véhicule stationne sur un sol humide.
Climat sous le capot	Rayonnement de la température du moteur Pénétration d'eau Encrassement par huile de fuite du moteur et de la transmission Encrassement des pièces isolantes (poussière, croûtes de sel)	Dispositif d'allumage du véhicule en service.
Microclimat dans les enceintes hermétiques	Température Humidité Ozone et oxyde nitrique	Parois intérieures de la tête d'allumeur.



Influences de la température et de l'humidité

Les bougies, la bobine d'allumage et l'allumeur sont les organes de l'équipement d'allumage les plus fortement éprouvés par la chaleur, non seulement par celle qu'ils reçoivent du moteur mais par celle qu'ils développent eux-mêmes par effet Joule. Si la dissipation de la chaleur est insuffisante — mauvais emplacement de montage par exemple —, l'échauffement excessif entraîne inévitablement la destruction des isolants. Il est donc impératif de tenir compte de ce fait dans le choix du matériau et du procédé de construction, ainsi que dans la réalisation du montage dans le compartiment moteur.

Par temps de pluie, des projections atteignent le compartiment moteur; l'eau se vaporise sur les pièces chaudes et un "climat tropical" règne sous le capot et dans le boîtier de l'allumeur. La même chose se produit lorsqu'on nettoie le véhicule au jet, le moteur étant encore chaud. Pendant la marche, la vapeur d'eau n'affecte pratiquement pas l'équipement d'allumage.

Fig. 42 Courbes de la température après arrêt du moteur chaud.

- a sur le bloc-moteur
- b dans la chambre haute tension de l'allumeur
- c sur la tête d'allumeur
- d dans le compartiment moteur

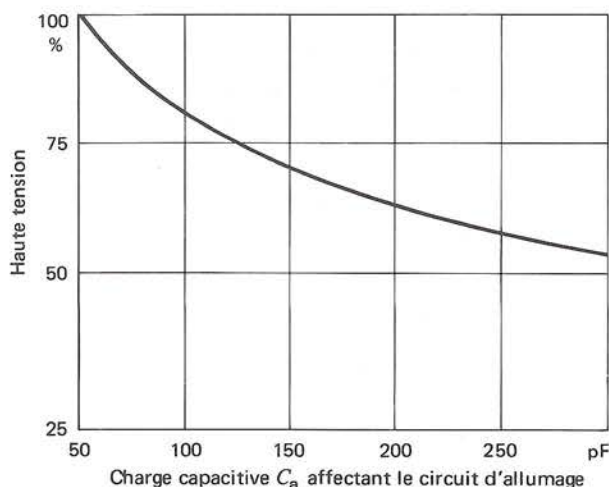
C'est seulement lors du refroidissement du moteur que l'inconvénient se concrétise, les pièces se mettant à ressuer. L'eau de condensation se dépose en pellicule mince à la surface des isolants de l'installation d'allumage et, comme elle est conductrice, des dérivation ohmiques se forment sur le circuit d'allumage. L'ensemble de ces dérivation est comparable à une résistance (R_a) branchée en parallèle sur l'éclateur formé par les électrodes de la bougie et dérivant en pure perte une partie du courant d'allumage. Il s'ensuit, naturellement, un affaiblissement de l'énergie et de la haute tension d'allumage. Comme nous le savons, la perte de haute tension est d'autant plus forte que la résistance de dérivation est plus faible. En conséquence, il n'est pas rare que l'on éprouve de grandes difficultés à remettre en marche le moteur refroidi.

Influence des encrassements de toute nature

Les dépôts de poussière, les résidus d'huile et les croûtes de sel peuvent, en certaines circonstances, paralyser le fonctionnement de l'allumage. De tels dépôts sont hygroscopiques et absorbent donc l'humidité de l'air en grande quantité, même lorsque les conditions climatiques ne sont pas réunies pour la formation d'eaux de condensation. Imprégnés d'humidité atmosphérique, les dépôts, qui recouvrent les pièces isolantes, forment des "ponts permanents", très conducteurs, joignant les éléments sous tension, surtout aux connexions des câbles à l'allumeur et à la bobine d'allumage. Contrairement à celles provoquées par l'eau de condensation, ces dérivation ne disparaissent pas spontanément et un nettoyage minutieux s'impose.

Fig. 43 Baisse de la haute tension d'une bobine d'allumage provoquée par une charge capacitive.

Charge de base 50 pF



Les ponts d'encrassement se manifestent comme des dérivation ohmiques. à la manière des shunts dus aux eaux de condensation. Mais ils accroissent davantage la charge capacitive du circuit d'allumage, qui dépasse alors de beaucoup la charge capacitive déjà introduite par les pièces haute tension isolées, telles que câbles d'allumage, couvercle de bobine d'allumage, tête d'allumeur et bougies. Plus le circuit est chargé par des capacités ou des dérivation ohmiques, plus la haute tension diminue. Il arrive finalement que la tension disponible devient inférieure à la tension d'allumage requise par les bougies: des ratés d'allumage apparaissent alors.

Pièces haute tension isolées de l'installation d'allumage	Capacité à l'état	
	sec propre	humide encrassé
Tête d'allumeur	10 pF	40 pF
Couvercle de bobine d'allumage	3 pF	10 pF
Câble d'allumage (par mètre)	30 pF	180 pF

A l'état sec et propre, le circuit d'allumage présente habituellement, par rapport à la masse, une capacité comprise entre 50 et 100 pF. Déjà, cette "charge capacitive de base" provoque à elle seule une perte d'énergie d'allumage et, par conséquent, une chute de la haute tension dont on est obligé de tenir compte dans la conception de l'équipement (voir pages 12 et 16). A bas régime, l'allumage par bobine fournit une tension d'environ 30 000 volts. Si l'équipement vient à s'encrasser, surtout les câbles d'allumage, la charge capacitive, comme le montre le tableau précédent, est à peu près quintuplée. La tension tombe à 16 000 volts. Si la tension nécessaire à l'éclatement de l'étincelle aux bougies se situe alors à une valeur supérieure, l'allumage ne se produit pas. Aux vitesses plus élevées, le fonctionnement de l'allumage est encore plus critique.

Bien entendu, on calcule l'installation avec une marge de sécurité suffisante pour que la moindre humidité ou le plus petit encrassement ne viennent pas perturber gravement le fonctionnement de l'allumage. D'autre part, nous devons ajouter que le système d'allumage classique à bobine, sous l'action des influences climatiques, fonctionne souvent non loin de sa limite de puissance. En comparaison, grâce à leur grande réserve de tension, les équipements électroniques à bobine (TSZ) et, surtout, l'allumage haute tension à décharge de condensateur (HKZ) présentent un avantage indéniable.

Sur les pièces isolantes fortement encrassées, des courants de fuite superficiels peuvent s'établir et brûler l'isolant sur leur trajet, ce qui aboutit finalement à la destruction de la pièce. C'est la raison pour laquelle on utilise depuis peu, pour les équipements d'allumage, des isolants résistant aux courants de fuite.

Le microclimat régnant dans l'allumeur mérite une attention particulière. La face interne de la tête d'allumeur est rendue conductrice par l'ozone et l'oxyde nitrique que dégagent les arcs de rupture. Ces agents, en se déposant avec l'humidité, modifient chimiquement les surfaces et provoquent des décharges électriques entre les plots fixes de l'allumeur ainsi que la formation de courants de fuite.

Equipements d'allumage résistant aux influences climatiques

Aux cours des dernières années, des progrès ont été réalisés dans trois voies en vue de réduire les effets des influences climatiques perturbatrices:

- Production d'une énergie d'allumage accrue (TSZ, HKZ)*.
- Protection contre l'humidité et les saletés.
- Amélioration de la qualité des isolants haute tension.

Une protection directe contre la pluie et les projections d'eau est obtenue par l'utilisation de *capuchons* en matière plastique souple, résistant à l'ozone. Ces capuchons coiffent étroitement les connexions et assurent une bonne étanchéité. Des câbles d'allumage "intégrés" possèdent à leurs extrémités un embout inamovible en matière plastique dont la forme est appropriée à celle du raccord de l'allumeur et des bougies.

Des *capots de protection* pour bobines d'allumage et allumeurs assurent une protection efficace contre l'eau de condensation et les dépôts d'encrassement sur les connexions de câbles. Il est très important qu'aucune humidité ne pénètre dans l'allumeur. C'est pourquoi ce dernier est muni d'un barrage contre l'eau de condensation, qui sépare la chambre du rupteur du compartiment haute tension et évite simultanément la pénétration de poussières. Des fentes d'aération en forme de labyrinthe sont prévues dans la tête d'allumeur afin que l'ozone et l'oxyde nitrique puissent s'échapper.

Au cours de ces dernières années, les détériorations provoquées par les courants de fuite aux pièces isolantes se sont multipliées en raison de l'épandage de sel antigel sur les routes. Il a donc fallu créer des matières isolantes, résistant aux courants de fuite, pour la fabrication des embouts de câbles, couvercles de bobines d'allumage, têtes d'allumeurs et rotors de distributeurs. Des pièces moulées en polyester s'avèrent très efficaces et offrent en outre l'avantage de présenter une faible constante diélectrique, ce qui se traduit par une diminution des charges capacitatives du circuit d'allumage. L'expérience a montré, par contre, que même le polyester moulé ne résiste pas toujours, sous le microclimat très sévère régnant dans la tête d'allumeur, à l'action destructrice des étincelles glissantes et des courants de fuite. Depuis peu, les têtes d'allumeurs sont enduites d'une mince couche de vernis hydrophobe qui, provoquant la division en gouttelettes de l'eau de condensation, interrompt ainsi la progression des courants de fuite. Les corps isolants des dispositifs d'allumage doivent d'autre part présenter une résistance élevée à la fissuration, quelle qu'en soit l'origine: contraintes mécaniques, brusques variations de température ou de climat.

Comment peut-on protéger les équipements d'allumage par batterie de construction ancienne contre des influences climatiques aggravées?

Nous recommandons ici les mesures suivantes:

- Nettoyer les pièces haute tension isolées.
- Remplacer les pièces isolantes détériorées, en particulier sur les câbles d'allumage et les capuchons de protection.
- Munir la bobine d'allumage et l'allumeur d'un capot de protection.
- Prévoir un barrage contre l'eau de condensation pour l'allumeur.

* Systèmes d'allumage électroniques



Fig. 44 Bobine d'allumage munie d'un capot de protection.

Fig. 45 Allumeur muni d'un capot de protection.



Montage et entretien

Un montage réalisé correctement et un entretien régulier garantissent, dans une large mesure, le fonctionnement parfait du système d'allumage ainsi que le ménagement des pièces soumises à l'usure.

Montage de l'équipement d'allumage

A cet effet, prière d'observer les points suivants:

- Ecartement suffisant des pièces du moteur qui s'échauffent en service.
- Air de refroidissement suffisant et surfaces de montage bien ventilées.
- Câbles d'allumage aussi courts que possible.
- Bonne connexion des organes électriques à la masse (surfaces de contact bien découpées).

Fixer la *bobine*, de préférence sur la carrosserie, au voisinage de l'allumeur.

Les *pièces isolantes* ne doivent jamais être exposées au rayonnement thermique du moteur ni de la tuyauterie d'échappement.

Le *bloc de commande* des systèmes d'allumage électroniques, en raison de la sensibilité à la chaleur de ses éléments semi-conducteurs, doit être monté à un endroit bien ventilé par le déplacement d'air. Il doit en outre être fixé sur une surface de montage favorisant la dissipation de la chaleur et, par conséquent, jamais sur un socle ou dans une niche par exemple.

L'allumeur, dont le fût est logé dans le bloc-moteur, est ordinairement fixé par un levier de blocage ou par des pattes en position verticale ou légèrement inclinée.

Généralement, l'arbre de commande de l'allumeur est entraîné suivant un rapport de 1/1 par l'arbre à cames du moteur, auquel il est relié par un accouplement à griffes ou par un pignon hélicoïdal. L'accouplement à griffes est le plus souvent asymétrique, afin que l'arbre de l'allumeur ne puisse être placé que dans une position déterminée et non décalé de 180°. Parfois, on utilise l'arbre d'allumeur prolongé pour l'entraînement de la pompe à huile du moteur. Si l'arbre de l'allumeur est entraîné par pignon, ce dernier est goupillé directement en bout d'arbre. Si l'écart entre l'allumeur et l'arbre à cames est trop important, on fixe le pignon sur un arbre intermédiaire, à palier propre, qui sera également relié à l'arbre de l'allumeur par un accouplement à griffes.

L'emplacement de montage de l'allumeur dépend de l'organisation du moteur. Par exemple, sur les moteurs Opel et Mercedes-Benz, il est monté directement derrière le radiateur. On veillera à ce qu'il soit bien protégé de la chaleur, de l'huile, de l'essence et de l'encrassement. Pour faciliter l'entretien, le graisseur et le rupteur doivent être aisément accessibles.

Lors de la mise en place des *contacts du rupteur*, respecter les points suivants:

- Les surfaces des contacts doivent reposer parfaitement à plat l'une sur l'autre, sinon la longévité des contacts est abrégée. Il existe actuellement des jeux de contacts préajustés qui n'exigent en général aucune retouche. Toutefois, un réajustage est souvent nécessaire. A cet effet, on emploie l'outil à contourner.
- Angle de came correct, approprié à l'allumeur utilisé. Si l'on ne dispose pas d'un contrôleur d'angle de came, on règle alors l'écartement des contacts. Observer impérativement l'écartement minimum suivant:
0,30 mm pour les moteurs à quatre cylindres
0,25 mm pour les moteurs à six cylindres.

L'angle de came et l'écartement des contacts ne peuvent pas être déduits rigoureusement l'un de l'autre du fait des différentes formes de came. Le réglage de l'angle de came demeure malgré tout la méthode la plus exacte.

- Refaire le calage de l'allumage (voir au chapitre "Contrôles et essais").

L'ordre "d'abord l'angle de came ou l'écartement des contacts, puis l'allumage" doit être impérativement observé. En effet, une modification ultérieure de l'écartement des contacts entraînerait un nouveau déréglage de l'allumage.

Pour la préparation des *câbles basse tension*, utiliser de préférence l'assortiment MKS 3 Eisemann, comprenant une pince spéciale à sertir et quatorze types de connexions sans soudure.

Pour le raccordement des câbles d'allumage, les dénuder aux extrémités en coupant l'isolant sur 3 mm. Ensuite, enfiler une cosse sur l'extrémité dénudée du câble dont on rabat les fils avant de les souder avec la cosse. Ni les fils ni la soudure ne doivent dépasser le pourtour de la cosse, afin que celle-ci puisse être introduite sans coincer dans son logement. Engager l'extrémité du câble ainsi préparé dans les bornes de la tête d'allumeur ou de la bobine et pousser jusqu'à encliquetage.

Le service Après-Vente Bosch assure à tout moment le montage des équipements d'allumage transistorisés. Il existe à cet effet des instructions de montage spéciales. La bobine d'allumage classique, même si elle est encore en parfait état, ne doit pas être réutilisée, car on perdrait alors les avantages offerts par les composants électroniques de ces équipements d'allumage.

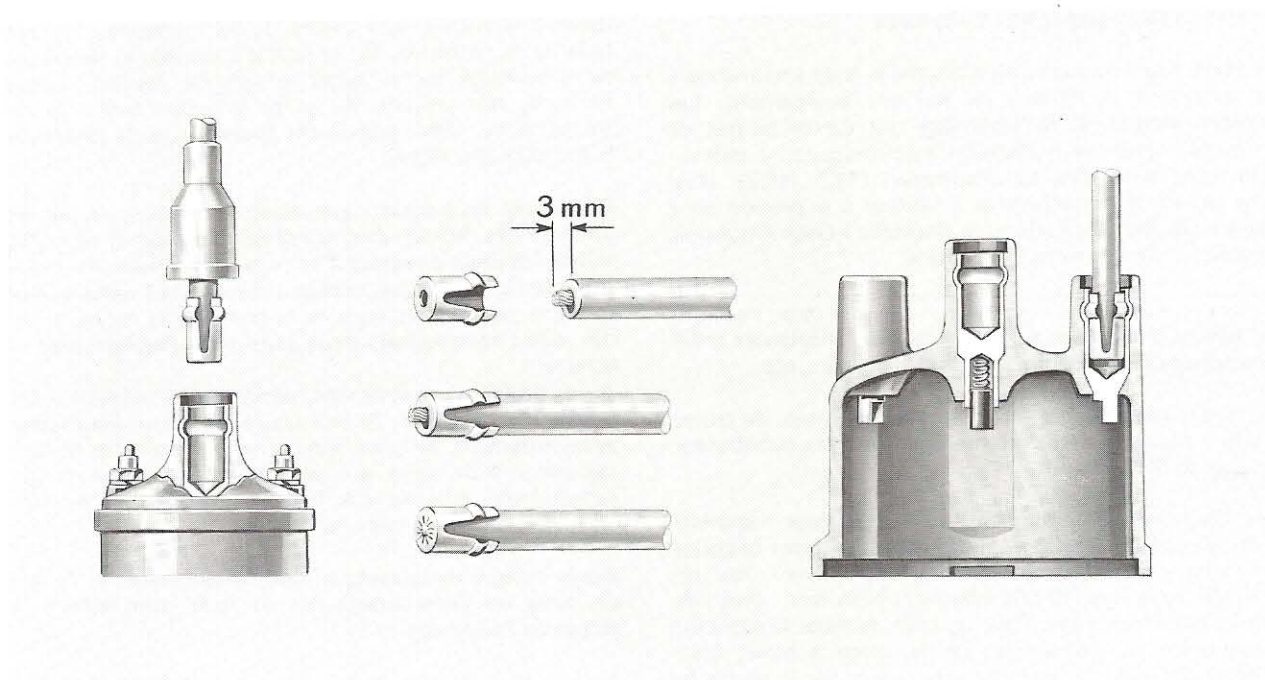
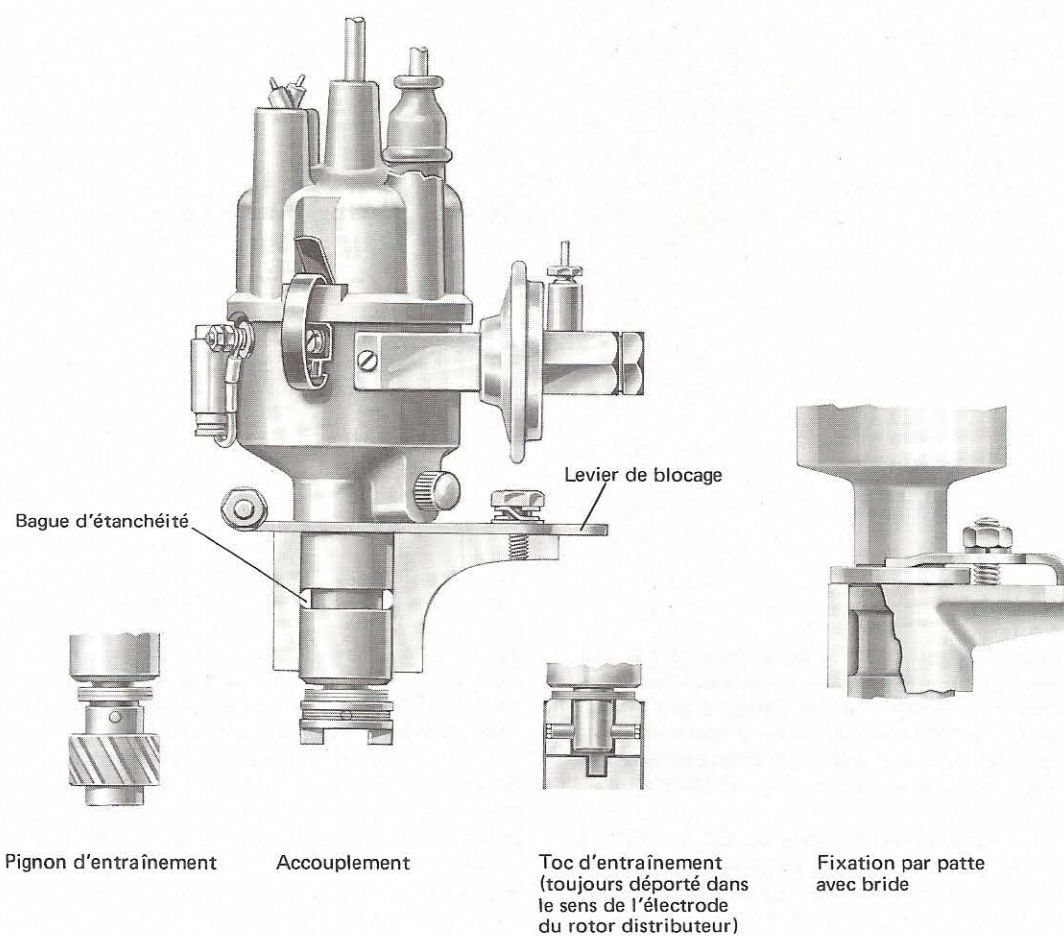


Fig. 46 Raccordement des câbles d'allumage aux bobines par connecteur mâle et à l'allumeur à sorties verticales.

Fig. 47 Montage et entraînement de l'allumeur.



Entretien de l'équipement d'allumage

Presque toutes les pannes d'allumage sont imputables à un entretien insuffisant ou nul de l'équipement. Les récents progrès de la technique ont certes permis de créer des systèmes d'allumage électroniques ne demandant pour ainsi dire pas d'entretien (TSZ, HKZ). Mais plus de 95 % des véhicules à moteur à explosion sont encore équipés d'un allumage classique à bobine qui doit bénéficier d'un entretien approprié.

De temps à autre, avec un chiffon sec et propre, nettoyer les câbles d'allumage ainsi que les pièces isolantes telles que couvercles de bobines, têtes d'allumeurs, etc.

La tête d'allumeur est facilement démontable; de temps à autre, essuyer sa face interne et le rotor du distributeur avec un chiffon propre.

Les allumeurs ne comportant pas de graisseur disposent d'un graissage permanent. Les allumeurs, dont le palier de came nécessite une lubrification, doivent être regraissés tous les 15 000 kilomètres environ avec de l'huile à moteur d'été. Pour ce faire, déposer le rotor du distributeur et, au moyen de la jauge à huile, faire tomber quelques gouttes d'huile moteur sur le feutre de graissage. En remettant en place le rotor du distributeur et la tête d'allumeur, veiller à leur position correcte afin de leur éviter toute détérioration.

Les pièces du rupteur soumises à l'usure sont le toucheau, la came et les contacts. Pour leur éviter une

usure prématurée, ces pièces doivent également bénéficier d'un entretien. On enduit le toucheau et la surface de glissement de la came de graisse spéciale Bosch Ft 1 v 4, très consistante et ne gouttant pas à haute température. Cette graisse est fournie sous la référence 5 700 002 005 (50 g).

Remplacer les contacts encrassés et oxydés. Ne pas les limer ni les frotter avec un abrasif. Veiller à ce qu'ils soient toujours exempts d'huile ou de graisse. Au montage, les surfaces des contacts ne doivent jamais être souillées par de l'huile ou de la graisse, par exemple par des mains malpropres, sinon elles s'oxyderaient prématurément.

Après 20 000 km seulement, remplacer, si nécessaire, les contacts du rupteur. Si leur usure semble se manifester prématurément, on peut incriminer par exemple le condensateur d'allumage qui peut être défectueux ou de capacité mal adaptée à la bobine d'allumage. Peut-être les contacts sont-ils aussi mal réglés.

Après chaque remplacement des contacts, vérifier l'angle de came ou l'écartement des contacts, puis refaire le calage de l'allumage.

Lorsqu'on remplace un équipement d'allumage classique par un dispositif à éléments semi-conducteurs à déclenchement mécanique, il faut également échanger le rupteur utilisé jusqu'à présent contre un rupteur neuf.

La bobine, le transformateur d'allumage et le bloc de commande électronique, ne nécessitent aucun entretien.

Fig. 48 Contrôle de l'allumage avec un pistolet stroboscopique. ►

Contrôles et essais

Généralités

Contrôles, essais ou tests ont des significations très voisines, mais ces termes introduisent aussi une différenciation. L'expression "faire l'essai" s'applique aux opérations de contrôle effectuées sur bancs d'essais en usine soit sur un produit fini, soit à la suite d'une réparation. L'essai des pièces a lieu avant assemblage et montage.

Par contre, nous parlerons de tests ou de contrôles à propos de vérifications faites sur les groupes ou sur les organes à l'état monté, par exemple au cours des inspections périodiques en atelier, ou après l'apparition de perturbations. Les équipements modernes de contrôle sont nombreux, simples à utiliser et offrent toute sécurité pour le personnel et les machines sur le plan de

la protection contre les hautes tensions, les pièces en rotation et l'émission de gaz toxiques.

Le contrôle consiste soit dans une mesure, soit dans un examen "oui/non" (par lampe témoin p. ex.). L'adoption d'un ordre de contrôle bien déterminé se révèle très importante et même indispensable pour localiser rapidement la cause de l'anomalie. Pour chaque sorte de test, Bosch possède un "contrôleur" approprié. Il existe également des dispositifs combinés permettant de rationaliser le déroulement des opérations en atelier. Ces dispositifs, connus sous le nom de "Pupitres d'analyse Bosch", conviennent au contrôle de l'ensemble de l'installation électrique d'un véhicule ainsi que de tous les organes et du câblage du dispositif d'allumage par batterie. Une commande par clavier à touches permet d'effectuer tous les contrôles avec une extrême facilité (voir vue ci-contre).



Contrôle du système d'allumage par batterie

Le tableau ci-dessous donne un aperçu des tests qui peuvent être effectués et des dispositifs disponibles à cet effet. Ce répertoire, qui ne prétend pas être complet, ne saurait remplacer aucun manuel de contrôle. Si vous avez un problème particulier quant au contrôle de votre équipement d'allumage, adressez-vous à votre concessionnaire Bosch. L'organisation Après-Vente Bosch vous propose un examen complet de votre circuit d'allumage et vous conseillera dans tous les problèmes relatifs à l'électricité automobile.

Organe à contrôler	Contrôles	Contrôleurs la plupart incorporés dans le pupitre d'analyse Bosch
Batterie (12 V)	1. Tension de batterie au démarrage du moteur. La tension ne doit pas être inférieure à la tension minimum prescrite: 9,0 V. 2. Densité de l'électrolyte. 3. Niveau de l'électrolyte: 10 à 15 mm au-dessus de l'arête supérieure des plaques. 4. Polarité Attention: dans la grande majorité des cas, le pôle négatif est relié à la masse (châssis).	Voltmètre, Minitester Bosch Densimètre Eisemann Contrôleur de batterie
Bobine d'allumage pour SZ	1. Tension à l'enroulement primaire, entre borne 15 et masse, contact d'allumage mis et contacts du rupteur fermés. 2. Intensité du courant primaire (courant de repos). 3. Tension secondaire au démarrage du moteur et au régime maximum. 4. Résistance ohmique des enroulements primaire et secondaire. 5. Résistance additionnelle (lorsqu'elle existe).	Voltmètre Ampèremètre Oscilloscope de contrôle d'allumage Ohmmètre ou contrôleur d'allumage
Condensateur d'allumage Les contacts du rupteur doivent être ouverts	1. Isolation 2. Court-circuit à la masse 3. Résistance série 4. Capacité	Contrôleur de bobines d'allumage et de condensateurs ou oscilloscope de contrôle d'allumage
Allumeur Rupteur	1. Isolation de la tête d'allumeur entre les plots. 2. Angle de came ou écartement des contacts. 3. Pression d'appui des contacts (pression du ressort). 4. Période de l'allumage (décalage de came).	Contrôleur d'allumage ou oscilloscope de contrôle d'allumage Tachymètre-contrôleur d'angle de came Minitester Dynamomètre Contrôleur d'allumeurs ou banc d'essai pour allumeurs
Dispositif d'avance à l'allumage	Angle d'avance donné par l'avance centrifuge et par l'avance à dépression.	Pistolet stroboscopique ou banc d'essai pour allumeurs

Organe à contrôler	Contrôles	Contrôleurs la plupart incorporés dans le pupitre d'analyse Bosch
Câble d'allumage	Isolation	Examen visuel (fissures)
Bougie	1. Ecartement des électrodes. 2. Tension d'allumage requise. 3. Isolant céramique à l'état froid. 4. Etanchéité aux gaz sous air comprimé entre 12 et 15 bars. 5. Aspect de la bougie.	Jauge pour bougies Appareil d'essai et de nettoyage pour bougies d'allumage Examen visuel
Résistance d'antiparasitage	Résistance dans le rotor de distributeur et dans les embouts de bougies.	Contrôleur d'allumage, ohmmètre ou oscilloscope de contrôle d'allumage
Composition du mélange	Gaz d'échappement: teneur en oxyde de carbone.	CO-mètre

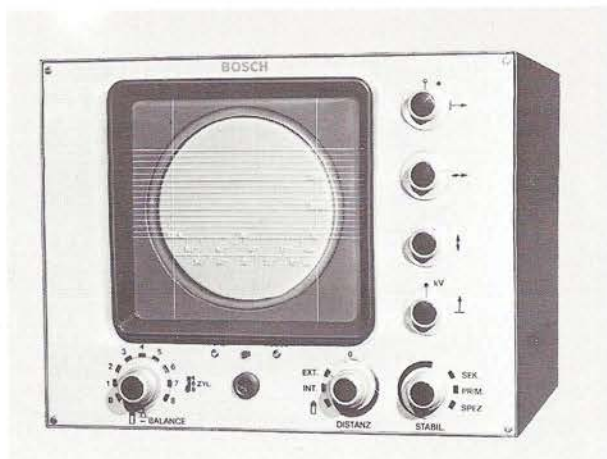


Fig. 49 Oscilloscope de contrôle d'allumage Bosch.

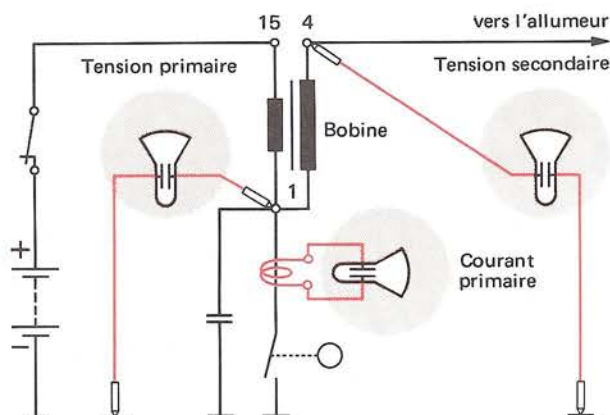
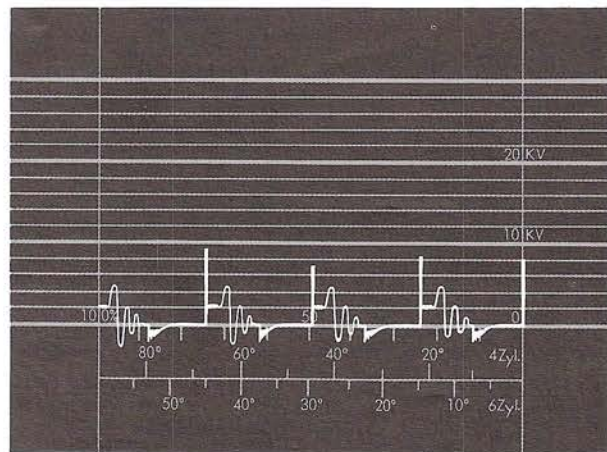


Fig. 50 Possibilités de raccordement de l'oscilloscope de contrôle sur l'équipement d'allumage par bobine (SZ).

Fig. 51 Oscillogramme de la tension secondaire de l'allumage par bobine d'un moteur à quatre cylindres. Inégalité de la tension d'allumage requise par les bougies.



Localisation rapide des défauts d'allumage

L'oscilloscope de contrôle d'allumage Bosch, livré séparément ou incorporé au pupitre d'analyse, permet de localiser rapidement les défauts d'allumage. Sur l'écran de l'appareil, on peut examiner les courbes de tension, en fonction du temps, des cycles d'allumage de chaque cylindre. On reconnaît les défauts de l'allumage en comparant les courbes obtenues aux courbes de référence correspondant à un fonctionnement parfait. C'est ainsi que l'écran met en évidence les anomalies suivantes:

Court-circuit entre spires des enroulements primaire et secondaire de la bobine d'allumage, provoqué par exemple par le grillage du vernis isolant des fils.

Enroulement secondaire coupé.

Contacts du rupteur encrassés ou oxydés.

Rebondissement des contacts quand le nombre d'étincelles par minute est élevé.

Condensateur d'allumage défectueux.

Coupure dans le circuit d'allumage.

Isolation haute tension défectueuse.

Résistance d'antiparasitage défectueuse.

Inégalité de la tension d'allumage aux bougies.

Bougies défectueuses.

Ratés d'allumage.

Décalage de came: la période de l'allumage s'est modifiée par suite de l'usure de la came ou de son décalage sur l'arbre à came.

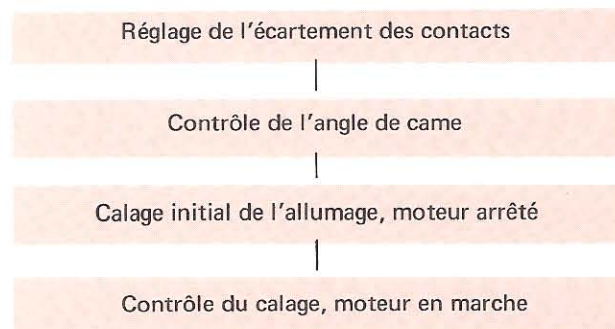
Chacune de ces pannes entraîne une modification caractéristique de l'image de la tension primaire ou secondaire; avec l'aide d'instructions d'emploi détaillées, et un peu d'expérience dans l'interprétation des courbes, on peut rapidement identifier pannes et défauts éventuels.

En exemple, nous donnons ci-contre la représentation de l'inégalité de la tension d'allumage aux bougies d'un moteur à quatre cylindres. Nous pouvons voir, figure 74, que la longueur de l'aiguille d'ionisation permet de mesurer la tension d'allumage. La différence avec l'image normale de référence consiste ici dans l'inégalité de la longueur des aiguilles. A l'aide des lignes horizontales de la grille, dont l'espacement représente 2 kV, on peut évaluer correctement la tension d'allumage. Dans notre exemple, suivant l'ordre d'allumage de la droite vers la gauche, nous obtenons les tensions de 8 kV, 8,5 kV, 7 kV et 9 kV. Les différences de tension allant jusqu'à 2 kV ne nuisent pas au fonctionnement du moteur. En cas d'écarts plus importants, il faut d'abord vérifier si l'écartement des électrodes est le même sur toutes les bougies. Afin de déceler si l'anomalie provient du moteur, on permute les bougies: lorsque la position des aiguilles sur l'écran reproduit cette permutation, ce sont les bougies qu'il faut incriminer, et le moteur dans le cas contraire.

Pour exécuter le "test des bougies", on accélère le moteur en mettant brusquement les gaz à fond. La tension d'allumage s'élève alors et les aiguilles s'allongent. Le test consiste à vérifier si l'élongation des aiguilles est à peu près *uniforme*. Ici également, des différences de l'ordre de 2 kV sont admissibles.

Calage initial de l'allumage sur le moteur

Après le montage de l'équipement d'allumage, de même qu'après tout remplacement de contacts, il est indispensable de vérifier le calage de l'allumage et, le cas échéant, de procéder à un nouveau réglage. Pour ce faire, respecter exactement l'ordre des opérations prescrites.



Calage initial de l'allumage, moteur arrêté

Tourner le moteur à la main jusqu'à ce que le repère de calage, qui se trouve sur le volant moteur ou sur la poulie de vilebrequin, coïncide avec le repère fixe marqué sur le bloc moteur. Dans cette position du moteur (position des pistons), le repère mobile du rotor de distributeur doit également coïncider avec le repère fixe du boîtier de l'allumeur. Dans le cas contraire, desserrer la vis de blocage de l'allumeur et tourner le boîtier jusqu'à ce que ces repères se recouvrent exactement.

On vérifie alors le point d'allumage à l'aide d'une *lampe d'essai* qui sera raccordée à la borne 1 de la bobine d'allumage et à la masse. Le contact d'allumage est mis. On fait tourner la poulie de vilebrequin d'environ 90° dans le sens inverse au sens de rotation du moteur, afin d'éliminer le jeu entre le vilebrequin et l'arbre de l'allumeur. Lorsqu'on ramène la poulie en arrière, la lampe ne doit s'allumer, si l'allumage est bien réglé, qu'au moment où les repères coïncident. A cet instant précis, les contacts du rupteur s'ouvrent. Il ne faut pas oublier que le contrôle à l'aide de la lampe d'essai ne fonctionne que si les contacts sont propres et si le condensateur d'allumage est en bon état, c'est-à-dire s'il ne présente aucun court-circuit à la masse ni aucune coupure.

Serrer alors la vis de blocage de l'allumeur de manière à permettre encore le réglage précis du point d'allumage, moteur en marche, et de façon à éviter que les vibrations du moteur ne fassent pivoter involontairement l'allumeur.

Contrôle du calage avec le pistolet stroboscopique, moteur en marche

Si l'allumeur comporte un correcteur à dépression, débrancher le flexible à dépression. Dans le cas d'un correcteur à dépression jumelé (sens "avance" et "retard"), débrancher les deux flexibles.

Raccorder le pistolet stroboscopique au premier cylindre.

Faire tourner le moteur à la vitesse du démarreur. Pour éviter qu'il ne démarre, déconnecter les embouts des autres bougies. En l'absence de spécifications du constructeur relatives à une vitesse plus élevée, procéder au contrôle du calage à la vitesse transmise au moteur par le démarreur.

Vérifier le calage au moyen du pistolet stroboscopique. Si nécessaire, parfaire le calage en opérant de la manière suivante: tourner l'allumeur jusqu'à ce que le repère mobile, qui se trouve sur le volant ou sur la poulie et sur lequel on projette les éclairs du pistolet, coïncide avec le repère fixe (flèche noire). Au serrage des vis, le repère du volant ne doit pas se déplacer. Il existe toutefois des moteurs dont le point d'allumage, à la vitesse communiquée par le démarreur, est décalé de quelques degrés avant le PMH.

Remarques sur le contrôle du calage avec le pistolet stroboscopique

Le contrôle du calage sur le moteur en marche repose sur l'effet stroboscopique. Une lampe-flash (lampe stroboscopique) incorporée dans le pistolet projette un éclair au moment où se produit l'allumage. Eclairé par le faisceau d'éclairs, le repère du volant ou de la poulie en rotation paraît immobile. Le calage initial se fait le plus souvent à la vitesse du démarreur (50 tr/mn environ), pour laquelle on est sûr que le dispositif d'avance centrifuge n'entre pas encore en jeu. Par exemple, le seuil de réponse de l'avance centrifuge des moteurs VW se situe entre 400 et 450 tr/mn, à 150 pour les moteurs Ford et juste au-dessus de la vitesse du démarreur pour les moteurs Opel. A la vitesse de ralenti (600 à 900 tr/mn), l'avance serait déjà sensible.

Depuis peu, les constructeurs tendent à prescrire le contrôle de l'allumage à des vitesses plus élevées: par exemple, Mercedes-Benz 280 (avec système antipollution) à 3 000 tr/mn et 31 à 39° d'avance. Mais le contrôle du point d'allumage à ces vitesses n'est rien d'autre qu'un test de l'angle d'avance. Dans le cas de décalage en direction "avance", le repère mobile éclairé par les éclairs du pistolet se déplace en sens opposé au sens de rotation du moteur. L'angle donné ici pour le calage (repère fixe) est identique à l'angle d'avance et fournit donc une indication sur cette avance. Si le contrôle est effectué, flexibles de dépression débranchés, il s'agit donc uniquement de l'angle d'avance donné par le dispositif centrifuge. On comparera cet angle d'avance aux valeurs prescrites correspondant à la courbe de pleine charge. En cas d'écarts notables, démonter l'allumeur et le faire contrôler.

Pour le contrôle de l'avance à dépression, on rebranche les flexibles sur l'allumeur. Le déplacement du repère mobile est alors accentué. Pour la dépression maximum, on mesure l'avance totale. La différence entre l'avance totale et l'avance centrifuge représente l'avance à dépression seule.

Exemple:

Avance totale	30°
Avance centrifuge	12°
Avance à dépression	18°

La condition première d'un contrôle précis de l'angle d'avance est que la vitesse du moteur et la dépression demeurent absolument constantes. C'est pourquoi on utilise le tachymètre-contrôleur d'angle de came et le contrôleur de dépression.

Bosch fabrique plusieurs modèles de pistolets stroboscopiques de contrôle d'allumage, fonctionnant soit sur secteur, soit sur batterie. Le déclenchement des éclairs requiert une tension de 500 volts. Le pistolet alimenté par batterie possède un générateur d'impulsions magnétique qui lui fournit cette tension. Les éclairs sont déclenchés au rythme de l'allumage par l'intermédiaire

d'un circuit transistorisé. Alors qu'on était naguère obligé de disposer une graduation sur le volant ou sur la poulie du moteur, une grande simplification est intervenue. En effet, le pistolet stroboscopique 0 681 101 107 est équipé d'un appareil de mesure sur la graduation duquel on lit directement l'angle d'avance. Pour cela, il suffit de tourner la molette de réglage jusqu'à ce que, comme pour le calage initial, le repère mobile revienne coïncider avec le repère fixe. L'aiguille de l'instrument se déplace vers la droite et indique l'angle d'avance sur le cadran. Certains moteurs comportent une graduation fixée à demeure sur le volant par les soins du constructeur.

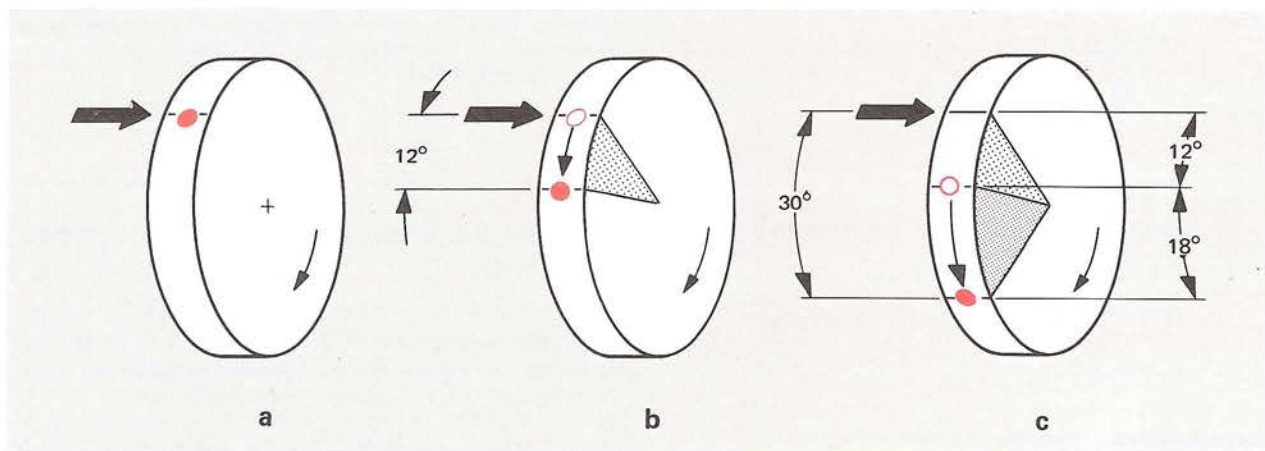


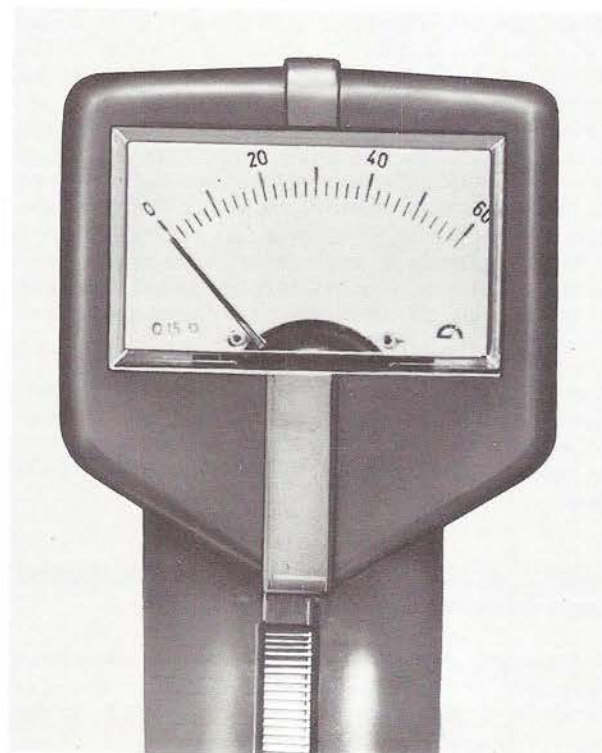
Fig. 52 Le déplacement du repère mobile éclairé par rapport au repère fixe représente l'angle d'avance.

- a Angle d'avance nul
- b Angle d'avance en fonction de la vitesse
- c Angle d'avance en fonction de la charge (correction pour un moteur en charge partielle)

Fig. 53 Pistolet stroboscopique fonctionnant sur batterie.



Fig. 54 Appareil de mesure du pistolet stroboscopique.



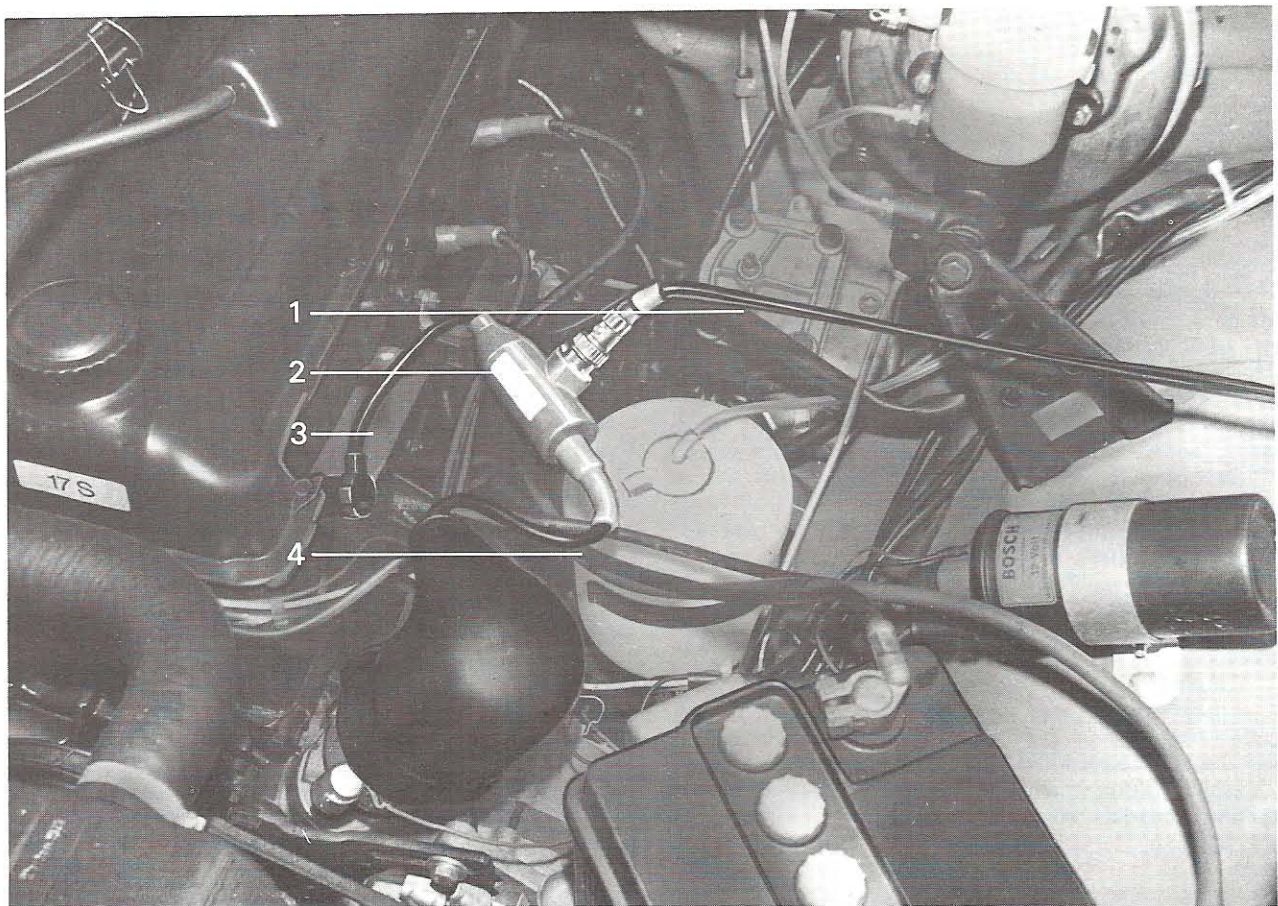


Fig. 55 Raccordement sur le moteur du pistolet stroboscopique.

- 1 Câble du pistolet
- 2 Générateur d'impulsions magnétique
- 3 Câble du générateur avec embout de bougie (cyl. 1)
- 4 Câble d'allumage relié à l'allumeur (cyl. 1)

Antiparasitage

Partout où des étincelles électriques jaillissent, il y a production simultanée d'ondes électromagnétiques. Leur rayonnement perturbe gravement la réception de la radiodiffusion, de la télévision et de la radiotéléphonie. Tous les équipements reposant sur le principe de l'allumage par bougie à haute tension, avec éclatement d'étincelles, sont à mettre au premier rang des émetteurs de parasites. Les autres sources perturbatrices que recèle un véhicule automobile — par exemple génératrices et régulateurs, petits moteurs d'essuie-glace, de chauffettes et de ventilateurs — ne sont, en comparaison, que d'importance minime mais doivent toutefois être également antiparasités. L'antiparasitage est d'autant plus efficace que les éléments antiparasites sont montés le plus près possible du foyer de parasites. Les principaux éléments d'antiparasitage sont représentés par des résistances ohmiques, des condensateurs, des inductances (selfs) et des blindages de câbles reliés à la masse. On distingue deux classes d'antiparasitage des installations électriques: antiparasitage simple, antiparasitage renforcé.

L'antiparasitage simple est défini par des directives propres à chaque pays. Suivant ces prescriptions, toutes les installations électriques de bord doivent être antiparasitées d'une manière suffisamment efficace pour qu'une réception non perturbée soit assurée à l'extérieur du véhicule. Depuis 1958, les firmes automobiles allemandes munissent toutes leurs fabrications d'éléments d'antiparasitage.

L'antiparasitage renforcé prévoit des dispositions supplémentaires contre les sources perturbatrices du véhicule, afin de permettre, à l'intérieur du véhicule même, une réception sans parasites de la radio et du radiotéléphone.

La législation n'exige pas l'antiparasitage renforcé, mais celui-ci se révèle actuellement indispensable. Les éléments prévus pour l'antiparasitage simple ne suffisent pas à assurer un antiparasitage renforcé satisfaisant. C'est pourquoi Bosch livre sur demande des éléments supplémentaires pour tous les véhicules de fabrication allemande et pour les véhicules des principales marques étrangères, dans la mesure où ils disposent déjà d'un antiparasitage simple.

Les bandes de modulation de fréquence (F. M.) des autoradios, radiotéléphones et radiogoniomètres exigent un antiparasitage encore plus poussé de l'équipement d'allumage. Pour la seule réception F. M., des mesures spéciales doivent être prises, par exemple utilisation d'embouts partiellement blindés ou résistances d'antiparasitage plus fortes. Un antiparasitage efficace dans le domaine de la réception. F. M./Stéréo, de la radiotéléphonie et de la radiogoniométrie requiert l'utilisation de têtes d'allumeur métallisées, de câbles d'allumage blindés et de condensateurs d'antiparasitage sur les bobines d'allumage. Il existe également des bobines d'allumage blindées. En outre, dans beaucoup de cas, le condensateur d'allumage sert également à l'antiparasitage. Quant aux équipements électroniques, ils font l'objet de mesures complémentaires spéciales.

La recherche d'un antiparasitage très soigné de l'équipement d'allumage par batterie présente certaines difficultés. En effet, chaque élément antiparasite supplémentaire représente une charge pour le circuit d'allumage et, par conséquent, une baisse d'énergie qui ne peut être compensée que si l'on dispose d'une source d'énergie d'allumage de puissance suffisante.

Tableau des abréviations utilisées dans cet ouvrage

L_1	Inductance du primaire de la bobine d'allumage
L_2	Inductance du secondaire de la bobine d'allumage
C_a	Capacités des enroulements et du câblage du circuit d'allumage
R_a	Résistance de dérivation
U_B	Tension de la batterie
U_i	Contre-tension induite dans l'enroulement primaire
U_w	Tension efficace du circuit primaire ($U_w = U_B - U_i$)
t_o	Point d'ouverture des contacts du rupteur
t_z	Point d'allumage