

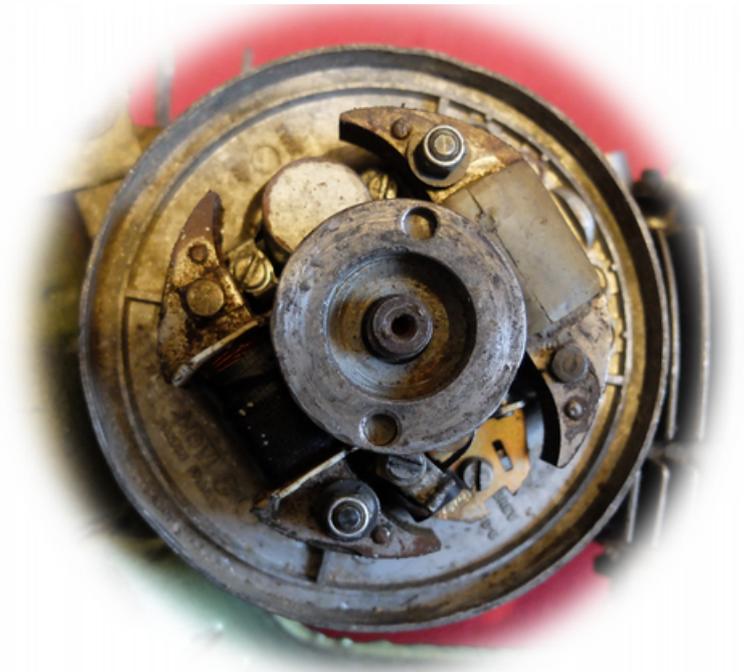


Le volant magnétique est utilisé quasiment depuis les débuts des moteurs à explosion pour l'allumage et plus tard on lui a rajouté l'éclairage. Il s'appelle magneto aux US, et c'est le même terme qui décrit ce que nous appelons la magnéto. Parfois, pas toujours, ils utilisent le terme flywheel magneto, ce qui décrit alors une autre fonction importante : l'inertie du volant. Certains abusent du langage, ou d'autres substances, et l'appellent alors volant magnifique, maléfique ou mirifique.



Les quatre demi-aimants d'un volant Mobylette (un pôle N, un pôle S, un pôle N et un pôle S). On y voit des aimants parallélépipédiques, associés à des pièces polaires adaptant les faces planes des aimants pour créer un entrefer cylindrique. L'aimant est donc magnétisé entre ses deux faces: un pôle se trouve vers la carcasse extérieure du rotor, l'autre pôle est dirigé vers la pièce d'adaptation plan- cylindrique vers le stator

le plateau d'un volant Mobylette avec les bobines d'allumage et d'éclairage, le condensateur et le rupteur



1. Fonction allumage

1.1. Rappel des fondamentaux

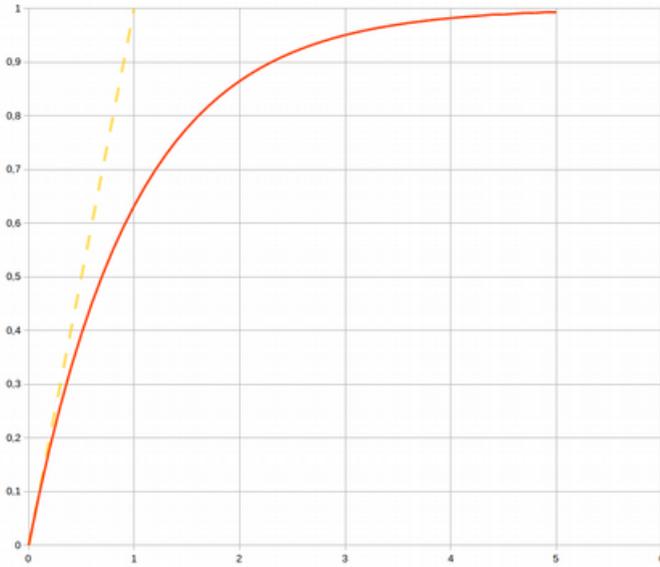
1.1.1. l'inductance

Une inductance (aussi appelée une self, ou une bobine) a un comportement particulier, elle a tendance à s'opposer à tout changement de courant¹. A l'instant même où on lui applique une tension, il ne se passe rien, le courant est nul ! Juste après (à l'échelle la plus fine qu'on imagine, par exemple la microsecondes), le courant croît puis atteint, après « un certain temps », une limite, chiffrée par la loi d'ohm, égale à la tension appliquée divisée par la résistance du fil constituant l'inductance : $I =$

1 loi de modération Lenz-Faraday $e = -d\phi/dt$, ce qui signifie aussi que **la tension à ses bornes, induite par la rotation des aimants, augmente linéairement avec le régime**



U/R. Entre le rien et U/R, il y a une variation de courant dépendant du temps selon une loi dite exponentielle



Evolution du **courant**, à tension constante (batterie)
 Le courant atteint 100 % (notés 1 sur l'axe vertical) de sa valeur finale en un temps théoriquement infini. Pratiquement au bout d'un temps de 5 fois la « **constante de temps** » τ , le courant est à 99,35 %. La constante de temps τ est atteinte lorsque le courant est de 63,21 % du max, ici la valeur 1 sur l'axe horizontal. La pente initiale est donnée par la droite qui atteint 100 % à 1τ .
 L'évolution du courant est décrite en note²
 une constante de temps³ courante, en Solex par exemple, est de l'ordre de 20ms. En voiture c'est plutôt 3ms

1.1.2. l'énergie de l'inductance

La bougie a besoin d'énergie pour allumer le mélange. Pour un mélange stoechiométrique optimal et un moteur en température, il suffit de 0,3 millijoules (mJ). Pour assurer le démarrage par tous temps, il faut une dizaine de mJ. Les moteurs auto doivent assurer en plus l'absence de ratés d'allumage (misfires) qui détruisent le catalyseur, on envoie pour cela jusqu'à 100 mJ dans la bougie, ce n'est pas pour le confort de démarrer au quart de tour !

L'énergie dépend de la valeur de l'inductance et du courant qui y circule au moment de la rupture⁴ et qui dépend, lui, du temps passé depuis la fermeture du rupteur et de la forme du courant, voir § précédent.

Les ratés ont été utilisés sur des cyclos pour limiter (en douceur) le régime maxi donc leur vitesse

1.1.3. Le Dwell

La courbe montre qu'il faut «un certain temps» pour charger au maximum l'énergie, sous forme magnétique, dans l'inductance. Dans l'allumage batterie-bobine (inventé vers 1920 par Ch Kettering, fondateur de Delco), l'énergie commence à se stocker dans l'inductance à la fermeture du rupteur et se libère indirectement dans la bougie au moment de l'ouverture du rupteur.

Le dwell s'exprime en % ou en unité (100 % = dwell à 1,00) il peut aussi s'exprimer en angle de fermeture de rupteur. Une certaine confusion existe là-dessus, surtout pour les allumages multi-cylindres. Comme pendant longtemps, le rupteur possédait le même rapport de temps ouvert / temps fermé, qui se faisait en **ajustant l'écartement des grains du rupteur**. Il faut donner un temps suffisant à la charge d'énergie magnétique dans la bobine surtout à haut régime où le temps de magnétisation se rapprochait de la constante de temps τ de la bobine ainsi qu'un temps suffisant à l'arc de la bougie (de l'ordre de 1 à 2 ms).

2 Évolution du courant $i = \frac{E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

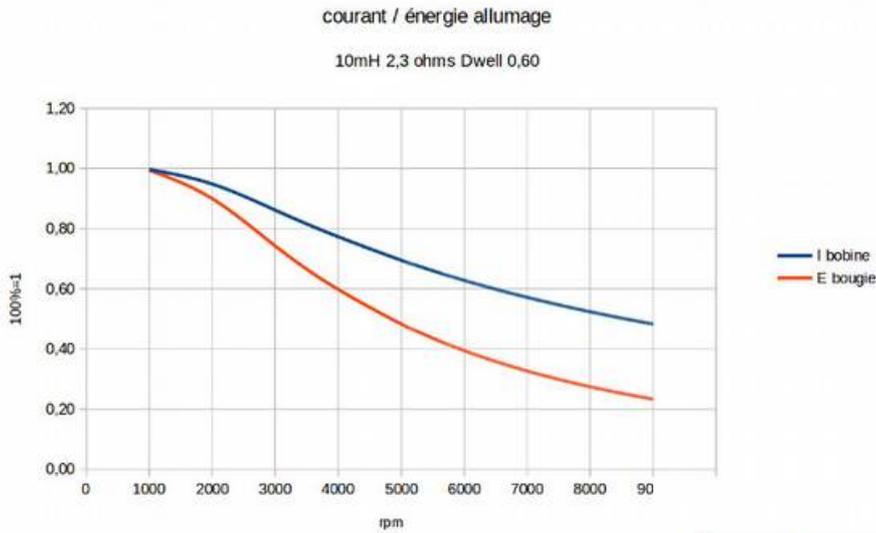
3 Constante de temps $\tau = L/R$

4 Énergie = $1/2 L \times I^2$



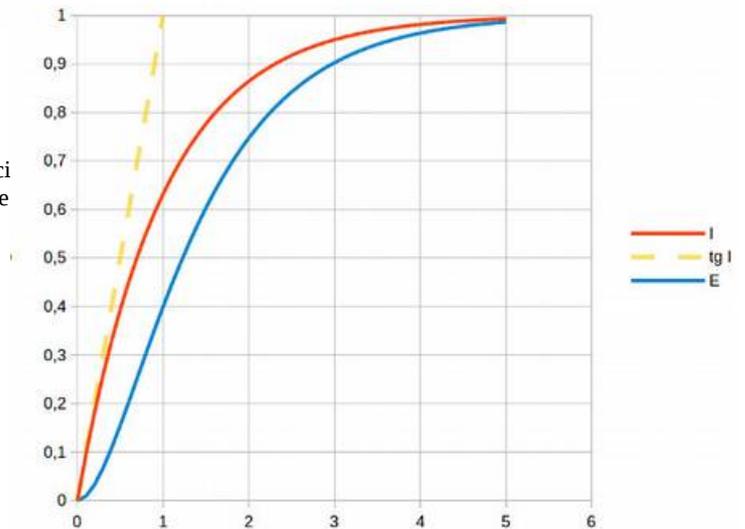
Le volant magnétique

v 3.0



Courbe de la perte d'efficacité de l'énergie d'allumage dans le cas d'un moteur allumé par une bobine unique avec rupteur unique, 4 cylindres, bobine de 10 mH et de résistance de 2,3 Ω , avec dwell de 0,6

cela peut aussi s'exprimer en fonction de la constante de temps τ , ici le courant en rouge et l'énergie en bleu, jusqu'à cinq constantes de temps



le Dwell est une conséquence du moment de la fermeture du rupteur, où on commence à envoyer le courant dans la bobine (moment relativement peu critique), à différencier du moment de l'ouverture du rupteur (instant d'allumage, fondamental pour les performances moteur).



1.1.4. Le dwell sur volant magnétique

Le dwell est un concept applicable à une alimentation à tension constante de la bobine (constante à l'échelle d'un tour moteur). Lorsque la bobine est alimentée par une source alternative, c'est une autre histoire !

Le rupteur est actionné par une came synchrone du moteur, le volant a couramment plusieurs aimants et la tension d'énergisation de la bobine n'est alors présente que pendant moins d'un quart de tour (la puissance est proportionnelle au carré de la tension, elle est dans cet exemple, présente efficacement pendant une division, soit 1/12 de tour), on ne sait pas fabriquer de came qui ne se ferme que pendant moins d'un quart de tour : pente de came trop raide, rebonds, usure trop rapide.

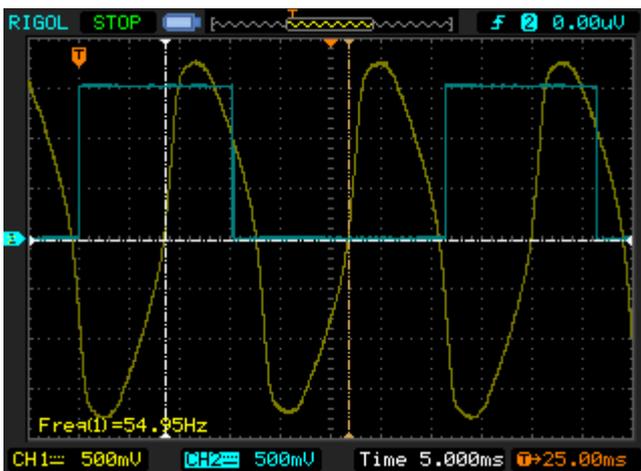
tension de sortie d'un tour de volant magnétique de Mobylette à vide (= sans charge électrique), à 4800 t/min tension crête-crête de 140V
4 demi-aimants



C'est pourquoi la notion de dwell n'a aucun sens physique dans un volant magnétique, seul compte l'instant d'ouverture (instant d'allumage) il est fréquent que le rupteur soit fermé pendant l'alternance opposée, ou plus, l'énergie utile ne se trouve que lors de l'alternance précédant immédiatement l'étincelle)

1.1.5. Magnétisation de la bobine Solex

Le Solex est équipé d'un volant claveté : sa position angulaire est fixe.



Mesure du courant bobine par un shunt 25 mΩ (



1.2. L'instant d'allumage

1.2.1. La bobine à l'ouverture rupteur

A l'instant où on coupe le courant, l'inductance, comme cité plus haut, s'y oppose et le courant veut continuer à circuler, dans le même sens, avec la même valeur ! Cela se traduit par une montée forte de la tension, jusqu'à ce que l'énergie se soit dissipée dans les isolants de la bobine. La tension monte couramment de 200 à 400 V dans les montages classiques. C'est la surtension de rupture, ou l'extra-courant de rupture.

Sur la bobine primaire, on a bobiné une seconde bobine avec beaucoup plus de spires : le secondaire. C'est donc un transformateur. Une bobine de Solex comporte 225 spires au primaire (10,68 m, 1,1 Ω) et le secondaire comporte 14000 tours (775 m) donc 62,2 fois plus selon le site de référence Briansolex.

Ce rapport de 62 est le rapport de transformation, et **une tension de 200V du primaire se trouve transformée en 12400V !** Ce rapport va couramment de 50 à 100.

La polarité de l'aimant au moment de l'ouverture rupteur donne la polarité de la surtension de rupture. Le sens du bobinage donne la polarité des étincelles. On peut parfaitement avoir une impulsion rupteur négative et une étincelle positive, c'est juste un choix à la fabrication.

Le monde auto, avec ses batteries négatif à la masse (mauvais choix, les british ont raison ici) qui corrodent les supports au lieu des culots de lampes (nettement moins chères), nous a habitués à une surtension de rupture positive, encore le poids de l'histoire !

1.2.2. le rupteur

C'est un interrupteur actionné par une came, habituellement solidaire de l'arbre moteur. Il produit une interruption par tour, nécessaire pour un moteur monocylindre 2 temps. Pour un moteur monocylindre 4 temps, l'étincelle supplémentaire se passe à la fin de la phase d'échappement et n'a aucune action : allumage à étincelle perdue (exemple classique = 2CV).

Le rupteur est habituellement taillé pour un courant de 5A .

les faces de contact sont des pièces rapportées de tungstène pour la tenue à l'étincelage. L'appellation « vis platinées » fait référence à l'époque, révolue depuis près d'un siècle où on avait réellement mis du platine.

Les face de contact doivent être planes et bien parallèles au moment du contact, pour éviter les fortes densités de courant destructrices, et pour éviter la perte rapide de calage par matage du coin.

Un exemple de rupteur mal fabriqué : « merde in France », à contact en coin, au lieu de fermer à plat. C'est malheureusement un exemple de la mauvaise qualité qu'on offre souvent aux restaurateurs de mécaniques anciennes.



l'allumage transistorisé évite l'usure et le décalage du point d'allumage, mais il n'est pas utilisé avec un volant magnétique L'écartement maximal des grains du rupteur lui permet de résister à la pointe de tension de 200 à 400V (en plus, dans le cas de l'allumage batterie, de déterminer le dwell)

La vitesse d'écartement des grains permet de souffler l'éventuelle étincelle initiale qui est un arc (comme le poste de soudure, en basse tension) et non un claquage, par maintien du produit PD (expression internationale) de la loi de Paschen qui donne une tension de claquage de 3kV par mm à 1 atmosphère. Il s'agit que les grains s'écartent plus vite que ne croît le champ de claquage, au moins au-delà de 300V.



1.2.3. Le condensateur

La surtension de rupture crée théoriquement (bobine à isolants parfaits, pas de capacités parasites) une surtension de valeur infinie !

Les imperfections du circuit atténuent quelque peu cette surtension, mais on ne peut pas industriellement s'en contenter, elle dépend trop du fabricant, du lot de fabrication, de la température, de l'humidité, du vieillissement, etc

On rajoute donc un condensateur au circuit rupteur-bobine, qui transforme alors le circuit en circuit oscillant dont la pente du front de montée est bien contrôlée, au prix d'un léger retard de l'impulsion. Il ne doit pas y avoir d'amorçage visible au niveau du rupteur, seule une éventuelle étincelle de faible énergie et durée à l'ouverture (arcage d'ions métalliques en cas de rebond). Il est évident que le condensateur doit conserver sa capacité (dans des limites relativement larges) et sa résistance série équivalente (ESR) dans certaines limites, le tout malgré les conditions ambiantes et le vieillissement.

C'était certainement, à l'époque de fabrication des Solex et Mobyettes, l'élément le moins fiable et le plus aléatoire, mis à part le rupteur, dont l'usure est (relativement) mieux maîtrisée. On dispose maintenant de condensateurs à film plastique ou céramiques qui remplacent avantageusement les vieux condensateurs à isolant papier, à l'herméticité et aux connexions internes douteuses.

1.2.4. La bougie

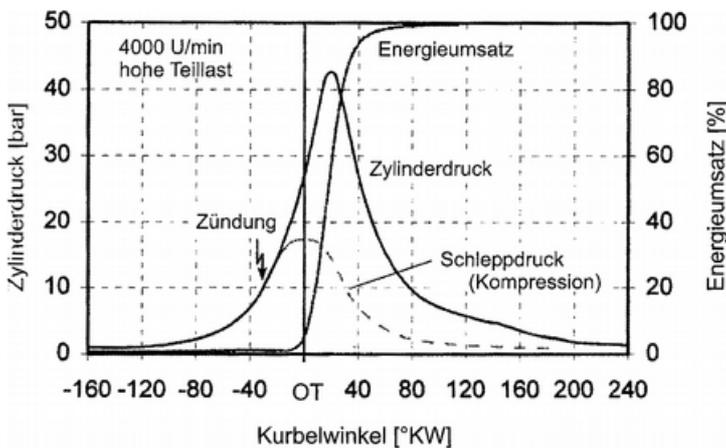
La bougie est l'organe où se crée l'étincelle qui enflamme le mélange gazeux propulsif.

L'écartement des électrodes a intérêt à être le plus important possible, pour enflammer le maximum de gaz à l'instant d'allumage, mais doit aussi être suffisamment petit pour pouvoir assurer le démarrage de l'engin. Il devrait aussi présenter une impédance identique à l'impédance de la bobine pour assurer un transfert d'énergie optimum.

L'écartement dépend aussi de la pression qui règne dans la chambre au moment de l'étincelle selon la loi de Paschen⁵, dans sa zone linéaire. Elle est soumise à de fortes contraintes dans le moteur.

Ecartement des électrodes :

L'écartement des électrodes est donné par le fabricant et dépend : de la très haute tension disponible, de la durée d'étincelle demandée, de la pression à l'instant d'allumage



Sur un gros 4 temps (BMW R1100RT), la compression atteint 10 bars à l'instant d'allumage et monte à 43 bars vers 15° de retard. Hohe Teillast = à donf !

Par Jürgen Stoffregen, ancien patron du développement BMW Moto in Motorradtechnik, Spinger

Bild 3.32
Druckverlauf während der Verbrennung

La pression au moment de l'allumage dépend de la géométrie des cylindres et de la poignée des gaz. Pour les moteurs à clapets⁶, la pression à l'allumage dépend de la géométrie des cylindres et de la charge moteur (position du papillon de gaz). Sur une BM R1100, on est rarement à donf, sauf les chaussettes, à clous, les pandores, crs, et autres acrobates. La pression à 10 bars exige une tension d'amorçage de 34 kV pour 1mm d'écartement

Sur un moteur 2 temps, cylindre à trous⁷, la compression effective ne commence pas au point mort bas, mais en haut des lumières dans le cylindre. La pression au moment de l'étincelle est donc plus faible que dans un moteur à clapets. Pour le

5 Loi de modération de Paschen

$$V_B = \frac{Bpd}{\ln(Apd) - \ln[\ln(1 + \frac{1}{\gamma_{se}})]}$$

6 Jusqu'au début du 20^{ème} siècle, l'admission était faite par un clapet à ressort.

7 Le cylindre 2 temps est percé de lumières de transfert de gaz entre carter et cylindre





Le volant magnétique

v 3.0

Soufflex 3800, par exemple, la compression géométrique est de 6,44 bars, la pression à l'allumage, à 23,5° d'avance, est de 6,63 bars (plus élevée que la pression géométrique au point mort en raison de la compression adiabatique), et monte à 36,4 bars max après l'explosion.

	Length	87.7 mm
Cylinder Liner	Top Edge	Liner Top Edge above Cylinder Top Edge 1.5 mm
	Deck Height	Liner Top Edge above Piston Top Edge at TDC 0.8 mm
	Geometric Compression Ratio	8.2 : 1
True Compression Ratio	Also known as Swept or Trapped Compression Ratio 6.44 : 1	
Cranking Compression Pressure	CCP = True Compression Ratio x 1.013185 6.63 bars (663 kPa or 96.11 PSI)	
Peak Combustion Pressure	PCP typically equals Cranking Compression Pressure x 5.5 36.44 bars (3644 kPa or 528.58 PSI)	

Doc Briansolex

La tension d'amorçage nécessaire est donc de 20,4 kV/mm. Avec un écartement de bougie de 0,5mm (recommandation Briansolex) la tension nécessaire est de 10,2 kV, compatibles avec 200V de surtension de rupture et un rapport de transformation de 62.

Polarité :

La polarité universellement adoptée est : la tension négative sur l'électrode centrale. la polarité affecte la tension de déclenchement de l'étincelle de 15 % max⁸. Les marges qu'on applique sont généralement bien supérieures, et pourtant, on applique cette règle depuis au moins 1920. Les allumages jumostatiques sans distributeur, enfreignent d'ailleurs allègrement cette règle.

Création de l'arc :

C'est un processus stochastique, lié au hasard des collisions des atomes et des ions. Mais ces incertitudes prennent au max quelques dizaines de nanosecondes. Une fois un canal précurseur établi, c'est un véritable coup de foudre, et l'établissement de la colonne ionisée va à la vitesse de l'éclair : depuis un nuage c'est cinq kilomètres en 50µs, dans une bougie à électrodes séparées de 1 mm, ça dure la picoseconde⁹. Et un tel front d'impulsion est un générateur Kolossal de parasites, qui vous bloquent comme un rien un microprocesseur moderne à 50 cm !¹⁰

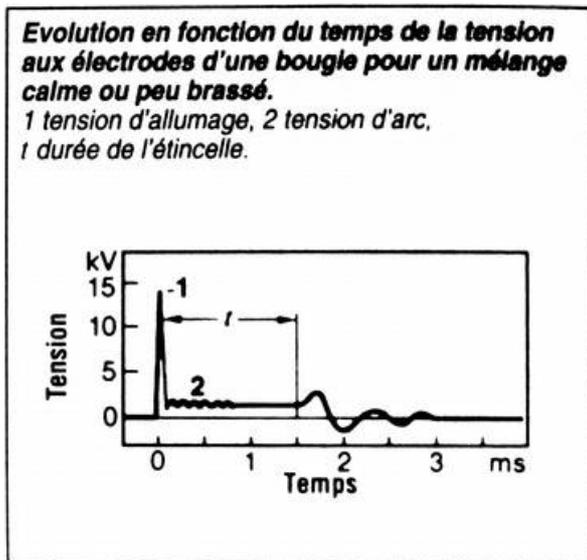
Une fois l'arc créé, la tension est passée de la dizaine de kV à la tension de maintien de l'arc, environ 1000V, jusqu'à la fin de la décharge de l'énergie de la bobine. Quelques oscillations, incapables d'amorcer ou de reprendre un arc, achèvent de dissiper l'énergie dans les isolants.

8 Et pourtant on en fait tout un plat, et depuis 1920, on conserve la polarité négative. « The average difference in the sparking voltage on the two polarities as measured at normal pressure and temperature on an assortment of spark plugs of very varied shape was 14 percent » Francis B Silsbee *in* : the sparking voltage of spark plugs, National Bureau of Standards, 1920, report 202, national advisory committee for aeronautics. Page 363 VII Polarity

9 = 10⁻¹² seconde

10 N'est-ce pas Bernique ?





Memento de technologie automobile Bosch

La tension d'allumage sur un volant de Solex :
ou Soufflex, ou VeloRolex¹¹, selon le degré d'imprégnation substantifique
(en attente d'images Bernique, dont je revendique la co-paternité)

11 Je revendique cette appellation, mais j'ai raté ma vie : je n'ai pas pu m'en payer avant cinquante ans, vu les prix que ça atteint



bobine d'allumage Solex VSX2200 SEV



Taille représentative, la longueur fer est de 10 cm

$$R_p = 1,30 \Omega$$

$$R_s = 2,67k$$

$$L_p = 8,77 \text{ mH (@}3,6 \text{ kHz } 0,22\mu\text{F, fréquence de fonctionnement)}$$

$$L_p \text{ cc} = 0,53 \text{ mH (@}14,5 \text{ kHz } 0,22\mu\text{F)}$$

$$L_s = 5,05 \text{ H (@}150\text{Hz } 0,22\mu\text{F)}$$

$$L_s \text{ cc} = 0,45 \text{ H (@}500 \text{ Hz } 0,22\mu\text{F)}$$

$$E(6V) = 93 \text{ mJ}$$

$$E(3,8A) = 64\text{mJ}$$

la mesure de rapport de transformation devrait se faire à la fréquence de résonance primaire, c'est le mode de fonctionnement nominal

$$tr_{21} = 23 \text{ (racine } L_2/L_1)$$

$$tr_{12} = 33,9 \text{ (}160,7/4,74 \text{ mult) } tr = 37,8 \text{ (}4,975/131,34 \text{ div)}$$

$$\text{masse} = 225\text{g}$$

$$\text{constante de temps } \tau = 7,3 \text{ ms}$$

C'est une bobine à (relativement) faible rapport de transformation et de bonne réputation.

Quand on la pilote correctement, elle est capable de grandes choses.

avec un condensateur de $0,11\mu\text{F}$, elle monte allègrement à 6000 rpm (c'est pour un Solex, mais il y a des furieux qui emmènent ces brûlons à des 90 km/h! Voir le site les râpeurs de pneus, ou Bernique Racing)

Dans ces conditions, il faut que le rupteur ou le module d'allumage le supporte, car la surtension à l'ouverture du rupteur monte alors à 600V. Tous les modules avec « protection » (Zener externes ou internes aux composants) genre Velleman, Selectronic en sont totalement incapables, le module RMZ décrit par ailleurs sur ce site, le supporte fort bien, conçu dès le départ pour ces extrêmes. Il est ici piloté par un μ contrôleur, partie d'un futur Bermascope.

Particularité de l'utilisation de cette bobine dans un Solex

Le condensateur doit être choisi avec soin, un condensateur tout-venant ou prétendu universel, s'il possède une capacité correcte, risque d'être rapidement détruit par surtension.

Les condensateurs à isolant papier ou à film (MKP) supportent relativement bien la surtension. Il se produit un claquage localisé, avec « réparation » (healing , autocicatrisation), volatilisation du métal et de l'isolant, création d'une bulle qui sépare les feuilles conductrices, et diminution de la résistance de fuite. Dans un condensateur céramique, cela n'existe pas, le premier claquage est définitif !



Remarque sur la fiabilité des capas céramiques, empirée encore par le fait qu'on est en extrémité de gamme avec les fameuses 0,22 μ F 630V en SMD (composants à montage en surface CMS) :

<http://www.capacitors.hk/Ceramic-capacitors/>:

« ceramic capacitor Cons: Low breakdown voltage means that the low-K ceramics (Class 1), the ones with the good electrical properties, have poor volumetric efficiency, and are usually found only in small values. High-K ceramics (Class 2 and higher) have poor electrical properties, which are highly dependent on temperature, voltage, and frequency, plus a significant aging rate. Unlike many other capacitors, ceramics have no self-healing mechanism. This means that manufacturers must maintain a high level of quality control over the dielectric. Ceramics are most cost affective in small sizes at present. Very large ceramics are a bit of a challenge, especially in SMD. »

(En gros, pas d'autocicatrisation!)

La surtension de fonctionnement atteint facilement les 600V dans le cas du Solex, voire plus, si l'écartement est supérieur aux 0,4 mm préconisés. Cette surtension est encore augmentée par une partie de l'impulsion THT de la bougie, transmise par la bobine, il faut donc une résistance série faible pour étouffer cette impulsion ravageuse. Un condensateur neuf, ancien, stocké (NOS : new old stock) ne fera plus l'affaire, pas plus qu'un condensateur polycatrisé.

Il faudrait un MKP 0,2 μ F / 1500V, mais là, ça ne rentre plus dans le volant.

Une solution serait un montage série-parallèle de 4 capas 0,22/630. Compte tenu des tolérances de 10 %, la tension totale qui ne fasse pas dépasser les 630V par capa est de 1150V. Le cumul des tolérances évite de devoir monter des résistances d'équilibrage.

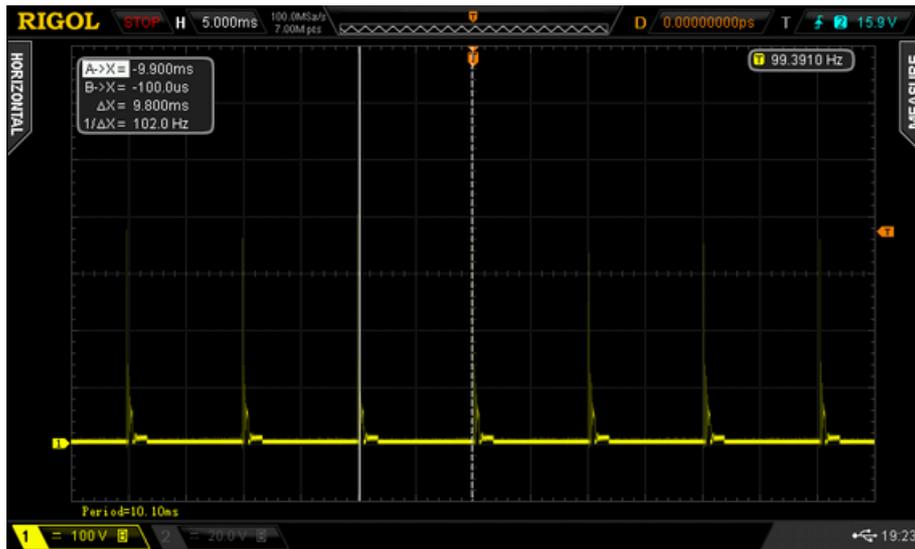
Les Murata GRM55DR72J224KW sont en extrémité de gamme, et les essais constructeur ne se font qu'à 110 % de la tension max (au lieu des 150 % classiques), voire moins : en gros pas de marge !

On voit parfois des condensateurs entrés au chausse-pied dans le boîtier métallique d'un ancien condensateur papier, pas de problème tant que ça rentre et que le condensateur le supporte. « Pour bien faire », le boîtier est rempli par de l'époxy ou du polyester. De nos jours, certains mettent des condensateurs céramique dans ces boîtiers où le condensateur est loin de remplir le volume disponible. Remplir à l'époxy ou au polyester semble être du bon boulot bien pro et bien fait, et ne semble pas poser de problème. On garantit habituellement le condensateur refait jusqu'au prochain croisement, après le second, c'est la faute au client ! Les résines habituelles sont très rarement polymérisées à 100 % en sortie d'une fabrication amateur, et durcissent plus tard. Quelques croisements plus tard (quelques années en fait) la résine finit par très bien durcir. Le coefficient de dilatation de la résine est de l'ordre de : CTE = 200 ppm (parts per million = 0,2 %) par °C, celle du métal du boîtier est de l'ordre de 10-20 ppm. Que pensez-vous qu'il arrivât avec quelques montée en température ? Le malheureux petit condensateur céramique est soumis à une pression énorme sur une céramique dure et cassante : il implose ! Le MKP y est aussi un peu sensible, pas pour les mêmes effets. Et quand un condensateur céramique est fissuré et qu'on continue à l'utiliser, il perd ses propriétés électriques avec conséquences sur l'allumage, mais en plus, il peut continuer à se détruire par d'autres mécanismes. Pour lui braser (« souder ») ses fils, et si on veut qu'il tienne longtemps, il faut, soit lui souder ses deux électrodes à la fois (les pros ont des fers à double panne ou travaillent à deux), soit le chauffer et maintenir le chauffage pendant la brasure de chaque côté. Et ne jamais le noyer directement dans l'époxy ou le polystyrène ! Déconseillé aussi pour un MKP.



Le volant magnétique

v 3.0



À 6000rpm, 10 mm à l'éclateur soit 1,4mm à la bougie Solex

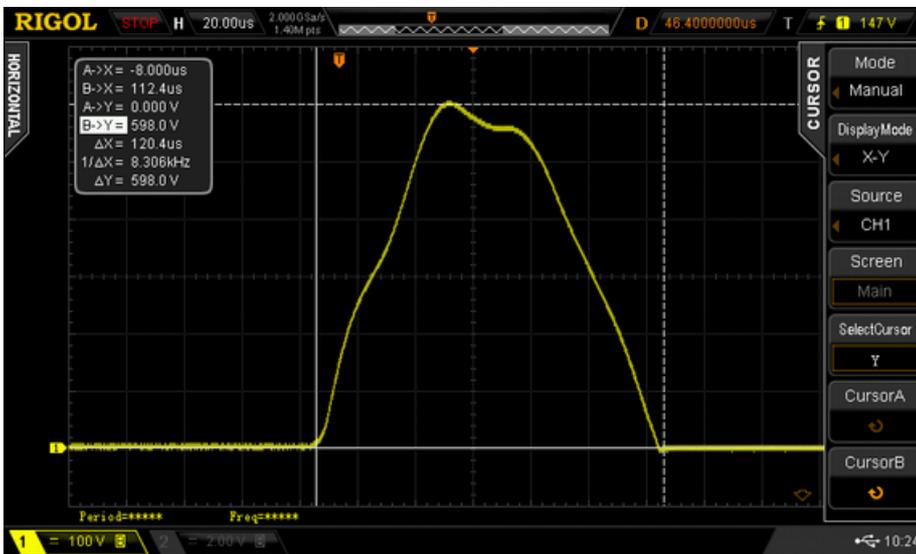


Le volant magnétique

v 3.0

Essais de surtension à ne pas répéter beaucoup, limiter à 2-3 essais sans amorçage (éclateur ouvert, isolants rapportés), mais cela permet de mesurer la totalité de l'impulsion qui s'abrège avec l'amorçage de l'arc (normalement un peu avant le maximum), le retard depuis l'ouverture rupteur varie de 40 à 100 μ s. On a en gros une 1/2 sinusoïde. J'ai comparé avec les conditions d'amorçage.

Sur bobine SEV-Solex :



Alim 6V, capa 0,11 μ F
fréquence complète 4,15 kHz
théorique 5,1 kHz
amplitude 600V
la seconde pseudo-crête est une réflexion du secondaire



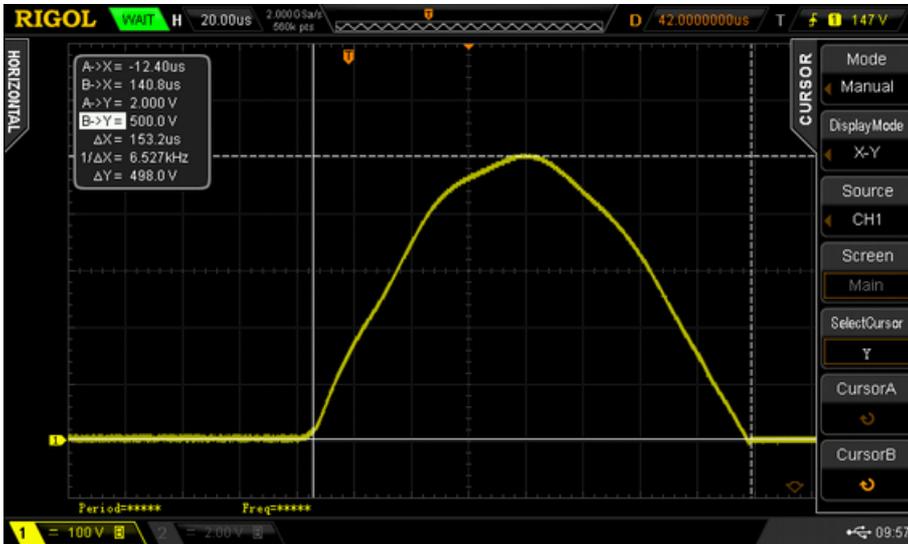
Alim 12V, capa 0,11 μ F
retard à l'amorçage 47 μ s,
tension primaire d'amorçage 650V
la demi-sinusoïde est tronquée après l'amorçage

Cette tension est impossible à atteindre avec de nombreux modules d'allumage (Velleman, Cartier, ...)

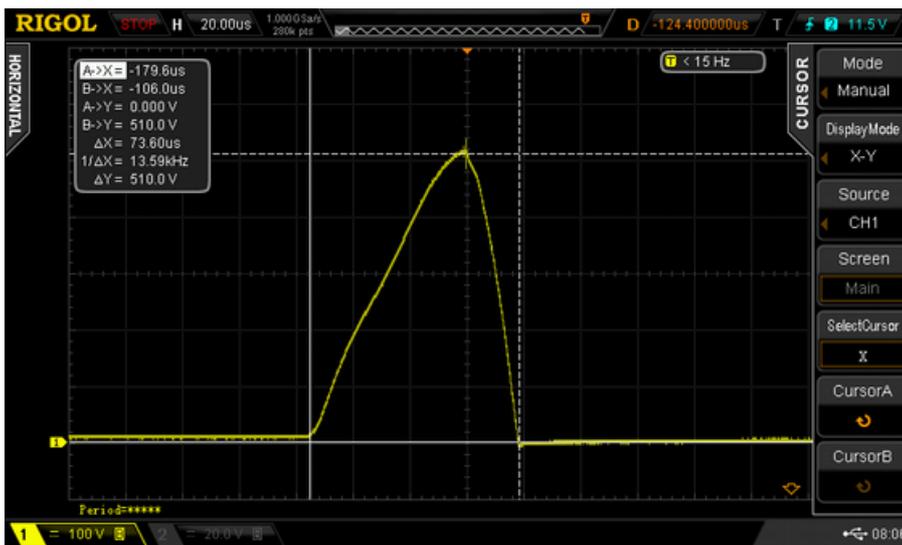


Le volant magnétique

v 3.0



Alim 6V, capa 0,22 μ F
allure d'une demi-sinusoïde
fréquence complète 3,25 kHz
théorique 3,62
amplitude de l'impulsion 500V

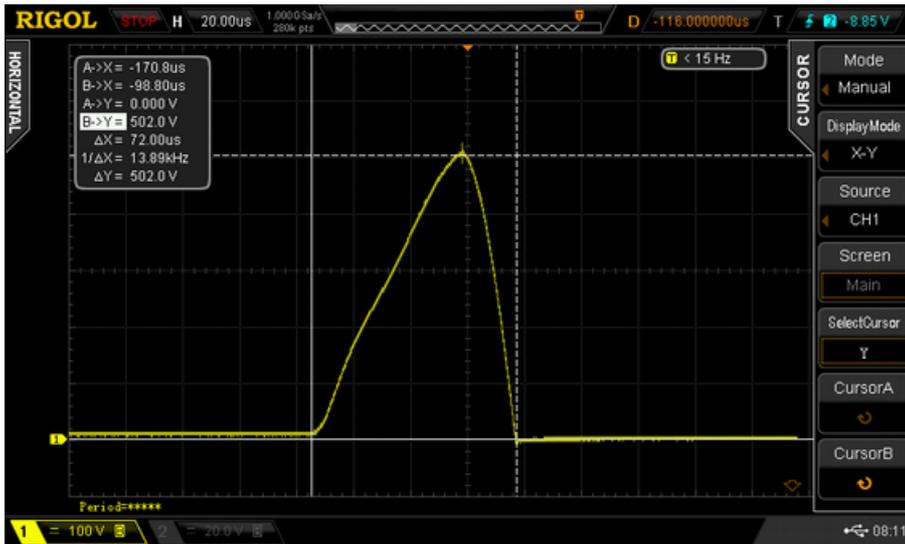


12V capa 0,22 μ F éclateur 10mm
retard à l'amorçage 66 μ s
tension primaire d'amorçage 510V

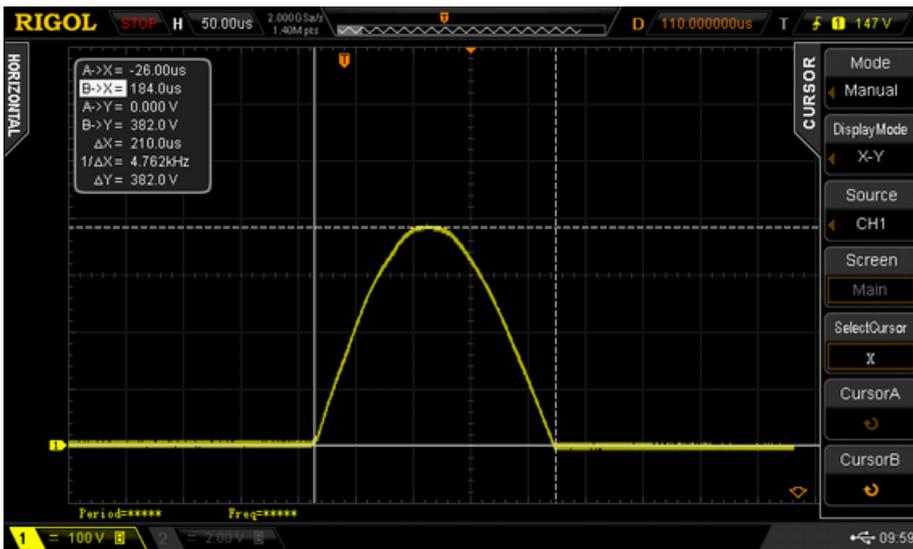


Le volant magnétique

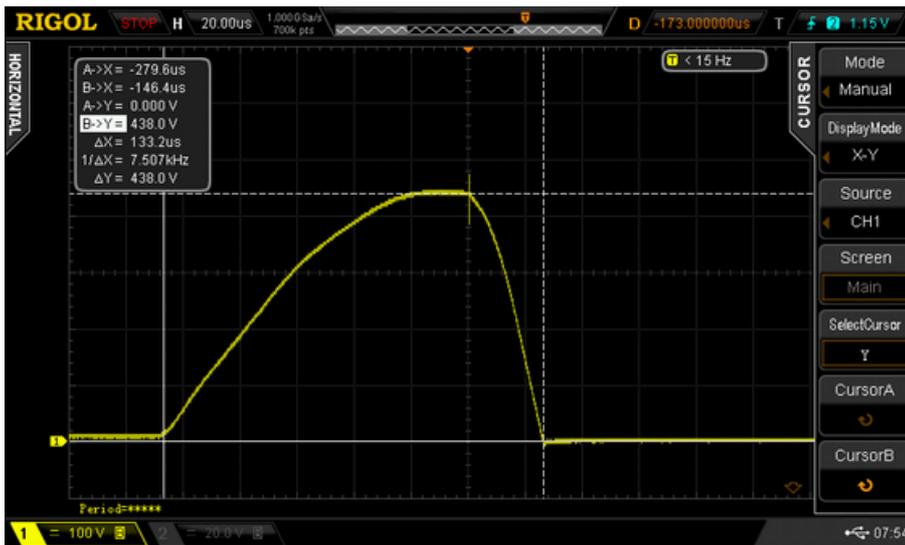
v 3.0



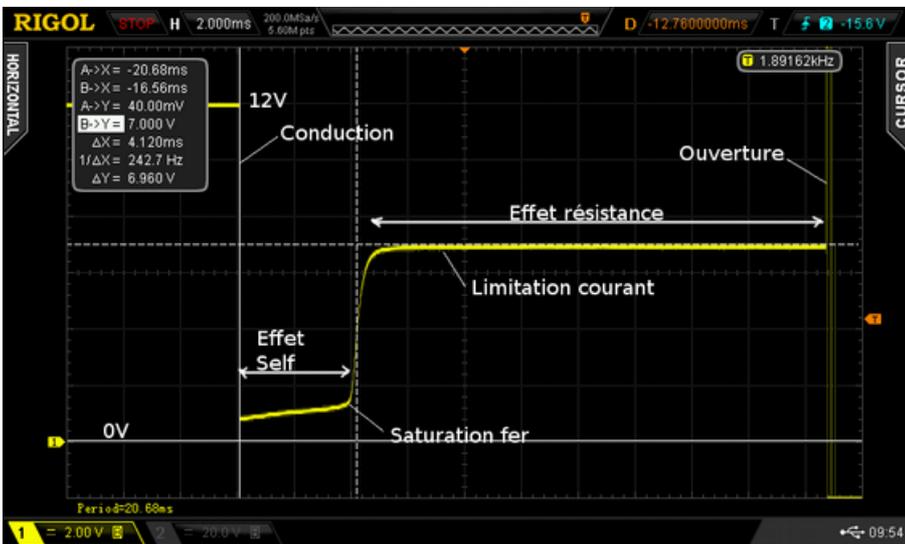
12V capa 0,22μF éclateur 5mm
retard à l'amorçage 53μs,
tension primaire d'amorçage 502V



Alim 6V, capa 0,44μF
fréquence complète 2,4 kHz
théorique 2,5
amplitude 380V



12V capa 0,44µF éclateur 10mm
 retard à l'amorçage 108µs
 tension primaire d'amorçage 438V



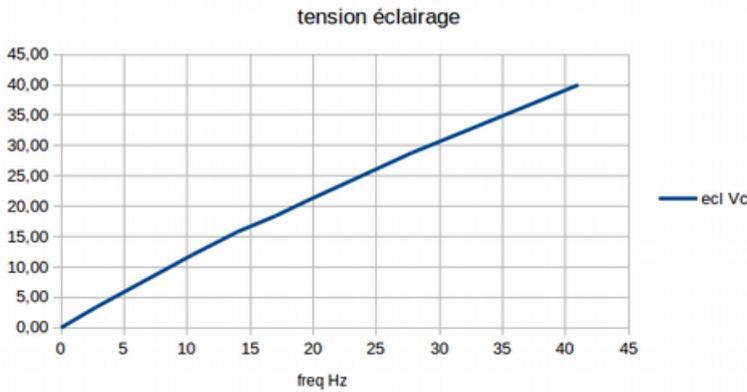
Détail montrant la charge magnétique de la bobine
 A la mise en conduction par le transistor (rupteur « idéal ») le courant (et la tension) monte jusqu'à la saturation magnétique du fer du noyau. A partir de ce moment, tout courant entrant dans la bobine, n'apporte plus rien d'autre que de l'échauffement du cuivre, la bobine est chargée magnétiquement en 4 ms. Le courant final est de $(12-7 = 5V, 5V/1,3\Omega = 3,8 A$, ce qui est bien la valeur de réglage du module d'allumage). A l'ouverture, la tension monte à plusieurs centaines de volts et génère l'étincelle. La limitation de courant n'existe pas dans de nombreux modules d'allumage et leur « protection » par Zener interdit de monter à plus de 380V (Velleman, Cartier, Selectronic, etc)

**Lorsqu'on augmente la capa, la durée de l'impulsion augmente, l'amplitude diminue
 lorsqu'on augmente l'écartement bougie, la durée de l'étincelle diminue**



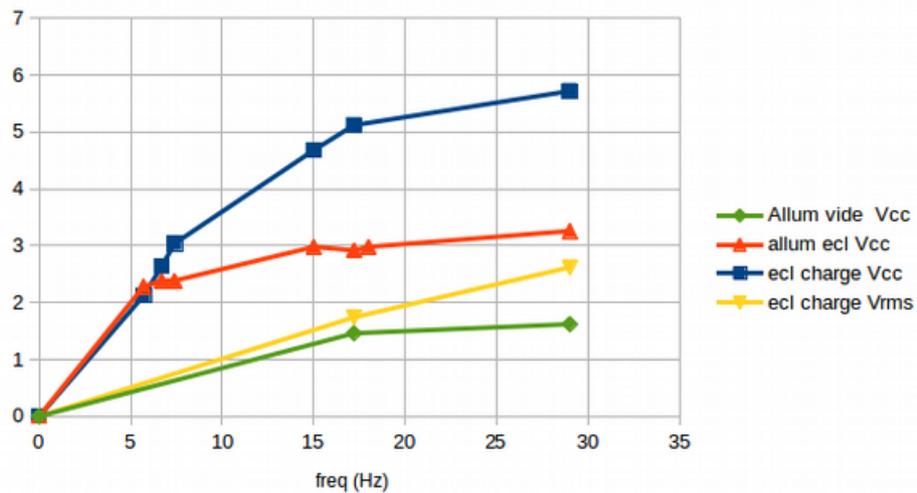
1.3. Régime utilisable

Le volant magnétique est une machine tournante, et à ce titre suit les lois électromagnétiques classiques, dont la loi de Lenz-Faraday, linéaire : en doublant le régime, on double la tension (donc le courant) de sortie.

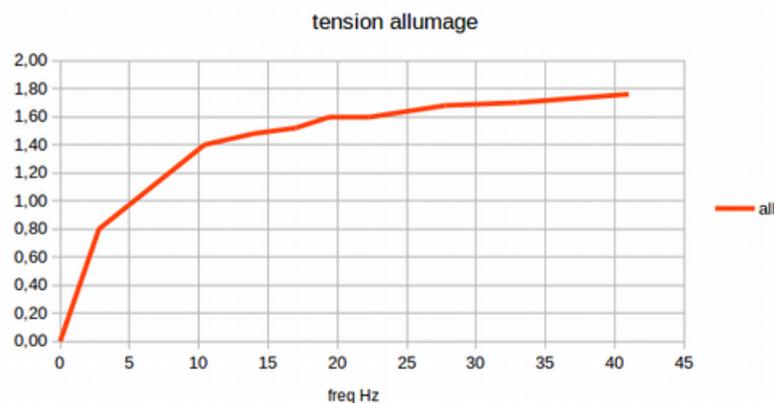


Tension à vide de la bobine d'éclairage d'un Solex VSX2200. La tension est bien linéairement proportionnelle à la fréquence (au régime)

En charge, la tension de la même bobine d'éclairage croît en fait de manière quasi-logarithmique (courbe en bleu)



la tension primaire de la bobine d'allumage varie de la même manière quasi-logarithmique





Ce comportement permet, lorsqu'il est bien conçu, une certaine régulation des tensions d'allumage et d'éclairage

La cause de cet écart par rapport à la croissance linéaire n'est évidemment pas à chercher dans l'effet de peau (aux fréquences considérées, il n'affecte que les conducteurs de plus de 5 cm de diamètre, ici on a 1,1 mm), ni dans l'effet de l'impédance : $I = E/(L\omega + R) \rightarrow e$ varie linéairement en fonction de freq (voir courbes plus haut) et ω aussi (puisque égal à $2*\pi*freq$), le résultat n'est que linéaire. Il ne reste pratiquement plus que l'effet de saturation magnétique (section et caractéristiques du fer du noyau magnétique) et la réaction d'induit.

2. Fonction éclairage

Suit une courbe similaire à la courbe « tension d'allumage »



3. Volant de Solex 2200

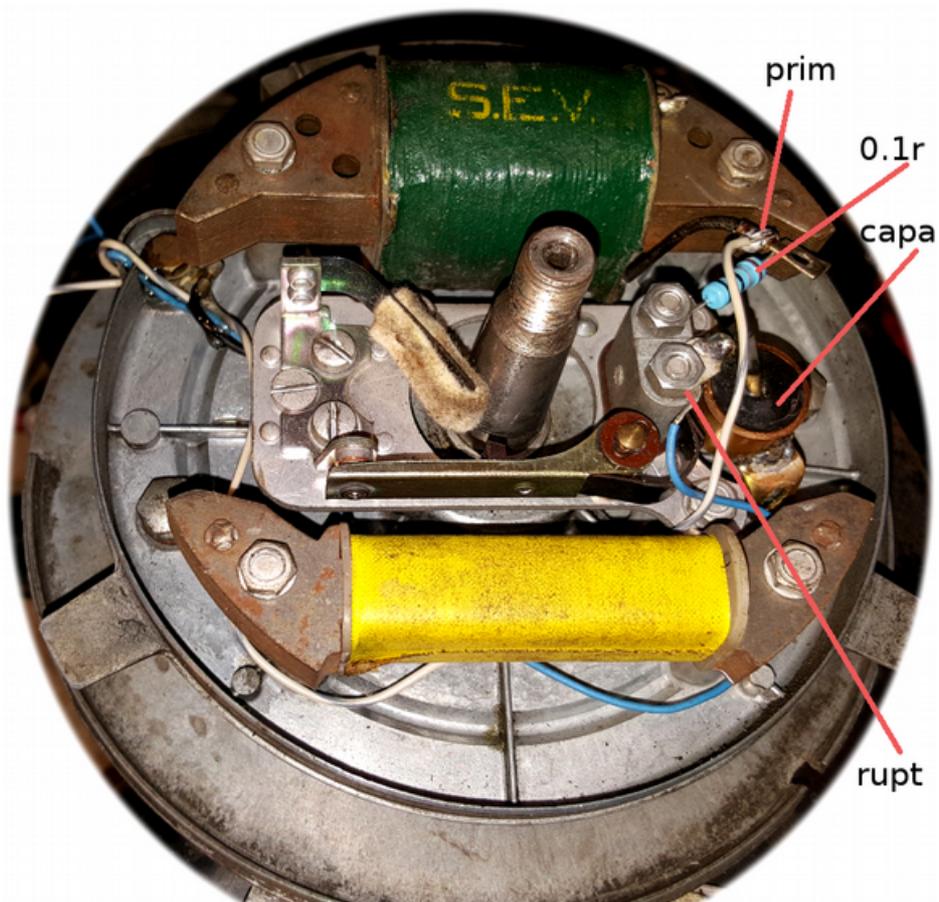
Moteur 2200 N° 2902912 fourni par IGM (l'institut géométrique des motos).



3.1. Le circuit magnétique

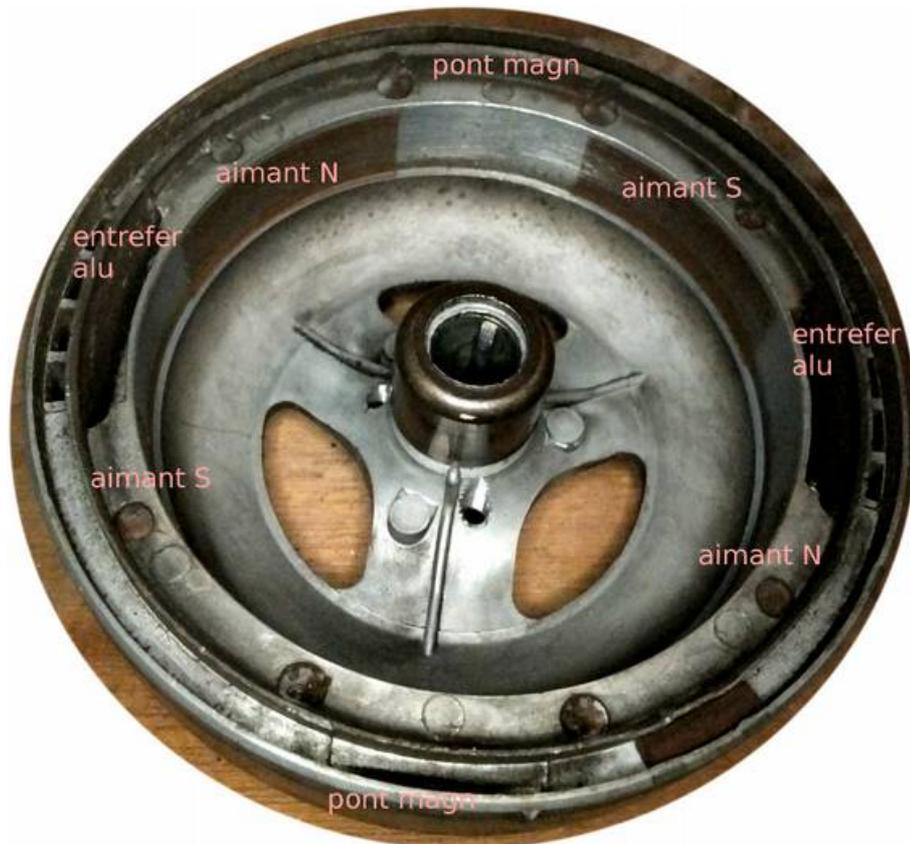
Le stator est légèrement modifié pour insérer une résistance de $0,1\Omega$ pour mesurer le courant, placée entre le primaire de la bobine d'allumage et le point commun rupteur/condensateur.

les deux fils de mesure sont placés de manière à ne pas toucher le rotor, et collés (colle démontable).





Le rotor est observé pour estimer les circuits magnétiques



les noms des pôles des aimants sont ici affectés arbitrairement mais sont bien alternés

On est en présence de deux groupes magnétiques séparés par un entrefer alu. L'entrefer entre les aimants et les fers feuilletés des bobines est estimé classiquement (et par déplacement manuel rotor-stator) à 0,2mm. On suppose que les aimants touchent les ponts magnétiques constituant la carcasse de chaque circuit magnétique. De même, la saturation de ce pont est sensée ne pas dégrader le champ rémanent des aimants. L'entrefer du rotor (en alu amagnétique) entre les aimants de l'autre groupe magnétique est de 32mm. Au moment de l'arrachement (proche du courant max) les aimants sont alignés sur les bobines, l'entrefer est alors de 0,4mm. L'influence de la bobine d'éclairage sera alors une variation de 1/40 du courant nominal (hypothèse ; mu constant relatif à 150, longueur circuit magnétique = 130mm). Seul un allumage limite y sera sensible, par exemple avec des aimants fatigués ou un décalage important du point d'arrachement qui peut accessoirement augmenter l'entrefer.

Les mesures sont faites au régime de 300 et 800 rpm, plus représentatives d'un démarrage qu'à 2800 rpm.

La charge de la bobine d'éclairage est faite par une résistance de 6 Ω (équivalente d'une lampe 6 V, 6 W).

On trouve sur le Net des courbes de l'effet de la bobine d'éclairage qui agit fortement sur l'allumage. Mais il s'agit de courbes Motobécane, pas forcément applicables ici. Je me demande si leur circuit magnétique n'est pas constitué d'une carcasse continue en fer, donc à couplage fort entre les bobines ?



Tension bobine allumage et tension bobine éclairage (jaune) pour vérification de la sortie éclairage, en charge sur 6 Ω

une vraie lampe 6V 6W éclaire faiblement à ce régime



3.2. Mesures avec ou sans éclairage

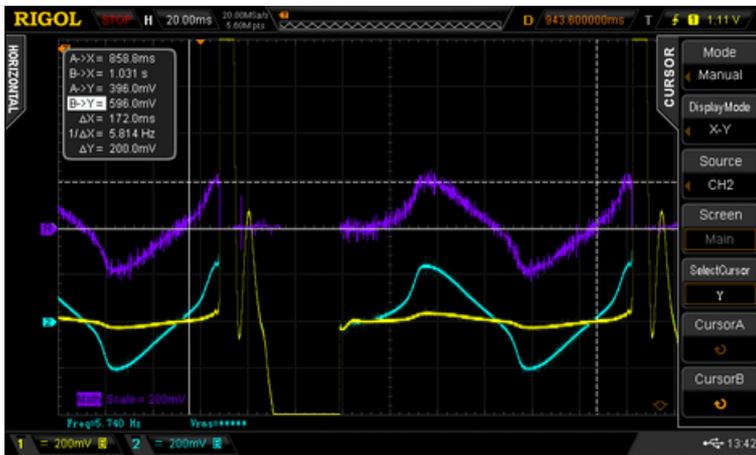
À 320 rpm (démarrage lent)



éclairage éteint

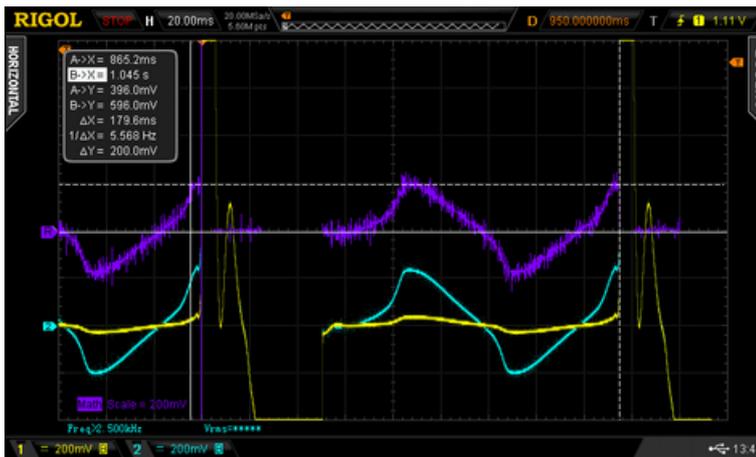
tensions avant et après la résistance de mesure de $0,1 \Omega$
 on y mesure un courant de 2A (nous sommes à 300 rpm, soit un démarrage difficile) $I = \Delta V / 0,1 = 204\text{mV} / 0,1\Omega = 2,04\text{A}$ à ce régime de 320 rpm

on constate que l'insertion de cette résistance change sérieusement le courant bobine. Le solex ne devra pas fonctionner avec cette résistance, et le courant sera bien plus fort



éclairage allumé

le courant bobine est similaire (2A)



bobine d'éclairage en court-circuit total

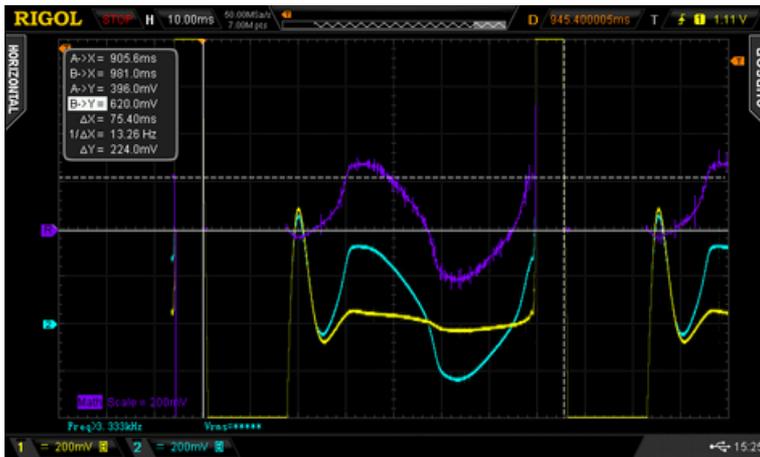
on voit toujours les mêmes 2A



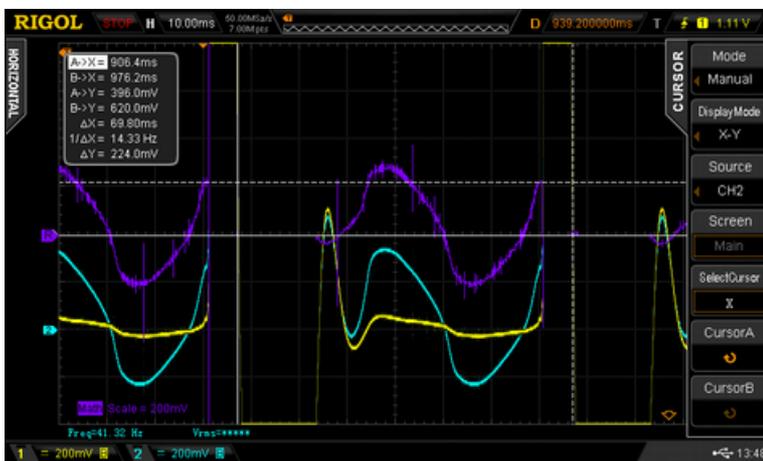
Le volant magnétique

v 3.0

à 854 rpm (démarrage à la pédale)

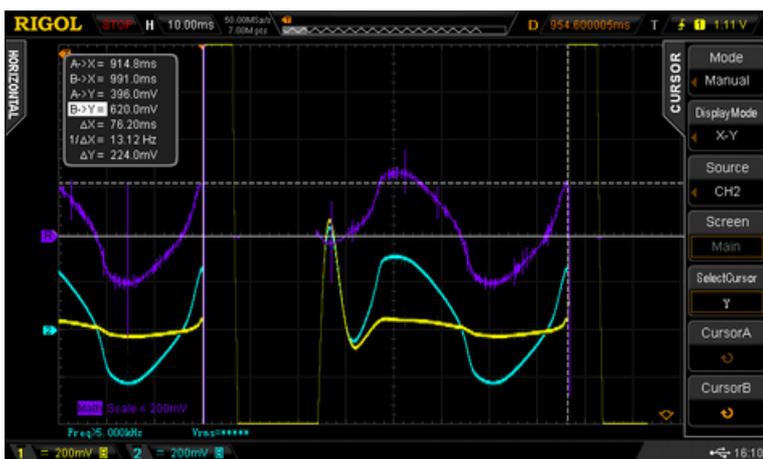


éclairage éteint
 $I = 2,24A$



éclairage 6W
 $I = 2,24A$

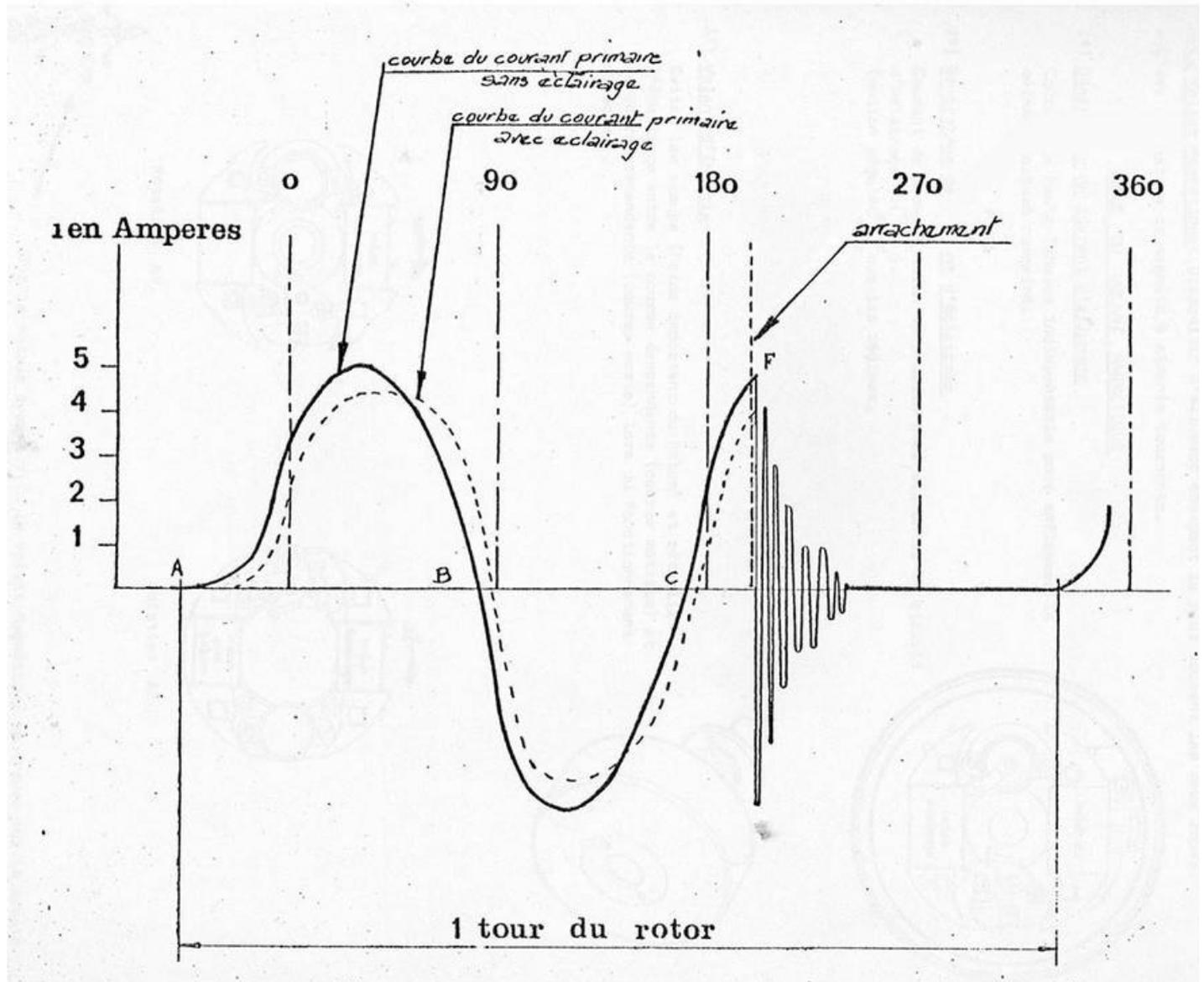
pas de diminution notable du courant (Motobécane = 20%)



éclairage en court-circuit
 $I = 2,24A$



Le papier qui a déclenché les essais, perte de 20 % du courant d'allumage en allumant l'éclairage :



Il nous reste à expliquer un phénomène qui trouble souvent les motoristes.

C'est le cas de la machine qui démarre parfaitement le jour et qui refuse de le faire la nuit lorsque l'éclairage est allumé. Pour cela, reportons-nous à la fig. 3. On remarque sur cette figure une courbe en pointillé qui a la même allure que celle en trait plein mais qui est décalée vers la droite ; c'est-à-dire dans le sens de marche et dont les maxima sont plus faibles.

Les valeurs plus faibles sont dues au fait que l'éclairage étant en fonctionnement, le courant parcourant la bobine d'éclairage a un effet démagnétisant, ce qui diminue le flux des aimants. Le décalage est dû au fait que nous avons maintenant 2 circuits en série, que les selfs s'ajoutent, ce qui augmente le décalage entre le courant et la tension. (en réalité, il y a aussi une augmentation supplémentaire de la self totale du circuit dû au fait que les aimants travaillent plus fortement, donc sur une courbe de recul plus basse, la perméabilité reversible a également augmenté).

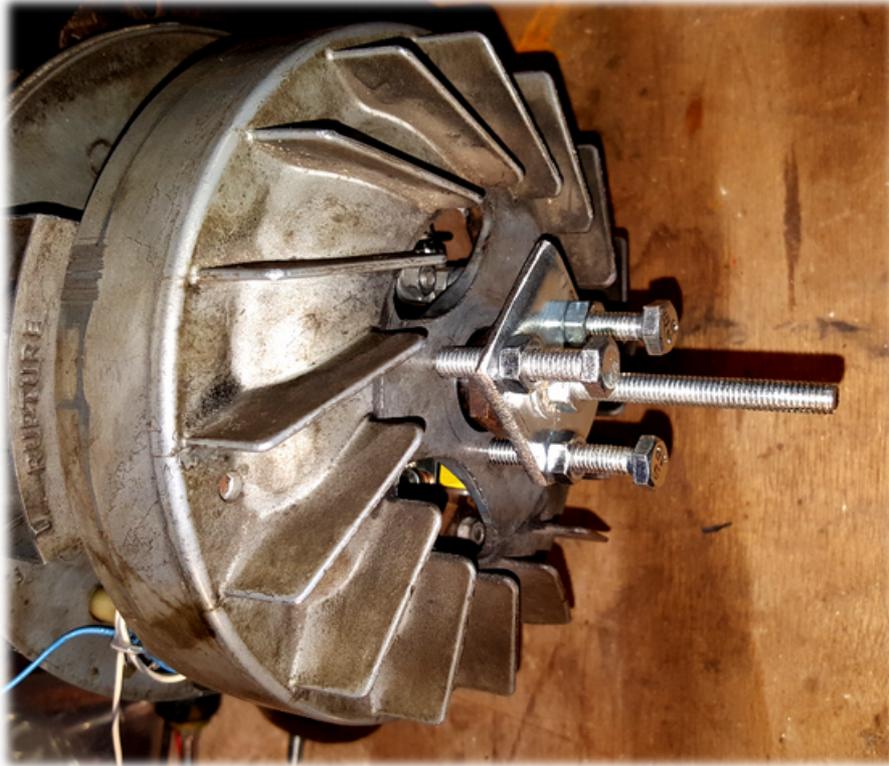
Source Fluky, attribuée par Bernique à Motobécane (<http://www.bernique.fr/RapNpneus/viewtopic.php?pid=124629#p124629>)



Le volant magnétique

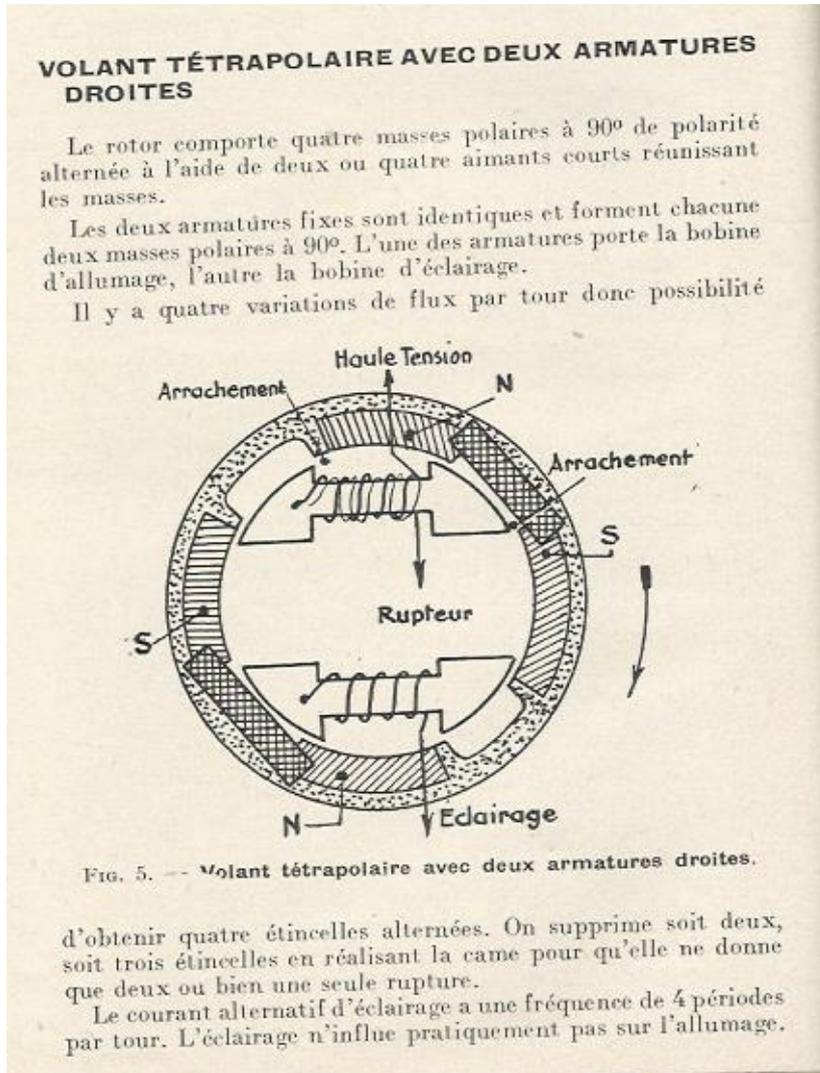
v 3.0

Le moteur est utilisé sans bougie, lubrifié par un coup de WD40 et entraîné, pour de courts essais, par une perceuse manuelle. L'arrache-volant est utilisé en axe virtuel (après revissage de l'écrou d'arbre et alignement satisfaisant de l'axe).





Nicos_32, du forum rap'n pneus, m'a fait parvenir un doc issu du "moto-cyclo catalogue" édition 1951, qui correspond exactement au cas Solex.



le cas Solex y est décrit :

quand l'auteur parle de possibilité de quatre étincelles alternées, il parle d'étincelles à polarité alternées et si la came l'autorise

Il y a une légère typo, quand il parle de quatre périodes par tour, ce sont quatre alternances par tour

il annonce clairement à la fin de la page :

« L'éclairage n'influe pratiquement pas sur l'allumage »

Et là, je suis d'accord (et mes essais aussi !) En tous cas des différences de l'ordre du 1 % sont absolument impossible à sentir lors du démarrage et peuvent être dues à des causes externes comme la constance du régime de rotation, difficile à assurer (batterie de la perceuse dans le même état de charge notamment) .

3.3. Conclusions sur le volant Solex

On voit clairement que chez Solex (VSX2200), l'éclairage allumé ou pas n'a pas d'effet au démarrage sur le courant de la bobine d'allumage, hors cas extrêmes bien entendu, à la différence de Motobécane. C'est évidemment dû à une conception différente du volant.



4. Volant Tobec série Z

La motobécane série Z a été une moto légère populaire en France dans les fifties, en 125 ou 175 cm³ 1 cylindre 4-temps (une étincelle tous les deux tours)

Le volant comprend quatre demi-aimants et produit deux alternances par tour. Les bobines d'allumage et d'éclairage sont en opposition de phase.

Le volant est monté au plus près du palier de vilebrequin et la cloche est ouverte vers l'extérieur, comme plus tard sur la Suzuki GSX400 et d'autres japonaises. Les cames d'avance sont montées sur le carter moteur.

Les bobines et le rupteur sont montés sur le carter extérieur.

IGM (l'Institut Gériatrique des Motos) s'inquiète d'une très légère étincelle au rupteur, malgré l'utilisation d'un condensateur film WIMA, cela ressemble à la fermeture (avec rebonds) du rupteur alors que la tension n'est pas strictement à zéro.

IGM a monté une bobine Novi de Mob extérieure, et qui donc chauffe moins, partant du raisonnement que la bobine primaire dans le volant fait 1Ω.

Caractéristiques notables : R= 0,88Ω et L=12mH



A 3000 rpm (50Hz) le rupteur s'ouvre près d'un maximum de tension

jaune tension condensateur

bleu tension-témoin de l'éclairage, en opposition de phase
la durée de l'étincelle (sur une bougie et non sur un éclateur représentatif) est de 2,3ms
sur éclateur de 7mm la durée bougie est de 1,2ms

l'amplitude de la surtension condensateur atteint 300V, exigeant des condensateurs à 630V, pour ne pas être détruits en cas de fil de bougie débranché

le rupteur se ferme vers 7ms proche du zéro de tension pendant la fermeture du rupteur, il y a donc charge de la bobine dans le bon sens, charge de la bobine dans le sens inverse, puis charge utile dans le bon sens !
c'est pas vraiment un dwell (temps de magnétisation utile de la bobine) mais plutôt un rapport cyclique de 0,65



Durée d'étincelle sur éclateur 7mm : 700μs



5. Volant anglais Villiers

C'est un volant anglais des années 20 et 30, trouvé à l'institut gériatrique des Motos IGM et qui équipait de nombreuses motos françaises dont un grand nombre de Monet Goyon. Cette marque a fini par les fabriquer sous licence.

Grosse pièce (diamètre 7 pouces, près de 180 mm) en bronze, avec les composants internes en rapport.



L'avance est réglable, le porte-bobine tourne sur le moyeu et est verrouillé en position par une découpe en secteur circulaire de la fixation. Même si ça s'appelle magnéto, ce n'est que le nom anglo-saxon et il ne possède pas d'éclateur de limitation, il y a de la place ici et on peut respecter largement les distances d'isolement.





La came est ouverte la majorité du tour, et ne se ferme que pendant une cinquantaine de degrés, pour ne magnétiser la bobine d'allumage que pendant la même phase (contre 270° pour un volant moderne, où on ne s'embarasse plus de ces subtilités). Je n'ai pas encore eu l'occasion de le faire tourner pour le vérifier.





Le volant magnétique

v 3.0

Le rupteur et le condensateur sont logés dans un cylindre en laiton. Le condensateur étant supposé nécessiter moins d'interventions que le rupteur, il est logé à l'étage inférieur. C'est un gros condensateur que je suppose au mica. Il y a la place pour caser sans problème un condensateur moderne à film MKP.





Table des matières

1.Fonction allumage.....	1
1.1.Rappel des fondamentaux.....	1
1.1.1.l'inductance.....	1
1.1.2.l'énergie de l'inductance.....	2
1.1.3.Le Dwell.....	2
1.1.4.Le dwell sur volant magnétique.....	4
1.1.5.Magnétisation de la bobine Solex.....	4
1.2.L'instant d'allumage.....	5
1.2.1.La bobine à l'ouverture rupteur.....	5
1.2.2.le rupteur.....	5
1.2.3.Le condensateur.....	6
1.2.4.La bougie.....	6
bobine d'allumage Solex VSX2200 SEV.....	9
1.3.Régime utilisable.....	16
2.Fonction éclairage.....	17
3.Volant de Solex 2200.....	18
3.1.Le circuit magnétique.....	18
3.2.Mesures avec ou sans éclairage.....	20
3.3.Conclusions sur le volant Solex.....	24
4.Volant Tobec série Z.....	25
5.Volant anglais Villiers.....	26