

<b><u>NOTICE</u></b> <b><u>TECHNIQUE</u></b>	<b>N° : 018 b</b>	<b>Date :17 / 05 / 05</b>	<b>Révisée le : 21/02/08</b>
---	-------------------	---------------------------	------------------------------

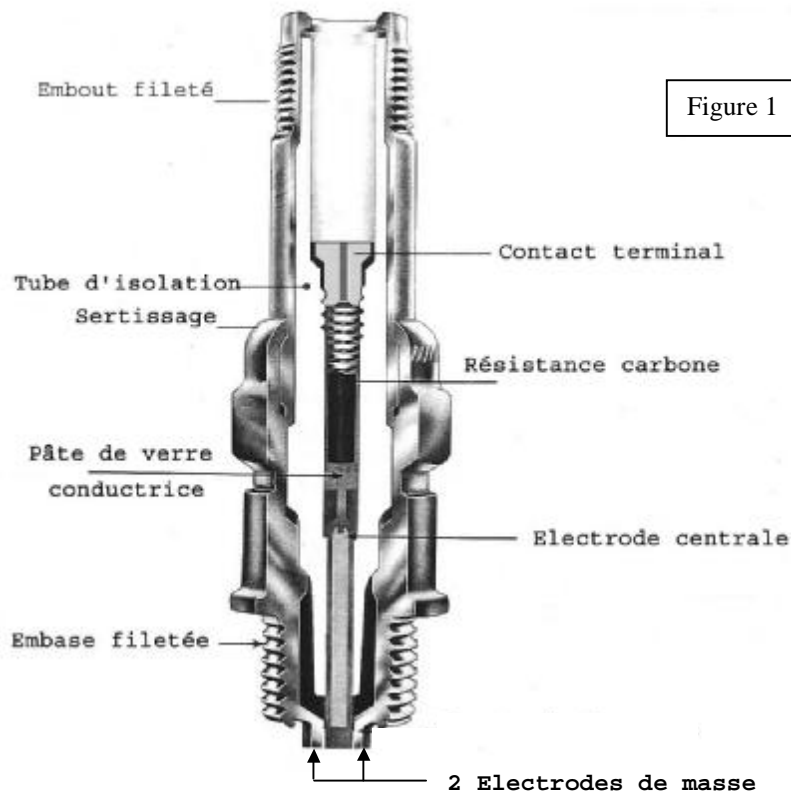
## BOUGIES d'ALLUMAGE

1 ) **Fonction** : Le rôle de la bougie est d'amener l'énergie d'allumage dans la chambre de combustion et d'amorcer l'inflammation du mélange air-carburant par l'étincelle électrique qui jaillit entre les électrodes.

Les bougies d'allumage subissent de très importantes contraintes :

- Electriques, elles doivent résister à des tensions de l'ordre de 30 000 volts.
- Mécaniques, les pressions peuvent atteindre plus de 60 kg/cm<sup>2</sup>.
- Thermiques, les températures extrêmes vont de - 60° à plus de 950° lors de la combustion.

2 ) **Conception** : La bougie que nous utilisons couramment en aviation est constituée de métal, de céramique et de verre . Elle comprend trois parties principales : ( voir figure 1 )



- 1 ) Le corps métallique est la partie visible de la bougie et comprend à la partie supérieure l'embout fileté de connexion au câble haute tension, et en partie inférieure une embase filetée qui se visse dans la culasse du moteur. L'embase comprend une partie de forme hexagonale, permettant de serrer la bougie avec une clé. Les 2 parties sont serties ensemble.
- 2 ) Le tube d'isolation en céramique ( en réalité en oxyde d'alumine  $Al_2O_3$  )
- 3 ) L'ensemble électrode qui comprend, en partant de l'embout fileté, le contact terminal qui fait la jonction avec le câble HT, une résistance ( environ 1500  $W$  ) dont le but est de réduire l'extra-courant d'étincelle qui contribue à l'érosion de l'électrode ; enfin l'électrode centrale cylindrique est faite en cuivre gainé extérieurement de nickel .Elle est scellée à la résistance par une pâte de verre conductrice . L'électrode ou plutôt les électrodes extérieures ou de masse ( au nombre de 2, en ce qui nous concerne ) font partie de l'embase filetée et sont disposées latéralement. Elles sont constituées d'un alliage à base de nickel.

Figure 2



3 ) **Identification** : Une grande part des bougies utilisées en aviation légère sont de marque Champion , et dans cette marque les trois principales références sont

- **REM 37 B Y** ( Voir figure 2 )
- **REM 40 E** ( Voir figure 3 )
- **REM 38 E** (même photo que 40E )

Figure 3



Bougie REM 40 E

- Le " **R** " signifie que la bougie comporte une résistance de protection à l'érosion.
- Le " **E** " correspond à l'embout 5/8-24 ( Il existe le « H » qui correspond à un embout 3/4 -20 pour les bougies « tout temps »
- Le " **M** " précise : le filetage de l'embase ( 18 mm-pas 150 )
  - : la longueur filetée (1/2 « soit 12,7 mm : short reach)
  - : la dimension sur plat de l'hexagone de l'embase ( ici 7/8 » 22,2 mm )
- Les nombres **38, 40** et **37** correspondent au degré thermique de la bougie, nous développerons cette notion plus loin. Une valeur basse est attribuée à une bougie froide, une valeur élevée à une bougie chaude.
- Les dernières lettres concernent les électrodes : Le " **E** " et le " **B** " indiquent 2 types d'électrodes et le " **Y** " précise qu'elles sont extérieures.

Figure 4



REM 37 BY

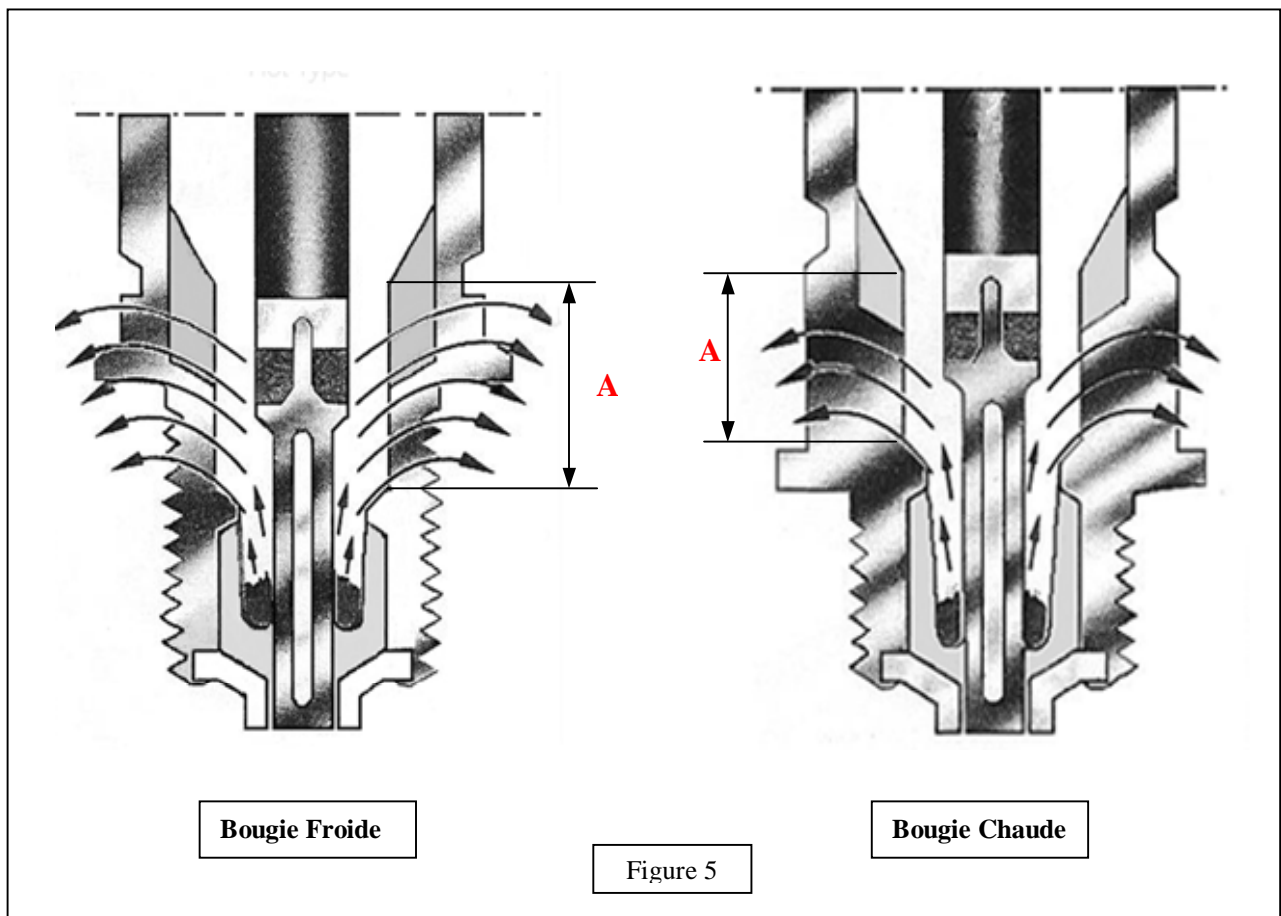
REM 40 E

4 ) **Degré thermique** : Il correspond à l'efficacité pour la bougie à évacuer la chaleur loin de la zone d'allumage vers la culasse du moteur.

Rappelons que 90 % de la chaleur à évacuer l'est par la culasse moteur via le filetage de l'embase, 5 % par la partie centrale de la bougie, et 5 % par l'embout supérieur.

La pratique montre que la température d'une bougie doit rester entre certaines limites. Dans le cas d'un moteur plus « chaud » les bougies devront évacuer plus de calories que dans le cas d'un moteur froid.

On y parvient en modifiant la forme de la partie basse du tube d'isolation en céramique. Si l'on rapproche le tube d'isolation des parois internes de l'embase filetée, la quantité de chaleur évacuée par conduction sera plus importante, on aura ainsi une bougie plus froide. On utilisera donc une bougie dite « froide » pour un moteur chaud. (Voir figure n° 5 )



Remarque : La bougie doit être assez froide pour limiter les risques d'auto- allumage, mais aussi assez chaude pour limiter l'accumulation des dépôts de combustion.

Une bougie **chaude** a une électrode centrale plus longue, et la partie **A** du tube d'isolation en céramique est plus courte ce qui ralentit l'évacuation de la chaleur vers la culasse.

5 ) **Maintenance**. Compte tenu du coût relativement élevé d'un jeu de bougies ( 8 bougies dans le cas qui nous concerne ) soit environ 250 à 300 €TTC à ce jour, il apparaît souhaitable de conserver ces bougies en état de fonctionner le plus longtemps possible.

On admet selon l'utilisation du moteur qu'un jeu de bougies peut durer environ 300 heures.

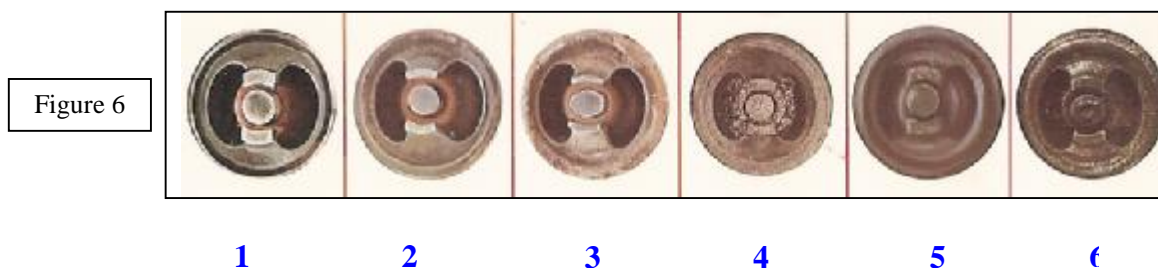
Dans le cas du Robin DR 400, le programme constructeur impose de vérifier l'état des bougies toutes les 50 heures de fonctionnement moteur. Ceci implique le démontage des bougies et leur remplacement par un autre jeu préparé à l'avance.

Lors d'un démontage, les bougies seront placées dans un rack numéroté d'une part selon le n° du cylindre et aussi selon la position de la bougie sur le cylindre ( haute ou basse ). Cette opération permettra d'observer l'état des bougies donc du cylindre correspondant.

### 5-1 Défauts courants : ( Voir Figure 6 )

Les photos ci-dessous indiquent les principaux défauts constatés, selon l'apparence des bougies :

- 1 ) Bougie normale qui présente un temps d'utilisation court ( quelques heures ). Le jeu entre électrodes semble normal.
- 2 ) Bougie usée normalement et complètement . Les 2 électrodes de masse sont usées à la moitié de leur dimension d'origine. A remplacer.



- 3 ) Bougie très usée, l'électrode centrale s'est ovalisée au-delà des limites permises.  
A remplacer
- 4 ) Bougie encrassée par le plomb de l'essence. Dépôts en forme de scories. Le moteur fonctionne trop froid.
- 5 ) Bougie encrassée par le carbone. Dépôts de suie noire, provenant d'une durée de ralenti excessive au sol, d'un mélange trop riche en essence, ou d'un type de bougie trop froide.
- 6 ) Bougie encrassée par l'huile, le défaut peut provenir d'une usure d'un des segments racleurs ou d'un jeu excessif des guides de soupapes.

**5-2 Démontage** : Le desserage des bougies commence par le démontage des écrous de fixation des câbles HT. à l'aide d'une clé plate de 19 mm. Vérifier que le câble ne se tord pas lors du desserage sinon bloquer l'embout de câble par une clé plate de 11 mm . Cette manœuvre est souvent nécessaire lors du remontage de l'écrou.

On procède ensuite au démontage des bougies à l'aide d'une clé à pipe de 7/8 ième de pouce ou mieux avec une clé à cliquet et d'une douille de 7/8 ième dont les parois sont plus fines et pénètre ainsi mieux entre les ailettes du cylindre.

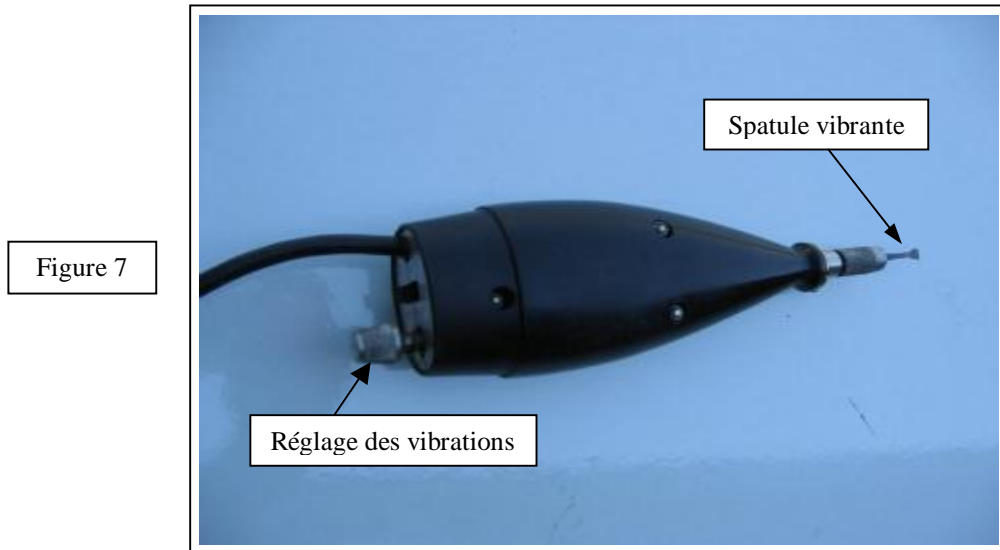
**5-3 Brossage** : La partie inférieure des bougies ( l'embase ) est ensuite nettoyée avec une brosse rotative fixée sur un touret, pour le filetage et les électrodes.

**5-4 Décrassage** : Cette opération consiste à retirer la calamine située autour des électrodes. La meilleure façon pour éviter d'endommager la porcelaine est d'utiliser

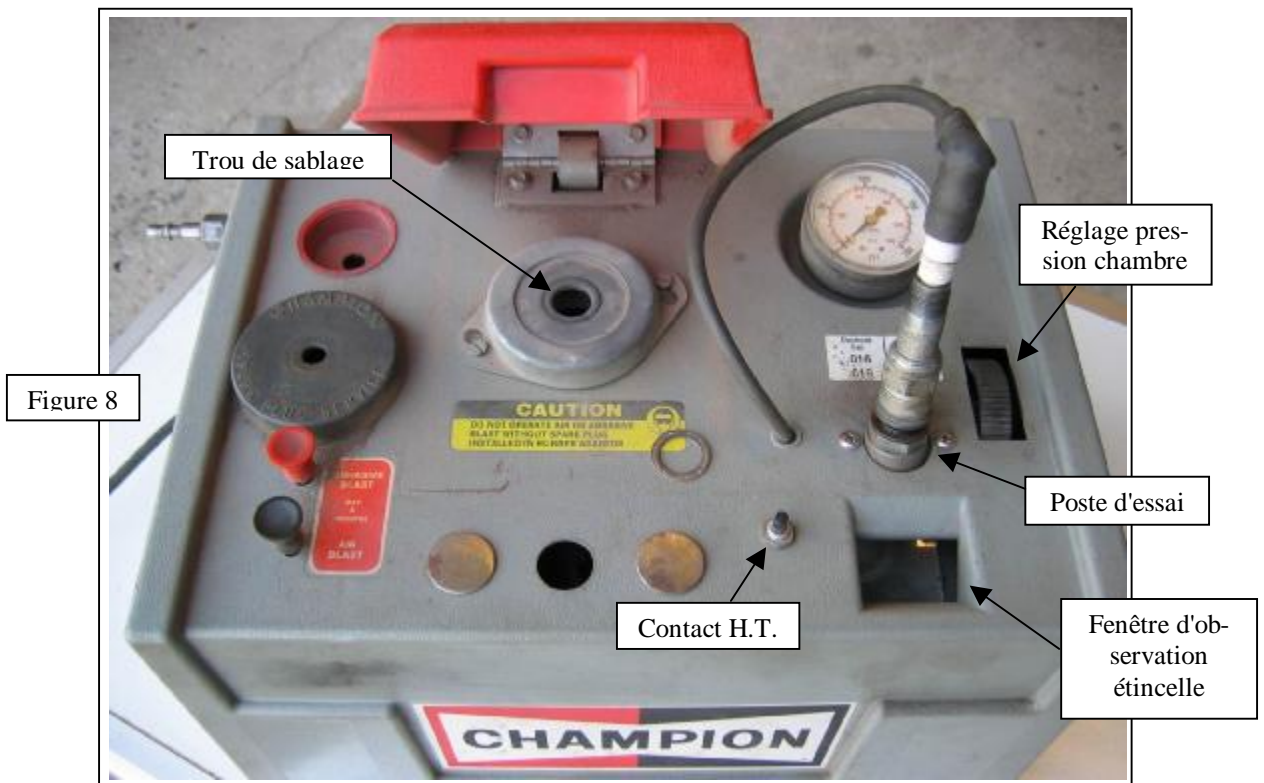


un appareil avec une spatule vibrante ( Voir Figure 7 ) . L'opération est un peu longue mais indispensable pour obtenir une bougie propre. On peut également s'aider d'un pic de dentiste qui possède une pointe fine et permet de nettoyer derrière les électrodes.

Remarque : Les bougies qui calament le plus sont les bougies inférieures sur les cylindres horizontaux.



**5-5 Sablage** : Le nettoyage final peut être réalisé à l'aide d'une sableuse telle que montrée sur la figure 8 ; ce sablage donne un fini parfait et ménage l'isolant.



**5-6 Vérification de l'écartement des électrodes (Gap)** : L'étincelle entre les électrodes se comporte comme l'arc de la soudure électrique, c'est-à-dire que des particules métalliques sont transférées d'une électrode vers l'autre, mais contrairement à l'arc, toutes les particules émises ne sont pas récupérées par l'électrode en vis à vis, ce qui fait qu'à la longue il se crée une usure des électrodes.

L'électrode centrale ronde au départ finit par s'ovaliser ( figure 10 ). Les électrodes de masse, qui étaient courbes au départ, restent courbes mais leur épaisseur diminue.

Remarque : Le courant délivré par les magnétos étant sinusoïdal, le sens des particules s'inverse d'un cylindre à l'autre, ce qui fait que l'usure s'inverse également. En toute logique, il faudrait repérer la position de chaque bougie lors du démontage

pour pouvoir les décaler d'un cylindre à chaque remontage et ainsi mieux répartir l'usure.

C'est d'ailleurs ce que préconise le fabricant de bougie , selon le tableau ci-dessous.

En réalité cette opération est très fastidieuse pour un gain qui n'est pas très évident.

<b>Retirer la bougie de la position :</b> ( n° cylindre+ position bougie )	<b>1</b> haut	<b>3</b> bas	<b>2</b> haut	<b>4</b> bas
<b>Remettre la bougie en position :</b> ( n° cylindre + position bougie )	<b>3</b> bas	<b>2</b> haut	<b>4</b> bas	<b>1</b> haut

Le jeu entre électrodes qui, pour les bougies et les moteurs que nous considérons doit être réglé à

**0,41 mm ( 0,016 " )**

Ce jeu se mesure avec une jauge mini/maxi composée de 2 fils d'acier calibrés à 0,38mm ( 0.015 " ) et 0,48mm ( 0.019 " ) . La jauge mini doit passer, alors que la maxi ne passe pas.

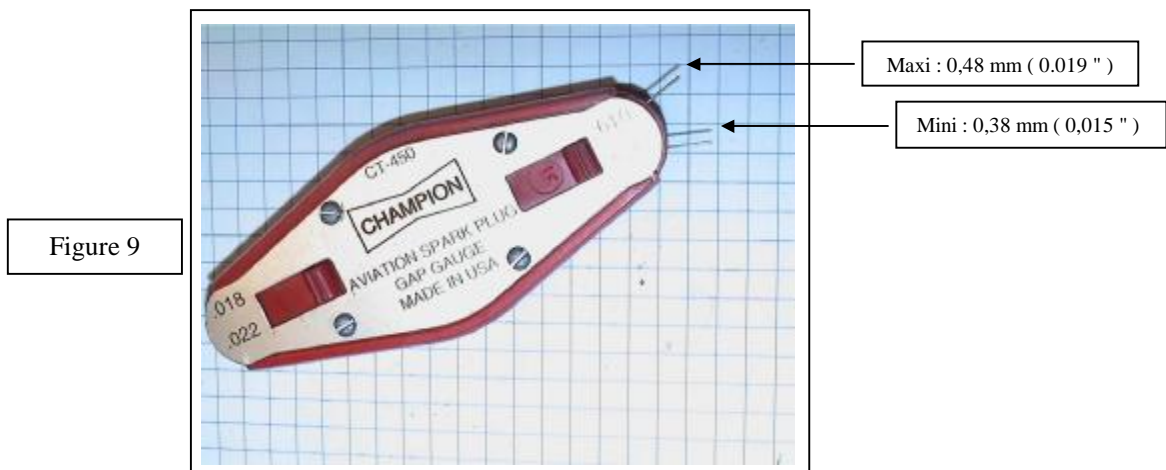


Figure 9

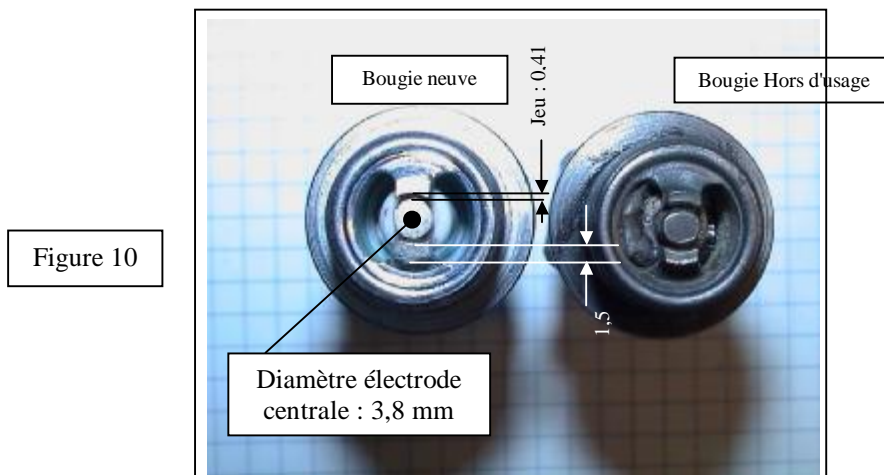


Figure 10

Lorsque le jeu dépasse la valeur prescrite par la jauge maxi , il faut redonner aux électrodes leur écartement normal. Comme l'électrode centrale est fixe, la compensation ne peut s'effectuer qu 'en rapprochant la ou les électrodes de masse. Cette opération est délicate car il ne faut surtout pas prendre appui sur l'électrode centrale ce qui briserait l'isolant à tout coup.

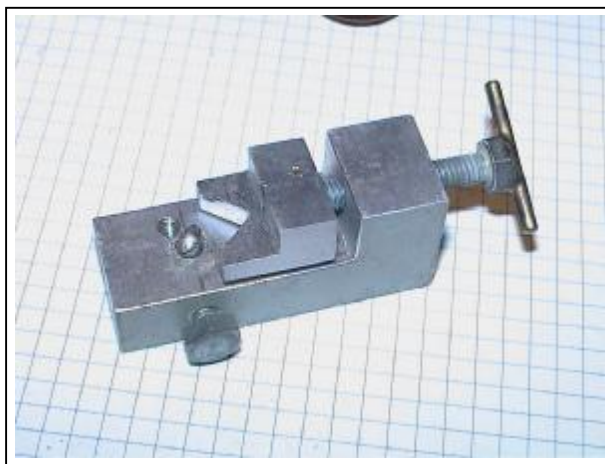
On peut facilement réaliser au tour, ce petit outil ( figure 11 ) qui consiste en un cylindre dans lequel on introduira la bougie tandis qu'une vis viendra prendre appui sur une des électrode de masse.

Figure 11



De même, en cas de rapprochement exagéré d'une électrode de masse , l'outil suivant (figure 12 ) permettra de l'écarter, toujours sans prendre appui sur l'électrode centrale.

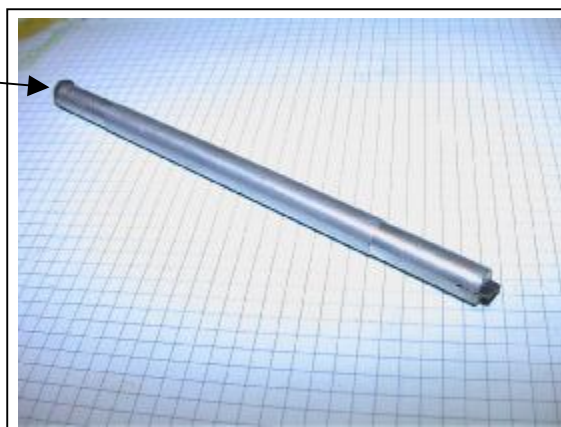
Figure 12



**5-7 Nettoyage du contact terminal** : Il se peut qu'à la longue le contact du ressort qui prolonge le fil HT créé du « charbonnage » sur le contact terminal de la bougie dans l'embout fileté. On peut utiliser pour nettoyer ce contact, une tige en dural de diamètre 9 mm au bout de laquelle on aura adapté une pastille de toile émeri fine avec de l'adhésif double face.

Pastille de toile émeri

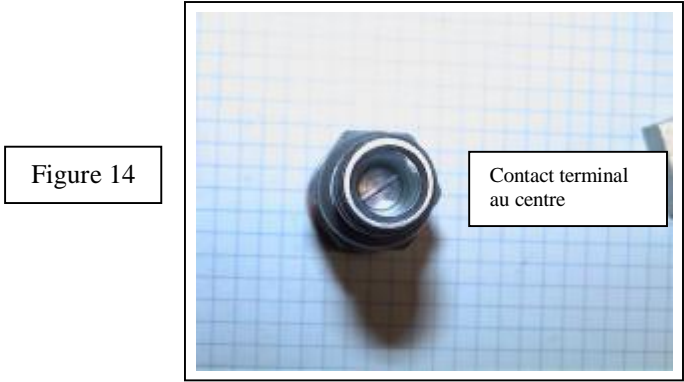
Figure 13





↑  
Lame de scie

Remarque : Le contact terminal possède une fente à la manière d'une vis.( voir figure14 )  
 On pourra avantageusement utiliser l'autre extrémité de la tige en insérant un morceau de lame de scie faisant office de tournevis. On peut ainsi présenter plus facilement la bougie devant son logement et amorcer manuellement les premiers tours à la manière d'un tournevis.



**5-8 Essai des bougies :** En fin d'opération, on peut procéder aux essais des bougies sur l'appareil de test fabriqué par Champion ( Model CT-475 AV ) voir figure 8  
 Cet appareil présente l'avantage d'effectuer le test sous pression ( 8 bars ) , c'est-à-dire dans les conditions réelles de fonctionnement des bougies.

Le générateur Haute Tension intégré à l'appareil déclenche l'étincelle que l'on peut observer sur un miroir. Dans ces conditions on peut déceler les bougies en dérangement par suite de fissures sur le tube d'isolation, ce qui est difficile à vérifier par ailleurs.

**5-9 Peinture :** On pourra appliquer ensuite, une couche de peinture haute température, en masquant les filetages supérieur et inférieur avec du ruban adhésif.

**5-10 Marquage :** La phase finale consiste à effectuer le marquage des bougies avec une encre indélébile . Lorsque l'on gère plusieurs avions on dispose également de plusieurs jeux de bougies qui seront remis en état plusieurs fois . Il est donc important de les distinguer pour comptabiliser les heures. C'est pourquoi chaque bougie possède une lettre ou un numéro d'identification.

Le cumul des heures est suivi sur une fiche dont on a repris le modèle ci-dessous :

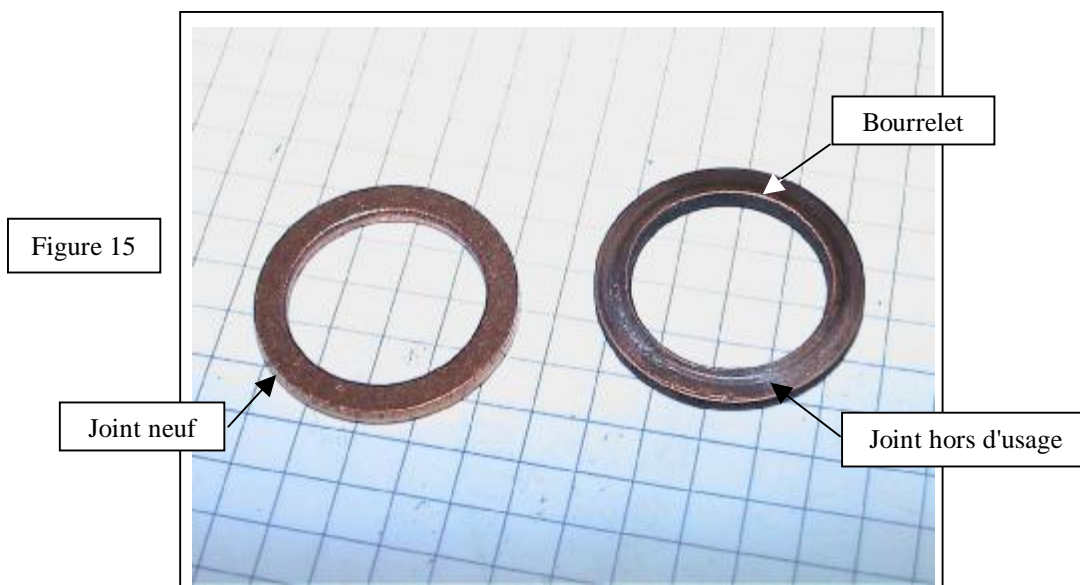
<b>Jeu : G                    SUIVI BOUGIES</b>					
Date	Posé sur	Déposé sur	Nb d'Heures	D Heures	Cumul
22/09/04	KO		4770		
24/11/04		KO	4817	47	47
23/03/05	KL		5381		
21/05/05		KL	5438	57	104

**5-11 Joint** : L'étanchéité Cylindre / Bougie est obtenue grâce à un joint cuivre qui s'écrase légèrement sous l'effort de serrage.

La figure 15 présente un joint neuf à gauche:

Diamètre extérieur : 24,6 mm  
Diamètre intérieur : 18,3 mm  
Epaisseur : 2 mm

et un joint hors d'usage à droite. On remarque qu'il se crée, un bourrelet à l'intérieur du joint ce qui met en cause l'étanchéité de la bougie, et le bon transfert de chaleur, à la longue.



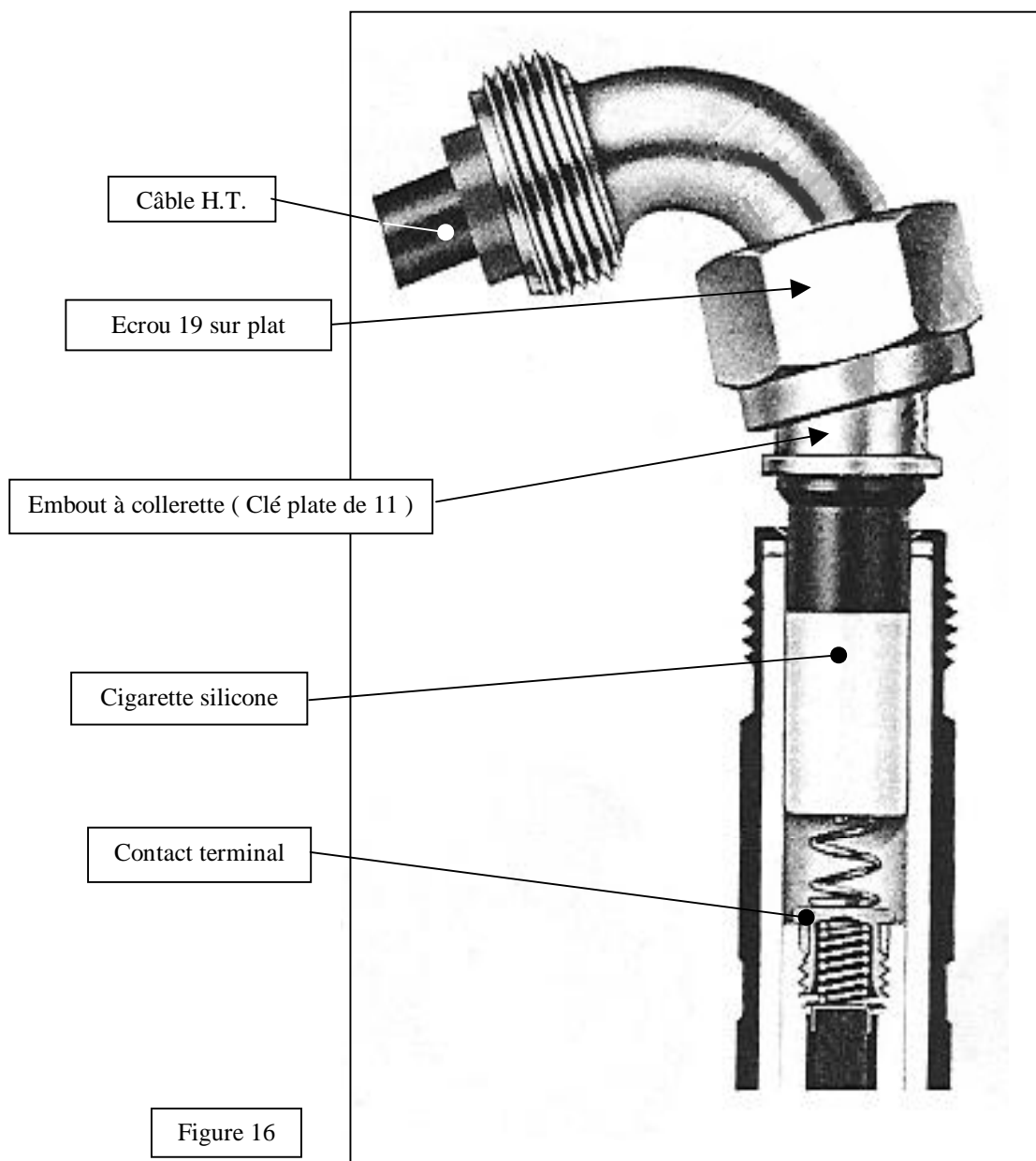
**5-12 Remontage des bougies** : Le remontage s'effectue sans difficulté, déposer une petite noix de graisse haute température ( molygraphite ) sur les premiers filets du culot de la bougie. Prendre soin de ne pas mettre de graisse sur l'extrémité de la bougie, ce qui gênerait son fonctionnement.

Engager les premiers filets avec la tige dural déjà citée puis poursuivre à la main jusqu'à obtenir un dur ; les derniers tours seront effectués à la clé à cliquet ou mieux à la clé dynamométrique équipée d'une douille longue 6 pans de 7/8 ".

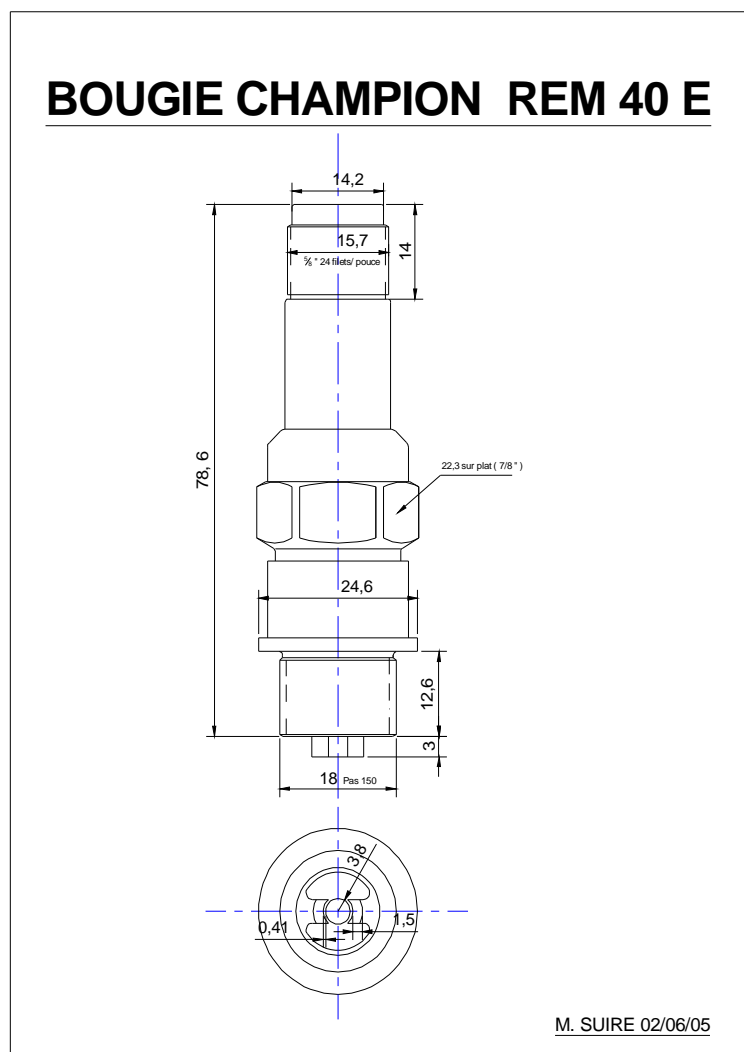
Le couple de serrage recommandé par Champion pour les moteurs Lycoming est de 30 à 35 ft .lbs soit 40 à 47 N. m

Remonter les écrous de fixation des câbles H.T.( figure16 ). Serrer d'abord,à la main à fond puis donner 1/8 de tour de clé plate de 19. Ne pas bloquer cet écrou pour éviter le découpage de la collerette de l'embout isolant ( appelé parfois cigarette ) . Retenir éventuellement et en même temps l'écrou avec une clé plate de 11 ce qui évite de tordre exagérément le fil de bougie.

Annexe 1 : Assemblage embout



Annexe 2 : Plan de la bougie REM 40 E





### Annexe 3 : Montage embout bougie.

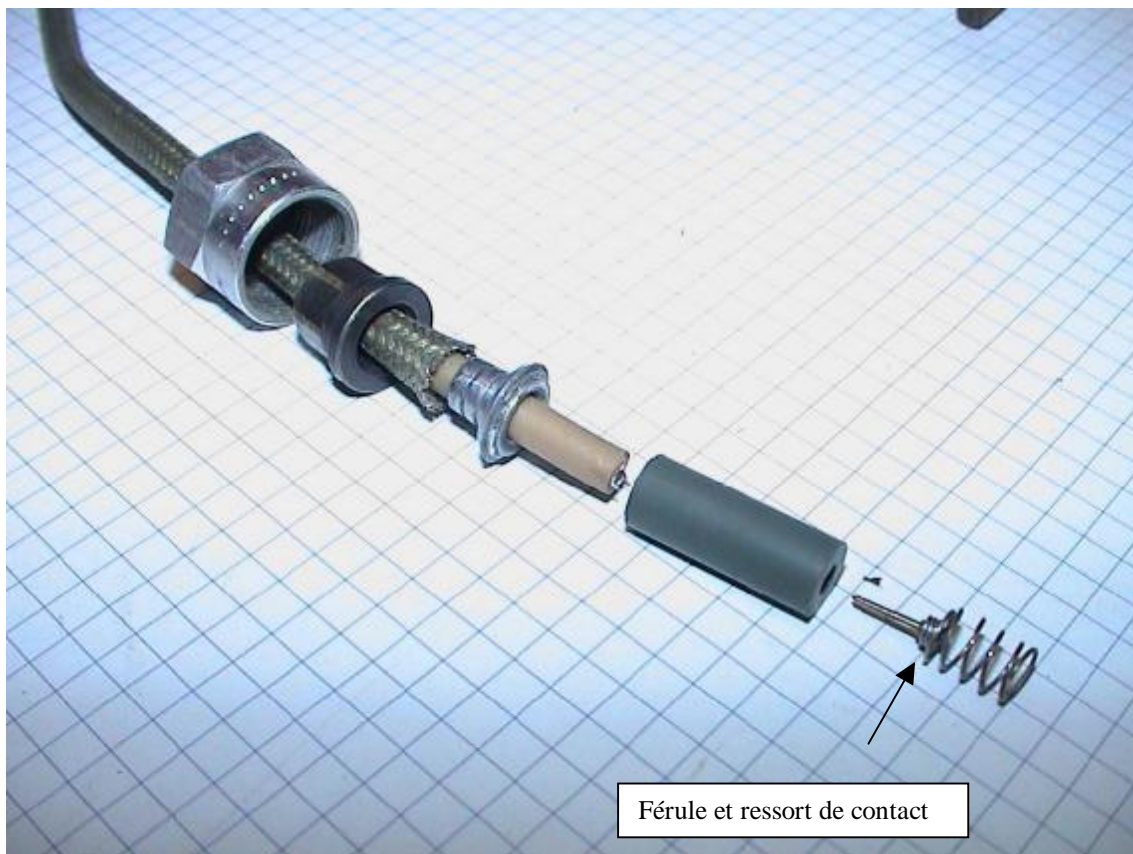
L' embout de bougie comporte un certain nombre de pièces assemblées dont le montage mérite quelques explications :

En fait le faisceau de câbles Haute Tension. ( 8 ou 16 suivant le nombre de cylindres ) est vendu complet avec les embouts montés. Le problème demeure quand il s'agit de remplacer un seul embout par suite de dégradations. Parfois la collerette de tresse se décalotte lorsque l'on serre trop fortement l'écrou de bougie. Il faut donc alors la remplacer.

Pour cela on commence par enlever en tirant la férule et le ressort de contact. Celle –ci est enfoncée à force dans l'isolant du fil de bougie , à l'intérieur du fil spiralé central qui véhicule la H.T.

L'ensemble des éléments se désolidarise alors, et l'on peut remplacer les pièces défectueuses en les replaçant dans l'ordre indiqué sur la **fiche matériel n°023** .

La tresse métallique du câble devra être évasée légèrement pour introduire la collerette en-dessous.



Remarque : En fait, le fil HT central est une spirale à gauche. Pour faciliter l'enfoncement de la férule, il est conseillé de faire un avant trou dans l'isolant téflon du câble, à l'aide d'une grosse aiguille, puis d'enfoncer en tournant à gauche ( en dévissant ) l'ensemble férule et ressort de contact . Le ressort spiral doit être coupé au ras de l'extrémité du câble HT.

Les 2 photos de la page suivante montrent l'ensemble des pièces détachées et le montage terminé.



24/07/08 Boug

22 mm

Fil spiralé H.T. à couper  
au ras de l'isolant

