

Multiaxes ▶ pendulaires ▶ hélicos légers ▶ autogires ▶ construction amateur

ULM + LSA

# VOL moteur

Le MAGAZINE du PILOTE ULM

## SKYLEADER SL 400 UN BEL ÉQUILIBRE

Test multiaxes



### BLOIS 2020 COMME SI VOUS Y ÉTIEZ !



TOUTES  
LES  
NOUVEAUTÉS

**ZOOM**  
TOUS LES G1 À 525 KG ?



**TOUR AIR DELTA**  
LES AMOUREUX DU PENDULAIRE



**FICHE PRATIQUE**

2<sup>e</sup> partie

Radio ICOM IC-A25CE & NE

Allumage 912

2<sup>e</sup> partie

Pour faire  
des étincelles



L 14137 - 415 - F: 7,30 € - RD



n° 415 > septembre 2020 > 7,30 €  
BELUX, DOM/S, PORT. CONT. : 8,30 € • CAN : 12,99 \$CAD  
• TOM/S : 1 200 XPF

# L'allumage, *Faire des étincelles...* cette grande nébuleuse...

2<sup>e</sup> partie

Une bonne compréhension du fonctionnement de l'allumage permet de voler rassuré. Ce mois-ci, analysons le fonctionnement de l'allumage d'un moteur à combustion interne pilotée et du Rotax série 9-- (carbu) en particulier.

Texte et photos : Christophe Huchet

Oui mais voilà, encore faut-il que cette étincelle se produise dans le bon cylindre et au bon moment ! Pour cela Rotax a défini deux paramètres, un ordre d'allumage (Firing Order) et une avance à l'allumage (AA).

➔ **L'ordre d'allumage du moteur** est défini par le motoriste en fonction de son architecture (ici boxer ou 4 cylindres à plat opposés), dans le cas du série 9-- c'est 1\_4\_2\_3. Il est immuable et a pour fonction de répartir cycliquement les forces exercées sur les pistons lors de la combustion et ainsi d'assurer la plus grande régularité du mouvement. Il détermine également le caractère du moteur et la manière dont la puissance sera délivrée en fonction de l'utilisation prévue (que les motoristes me pardonnent si je simplifie mais une explication de 4 pages n'apporterait rien à la pratique de l'ULM).

➔ **L'Avance à l'Allumage**, exprimée en degrés par rapport au point mort haut (TDC), a pour fonction de positionner le point d'allumage (l'étincelle) à l'instant le plus judicieux pour permettre une combustion optimale du mélange présent dans la chambre de combustion, cette position est réglable et ajustable en temps réel sur la quasi-totalité des moteurs terrestres modernes ce qui, par voie de conséquence, assure un rendement maximal du moteur, mais pas sur le Rotax 912 (carbu).

## Comment expliquer l'AA

Lors du démarrage du moteur, l'AA doit être minimum afin de permettre la rotation la plus libre et donc la plus rapide possible sous l'action du démarreur en évitant l'opposition à la rotation en cas de combustion survenant trop tôt (phénomène de retour ou kick-back). Lorsque le moteur monte en régime, l'AA doit augmenter afin de suivre les contraintes du mélange air/essence admis dans le moteur. Le temps de remplissage des chambres de combustion diminue alors que le régime augmente car les soupapes sont moins longtemps ouvertes pour admettre un volume identique ou supérieur. Simultanément, le régime augmentant, la propagation de la combustion est plus rapide et le temps moteur se raccourcit. Pour accepter cela, il est nécessaire que l'allumage se produise avant le PMH et d'anticiper l'allumage, c'est la fameuse Avance à l'Allumage. Pour faire simple, plus le régime augmente plus l'AA doit augmenter pour que le moteur soit apte à produire et restituer la puis-

sance qu'il produit afin de permettre un fonctionnement harmonieux. L'allumage suit le régime moteur, en fait il le précède, on parle alors de « courbe d'allumage » ou « courbe d'avance ». Ça, c'est le cas général qui ne s'applique pas aux Rotax série 9-- (carbu).

En effet, partant du principe qu'un moteur aéronautique est exploité sur 3 plages : ralenti (démarrage, chauffe, roulage); pleine charge (décollage); charge moyenne (croisière), et se basant sur les solutions adoptées pour les magnétos ancestrales, Rotax, comme de nombreux autres motoristes, a doté ses moteurs d'un allumage fixe muni d'un dispositif de déphasage temporaire pour faciliter le démarrage. Ce dispositif, géré par les modules CDI, retarde l'allumage en établissant l'AA à 3 ou - 4° (selon modèle, on devrait ici parler de retard à l'allumage) pendant un temps donné (3 à 8 secondes, selon modèle) et en dessous d'un certain régime (650 à 1000 rpm, selon modèle). Une fois l'une de ces butées atteintes, l'AA se cale à sa valeur maximale (24 à 26°, selon modèle) sans aucune progression des 1400 à 5800 rpm, et pour ne

plus en bouger jusqu'à l'arrêt du moteur. Cette solution a eu pour avantage de simplifier la conception et la fabrication des modules CDI. Ce qui était vrai à l'époque de la conception du série 9-- mais l'est beaucoup moins aujourd'hui. D'autre part, du fait que les modules CDI Ducati soient identiques sur les moteurs certifiés ou non, il ne faut pas attendre de Rotax une modernisation des modules qui lui imposerait des coûts de certification importants pour une technologie abandonnée sur les nouvelles générations de moteurs à injection.

Les inconvénients sont pourtant nombreux: difficulté de démarrage lorsque l'on se trouve hors des plages de déphasage (ou que celui-ci ne fonctionne plus...), rugosité au ralenti, régime vibratoire amplifié, montée en régime brutale, à coups lors de l'arrêt.

Tout moteur a un régime défavorable, c'est le corollaire du choix de l'ordre d'allumage. Dans le cas du série 9-- (carbu), il se situe entre 3200 et 3700 rpm, selon qu'il s'agisse d'un 80, 100 ou 115 ch qui ont des rapports volumétriques différents. (Tiens c'est le régime de la vent arrière...).

### BRP-Rotax Maintenance Manual

#### 2) Systems description

##### 2.1.) Electric system (alternators, ignition)

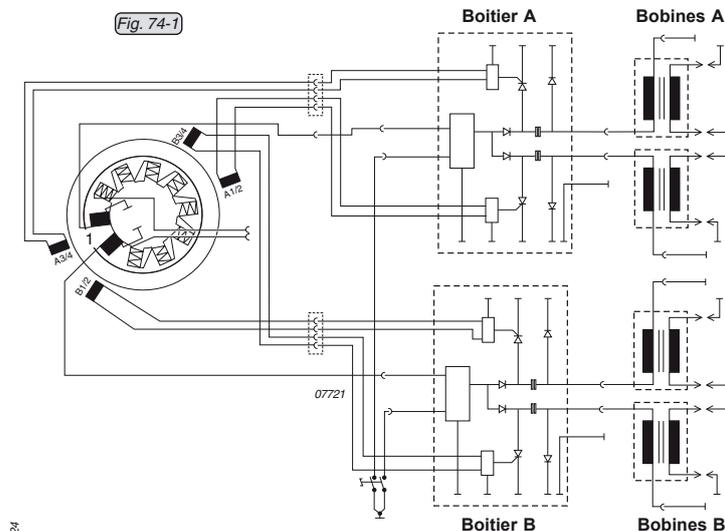
See Fig. 74-1.

ROTAX engines of the 912/914 Series are equipped with a breakerless dual ignition system (DCDI-Dual Capacitor Discharge Ignition).

The ignition unit needs no external power supply.

Each of the two independent charging coils (1) located on the generator stator supplies one of the two ignition circuits. The energy is stored in capacitors of the electronic modules (2). At the moment of ignition, 2 each of the 4 external trigger coils (3) actuate the discharge of the capacitors via the primary circuit of the dual ignition transformers (4).

◆ NOTE: The 5th trigger coil (5) is provided for the rev counter signal.



BRP - Powertrain  
APPENDIX TO OVERHAUL MANUAL

5.9 Ignition

See Overhaul Manual chapter 12.28.10

Prüfprotokoll für Zündanlage / Inspection protocol for ignition unit																																									
Type, S/N / engine type, S/N:																																									
Zündanlage, S/N: Ignition unit, S/N:			TSN																																						
Sichtkontrolle: Visual check:	Bem. /																																								
Geber-Zuordnung: Pick-up coordination:	Type	Zündkreis / Ignition circuit																																							
Zündspule: Einschaltdrehzahl max. 220 1/min Ignition coil: start r.p.m. max. 220 r.p.m.		A 1/2	A 3/4	B 1/2	B 3/4																																				
	912	1T / 2T	3B / 4B	1B / 2B	3T / 4T																																				
	914	1T / 2T	3T / 4T	1B / 2B	3B / 4B																																				
Abstellkontrolle: Kreis A Ignition stop check: Circuit A	Zündspule "AUS" / Spark "OFF"																																								
Abstellkontrolle: Kreis B Ignition stop check: Circuit B	Zündspule "AUS" / Spark "OFF"																																								
Zündverstellung bei: (max. 1000 1/min Ignition variation at: (max. 1000 rpm)		A 1/2	A 3/4	B 1/2	B 3/4																																				
SMD-Modul oben S/N, TNr: SMD-modul, top S/N, p/n:	new/old																																								
SMD-Modul unten S/N, TNr: SMD-modul bottom S/N, p/n:	new/old																																								
Anschlußbelegung gem. Schaltplan des letztgültigen Wartungshandbuchs wire connection checked according Maintenance Manual, current issue																																									
Bemerkungen / Remarks:																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Messwerte für die Zündanlage / Measurement values for the ignition unit</th> </tr> <tr> <th colspan="6">Nachstehende Messwerte können, nach Lösen der Steckverbindungen vor Ort kontrolliert werden / The following measurement values can be checked at the appropriate point after detaching the plug connections</th> </tr> <tr> <th>Komponente / Part</th> <th>Anschlusskontakt/Connection</th> <th>Widerstand/resistance</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zündspule primär / Primary ignition coil</td> <td>- ground</td> <td>0,1 ± 0,4 Ω</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Zündspule sekundär / Secondary ignition coil</td> <td>- High v.</td> <td>6,1 ± 6,7 Ω</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Widerstandstecker / Resistance spark plug connector</td> <td></td> <td>4,4 ± 6,0 Ω</td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table>						Messwerte für die Zündanlage / Measurement values for the ignition unit						Nachstehende Messwerte können, nach Lösen der Steckverbindungen vor Ort kontrolliert werden / The following measurement values can be checked at the appropriate point after detaching the plug connections						Komponente / Part	Anschlusskontakt/Connection	Widerstand/resistance				Zündspule primär / Primary ignition coil	- ground	0,1 ± 0,4 Ω				Zündspule sekundär / Secondary ignition coil	- High v.	6,1 ± 6,7 Ω				Widerstandstecker / Resistance spark plug connector		4,4 ± 6,0 Ω			
Messwerte für die Zündanlage / Measurement values for the ignition unit																																									
Nachstehende Messwerte können, nach Lösen der Steckverbindungen vor Ort kontrolliert werden / The following measurement values can be checked at the appropriate point after detaching the plug connections																																									
Komponente / Part	Anschlusskontakt/Connection	Widerstand/resistance																																							
Zündspule primär / Primary ignition coil	- ground	0,1 ± 0,4 Ω																																							
Zündspule sekundär / Secondary ignition coil	- High v.	6,1 ± 6,7 Ω																																							
Widerstandstecker / Resistance spark plug connector		4,4 ± 6,0 Ω																																							
Stator mit Ohmmeter geprüft / Stator tested with Ohmmeter:																																									
Ladespulen (2 Stück) Charging coils (2 pieces)	Kreis A Circuit A gegen Masse	soll / nom.																																							
	Kreis B Circuit B against ground	3,2 ± 4,5 Ω																																							
Lichtspulen (8 Stk.) Lighting coils (8 pieces)	in Serie (gelb-gelb) / in series (yel-yel)	0,1 ± 0,8 Ω																																							
	gegen Masse / against ground	∞																																							
Prüflauf mit Fremdregler und 12V 36 Ah Batterie (geladen) / test run with external regulator and 12V 36 Ah (loaded)																																									
Drehzahl / speed RPM R.P.M.	Lampenbelastung load / bulbs	Spannungsanzeige soll voltage nomin.	Spannungsanzeige ist voltage actual																																						
4000 1/min		14,0 ± 0,3 V																																							
4000 1/min	150W	13,2 ± 0,5 V																																							
Geberwiderstand (bei offener Steckverbindung) / Pick-up	A 1/2	A 3/4	B 1/2	B 3/4	Drehz./rev.																																				
Hinweis: Die Messung erfolgt bei einer Umgebungstemperatur von +20°C bis +30°C Note: measurements at ambient temperature between +20°C and +30°C																																									
Unterschrift Prüfer / Signature Tester:					Datum / Date:																																				

Effectivity: 912 / 914 Series  
Edition 1 / Rev. 5

Engine S/N:	
Date:	

March 01/2016

Les tests, contrôles et mesures possibles

Il existe de nombreux contrôles à réaliser sur le système d'allumage. Les boîtiers CDI sont fréquemment incriminés lors de pannes et beaucoup moins lors de dysfonctionnements annexes. Cela s'explique car le contrôle des modules CDI en static (résistance, isolation), s'il permet dans certains cas de diagnostiquer un module HS, ne fournit pas d'informations fiables sur leur comportement lorsqu'ils sont sous tension, subissant une élévation de T° naturelle à laquelle s'ajoute la T° ambiante (sous capot) car c'est bien connu, les composants électronique n'aiment pas la chaleur et ont des comportements parfois imprévisibles, surtout ceux de conception ancienne. C'est le cas des Ducati qui équipent les série 9-- carbu.

Pour effectuer un contrôle exhaustif de l'allumage et des modules, il est nécessaire de disposer d'un banc de test d'allumage ce qui est (très) rare. La solution la plus fréquemment utilisée est basée sur le principe essai/erreur (on essaye le boîtier sur un autre moteur) ce qui donne une information très parcellaire car, par exemple, si le problème rencontré a pour origine la connectic, le câblage ou un composant périphérique de la machine, on passe à côté de l'origine du dysfonctionnement...

Astuce en cas de dysfonctionnement sur l'un des allumages : intervertir les modules. Si le dysfonctionnement a été constaté sur l'allumage A et qu'une fois les boîtiers intervertis, il passe sur le B, on a la confirmation que le module est défectueux. Si le défaut persiste sur A, cela ne vient pas du boîtier.

Au sein d'AFULM, nous avons développé un banc de test dynamic des systèmes d'allumage et de charge des série 9--, que nous utilisons en formation pour reproduire les fonctionnements de l'allumage à tous les régimes et effectuer des contrôles et des mesures.

Les modules CDI DUCATI et leurs substituts possibles

Ils sont le talon d'Achille de l'allumage des séries 9, et leurs dysfonctionnements, souvent sournois, sont très difficiles à diagnostiquer (déphasage d'avance plus opérationnel sur 1 ou les 2 modules, coupure aléatoire à froid ou à chaud...). Les pathologies qu'ils induisent sont nombreuses et mal connues : défaillance de la batterie, du démarreur, de sa roue libre, difficulté ou impossibilité de synchronisation satisfaisante...).

En cas de panne, il existe 3 solutions par ordre de coûts:

1. La réparation par un atelier électronique, je n'en connais qu'un qui soit réellement fiable il est situé en Hollande (+ 500 euros pour 2 boîtiers, mais on peut réparer à l'unité).

2. Le remplacement par un module adaptable plus moderne, la solution que je préconise (500 à 800 euros pour 2 boîtiers, il est fortement déconseillé de mixer).

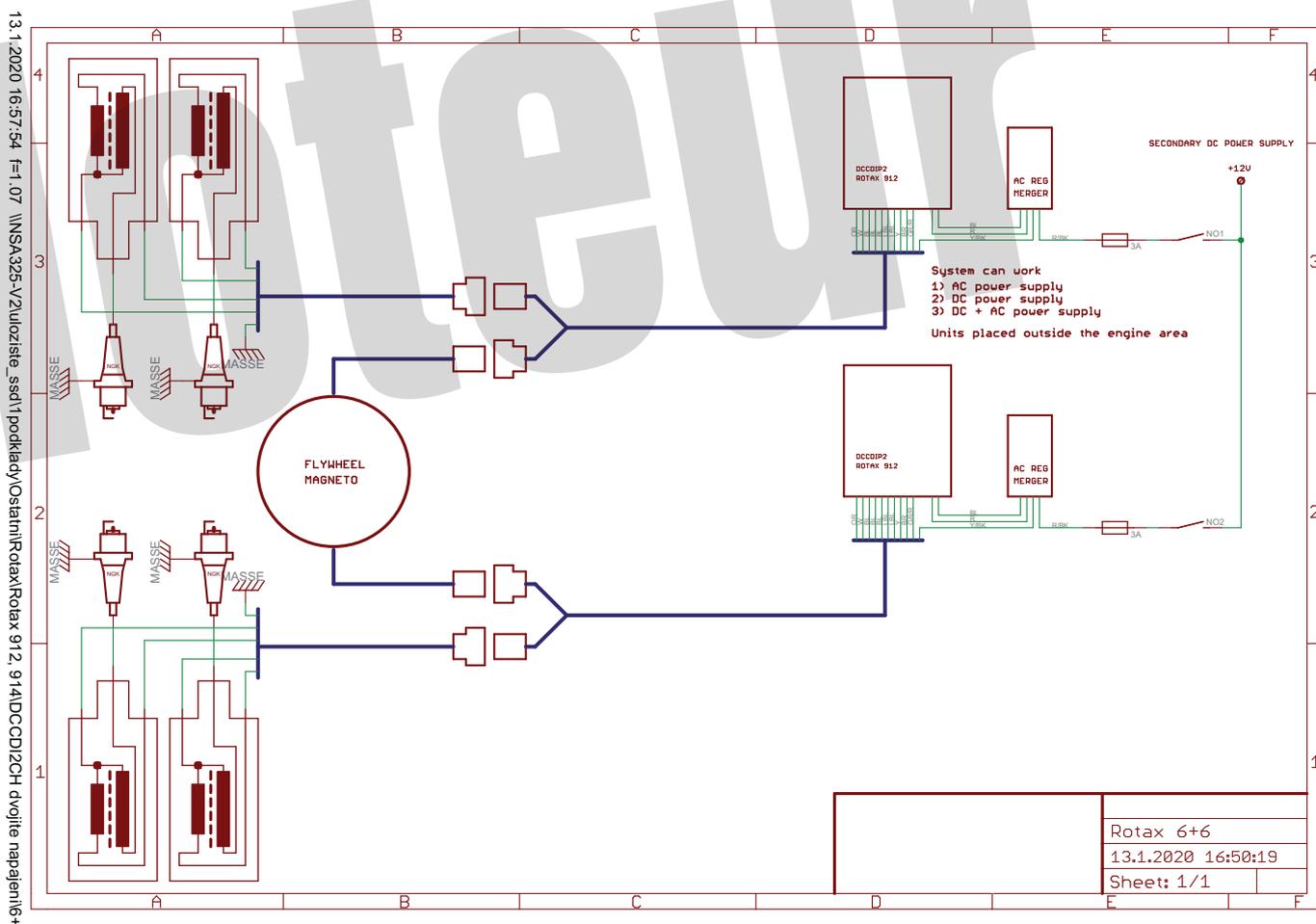
# NYNJA

skyranger@flylight.co.uk

www.skyranger.co.uk

525 kg

FLYLIGHT



**3. Le remplacement par un boîtier identique neuf,** la tranquillité a un coût (1800 euros pour 2 boîtiers, mais on peut remplacer à l'unité). Aujourd'hui, les modules CDI modernes utilisent des composants modernes et fiables dont la conception leur permet de suivre fidèlement les lois physiques et thermodynamiques régissant le fonctionnement « naturel » des moteurs. Pour cela, ils sont programmables afin de définir des courbes d'AA qui respectent le fonctionnement spécifique de chaque moteur. Ces

boîtiers peuvent se monter en remplacement des modules CDI Ducati d'origine (voir illustration ci-dessus). J'ai choisi comme base les modules Sparker DC-CDI-P2 de la Société Ignitech pour développer une courbe d'AA conforme au besoin du moteur et respectueuse des maxima du constructeur. Ces modules disposent d'une alimentation parallèle sur la batterie via un braker (3A), en plus de l'autosuffisance d'origine générée par le volant magnétique qu'ils

conservent, ce qui procure deux avantages : la production de l'allumage est effective dès les 1<sup>ers</sup> tours moteur sans attendre 250 rpm par le volant magnetic, et assure une redondance d'alimentation en cas d'arrêt de production électrique par le générateur (ce cas est très peu probable car les dispositifs (bobinages) de production du courant pour les modules CDI sont totalement passifs et, de ce fait, ne subissent aucune usure comme expliqué plus avant).

Afin de respecter au mieux les fonctionnements et de faciliter l'adaptation, nous avons conçu des supports qui permettent le montage de ces modules en lieu et place des boîtiers d'origine, illustrations ci-contre).

Vous l'aurez compris, l'allumage n'est pas une chose simple mais les systèmes développés par Rotax permettent de voler en sécurité, même si bientôt 3 décennies après leurs créations, il apparaît évident que l'on peut les améliorer sans que cela ne soit de la sorcellerie. Quoique les étincelles... ●



## Les valeurs à connaître

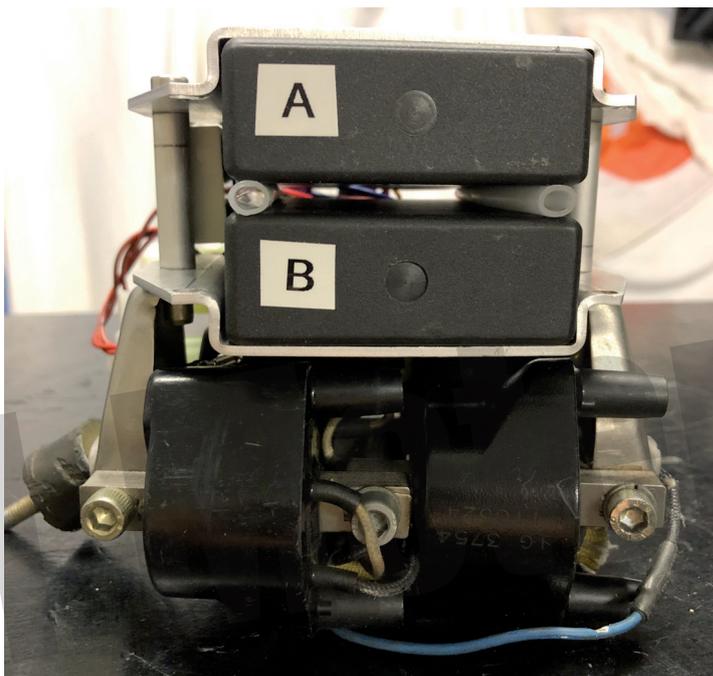
Les essais moteurs, en tant que fidèles lecteurs de Vol Moteur, vous aurez retenu de l'article sur les T° de fonctionnement que ce contrôle s'effectue une fois la T° plancher atteinte 50° huile. Il faut IMPÉRATIVEMENT effectués à 4000 rpm, c'est le seul moyen d'avoir une équivalence avec les données de Rotax, et doivent être conformes pour les :

### → 912 UL & ULS (OM)

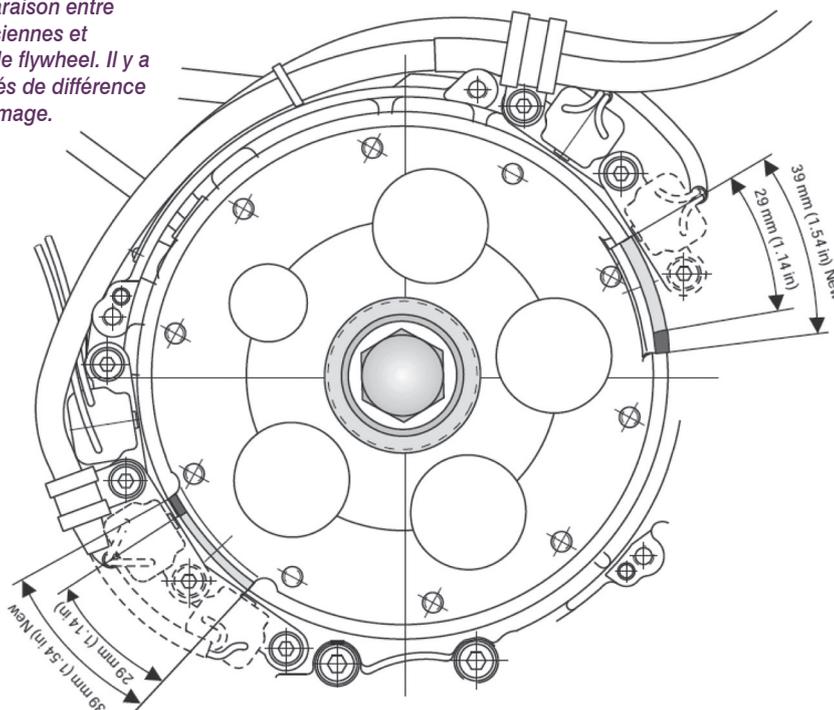
- A seul -300rpm Maxi
- B seul -300rpm Maxi
- Différence entre A seul/B seul =  
- 115 rpm Maxi

### → 914 (SI-914-034)

- A seul -500 rpm Maxi
- B seul -500 rpm Maxi
- Différence entre A seul/B seul =  
-150 rpm Maxi



Comparaison entre les anciennes et nouvelle flywheel. Il y a 3 degrés de différence à l'allumage.



### Christophe HUCHET

Formateur Technique

**AFULM**

LF3557

La Baillée sous Champ Fleury

35340 LIFFRE

[www.afulm.fr](http://www.afulm.fr)

<https://www.facebook.com/rotaxserie9/>



Pour votre sécurité venez vous former à l'entretien et la maintenance de votre ROTAX série 9 -

[www.afulm.fr](http://www.afulm.fr)

# Abonnez-vous !



RETROUVEZ NOS OFFRES SPÉCIALES  
ABONNÉS EN PAGES 37, 57 ET 59

## ABONNEMENT PAPIER

RETOURNEZ LE BULLETIN  
CI-DESSOUS

✓ 12 N° + 1 hors-série

83€

au lieu de 97,55€ (- 14,92 %)

✓ 24 N° + 2 hors-séries

157,50€

au lieu de 195,10€ (- 19,27 %)

+ accès au téléchargement gratuit du n° en cours durant la durée de votre abonnement  
Marche à suivre disponible sur [www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr) > Catégories > Abonnement Vol Moteur PDF

✚ UNE PETITE ANNONCE  
GRATUITE PAR PARUTION

Offre soumise à conditions : les petites annonces gratuites sont réservées aux particuliers. Une seule machine par annonce. Elles ne doivent comporter aucun caractère commercial. La gratuité concerne seulement les textes.

✚ LE HORS-SÉRIE GUIDE  
D'ACHAT VOL MOTEUR

de 300 p. recensant plus de 1 000 ULM/LSA, pendulaires, planeurs ULM, autogires, hélicoptères, avions certifiés et amateurs, instruments, accessoires... Prix de vente public : 9,95 €. Il s'agit des HS 2021-2022 sortie 07/2021 et 2022-2023 sortie 07/2022.

## ABONNEMENT NUMÉRIQUE

UNIQUEMENT  
EN LIGNE

✓ 13 N° (DONT LE NUMÉRO EN COURS)

63,50€

au lieu de 83€ (- 23,49 %)

[www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr)

Dans « catégories », sélectionner  
« Abonnement Vol Moteur PDF »

SCANNEZ-MOI !



ABONNEMENT  
PAPIER



> +33 (0)1 46 70 14 88/13 70 > [abo@flying-pages.com](mailto:abo@flying-pages.com)  
> [www.vol-moteur.fr](http://www.vol-moteur.fr) > [www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr)  
FLYING PAGES EUROPE, 3 rue Ampère 94200 Ivry-sur-Seine

Je désire m'abonner à Vol Moteur. Je remplis le bulletin ci-dessous.

FRANCE	<input type="checkbox"/> 1 an + 1 HS	83 €	Nom	Prénom																			
	<input type="checkbox"/> 2 ans + 2 HS	157,50 €	Adresse																				
DOM	<input type="checkbox"/> 1 an + 1 HS	94 €	CP	Ville																			
	<input type="checkbox"/> 2 ans + 2 HS	181,50 €	Tél	E-mail																			
TOM/EUROPE	<input type="checkbox"/> 1 an + 1 HS	98 €	<input type="checkbox"/> Chèque bancaire à l'ordre de FLYING PAGES EUROPE																				
	<input type="checkbox"/> 2 ans + 2 HS	198 €	<input type="checkbox"/> Virement sur notre compte : Banque : BNP PARIBAS IBAN : FR76 3000 4008 3400 0102 6653 586 BIC : BNPAFRPPVIR																				
AUTRES PAYS	<input type="checkbox"/> 1 an + 1 HS	119 €	<input type="checkbox"/> CB/Visa/Eurocard-Mastercard :																				
	<input type="checkbox"/> 2 ans + 2 HS	229,50 €	<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="8"></td> <td>Expire le</td> <td>Cryptogramme</td> </tr> </table>																				Expire le
								Expire le	Cryptogramme														

**VOL**  
moteur

Date et signature (obligatoires)