

VOL moteur

Le MAGAZINE du PILOTE ULM

ESSAI MULTIAXES

ALTO 912 TG

L'ULM COMME ON L'AIME !



FORMATION

Lâcher et vols solo

FOCUS

Remorquage de planeurs
en ULM

ESSAI PENDULAIRE
SKYPPER BUSH



DÉCOUVERTE

ESSAYEZ L'AUTOGIRE !



TECHNIQUE

GÉNÉRATEUR, RÉGULATEUR...
LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

VOYAGE

Tour du Mozambique, 2^e partie

J'IRAI POSER CHEZ VOUS

À Sollières, en Savoie

L 14137 - 432 - F: 7,30 € - RD



n° 432 > février 2022 > 7,30 €
BELUX, DOM/S, PORT. CONT. : 8,30 € • CAN : 12,99 \$CAD
TOM/S : 1 200 XPF



La production d'électricité SUR NOS ULM

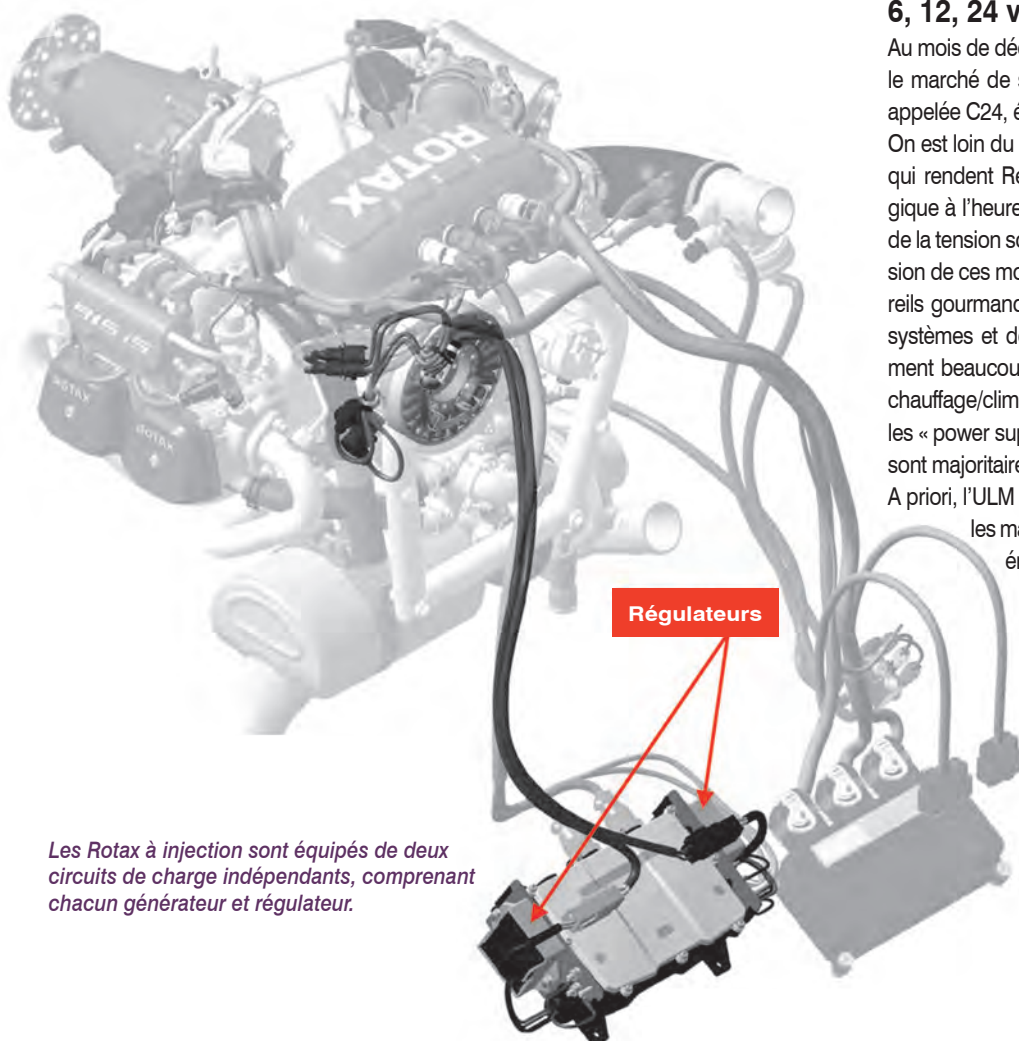
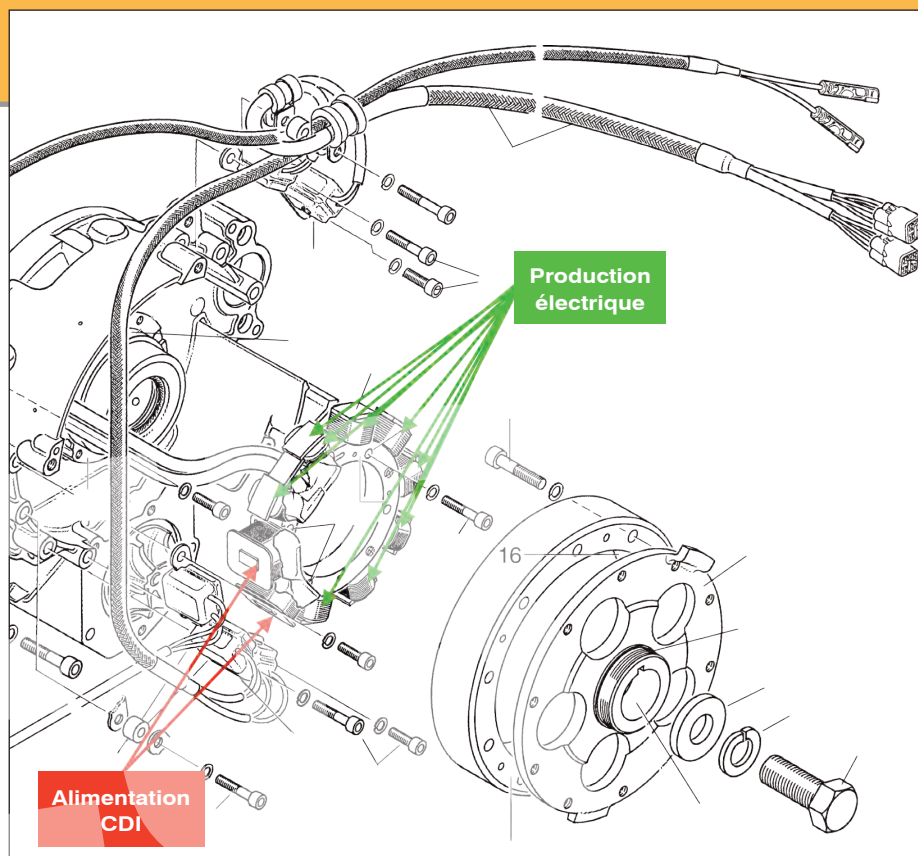
L'énergie fournie par nos moteurs est exploitée essentiellement sous deux formes : mécanique d'une part, pour faire tourner l'hélice, et électrique d'autre part, pour alimenter les instruments, les équipements et certaines commandes (volets, trim...). Comment l'électricité est-elle produite et consommée ? Que faire si l'on n'en a pas assez ? Explications concernant les moteurs Rotax série 9, à carburateurs ou à injection.

Texte : Christophe Huchet. Photos et schémas : Christophe Huchet, constructeurs

En vol vers la lumière

S'il est bien un mot que l'on entend dans notre quotidien depuis fort longtemps, plutôt trois fois qu'une ces dernières années, presque avec frénésie ces derniers mois, et dont nos activités aériennes ont de plus en plus de mal à s'affranchir, c'est le mot « électricité », cette énergie aussi étrange qu'indispensable à l'évolution terrestre et aéronautique. Les puristes et les adorateurs du canal historique auront beau dire, s'en passer est impossible pour qui souhaite s'élever à l'aide d'un plus lourd que l'air motorisé. Oui, mais de la minuscule production électrique nécessaire à l'étincelle de la bougie, à celle devenue indispensable pour alimenter nos VHF, transpondeur, EMS, GPS, EFIS, PA, strobes, tablettes, vestes chauffantes... Il y a un siècle que la dernière décennie a traversé à la vitesse de la lumière !

Schéma du circuit électrique sur un Rotax à carburateurs. Le circuit de charge (production électrique) est indépendant du circuit d'allumage (alimentation CDI).

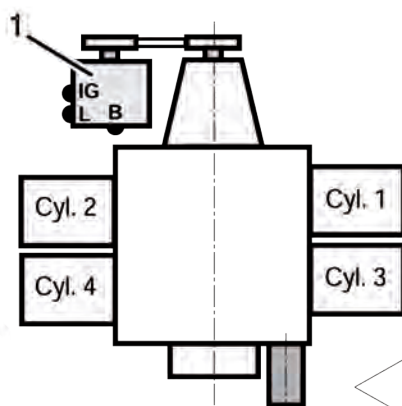


Les Rotax à injection sont équipés de deux circuits de charge indépendants, comprenant chacun générateur et régulateur.

6, 12, 24 volts...

Au mois de décembre dernier, Rotax annonçait la mise sur le marché de sa nouvelle génération de moteurs 915 iS, appelée C24, équipée de générateurs électriques en 24 V. On est loin du brave VW 1200 avec ses 6 V et sa dynamo, qui rendent Régis, du bar de l'aéro-club, un peu nostalgique à l'heure de l'apéro... Les raisons de cette élévation de la tension sont multiples, mais tiennent surtout à la diffusion de ces moteurs dans l'aviation certifiée, sur des appareils gourmands en énergie du fait de la redondance des systèmes et de la présence d'équipements qui consomment beaucoup (dispositifs de dégivrage pour le vol IFR, chauffage/climatisation cabine, éclairage...). Par ailleurs, les « power supply » disponibles sur certaines plateformes sont majoritairement en 24 V.

A priori, l'ULM ne semble pas directement concerné. Mais les machines haut de gamme sont de plus en plus énergivores, avec des instruments et des dispositifs qui vont nettement au-delà de ce que l'on considérait autrefois comme indispensable, et pour nous aussi, la production d'électricité peut devenir problématique.

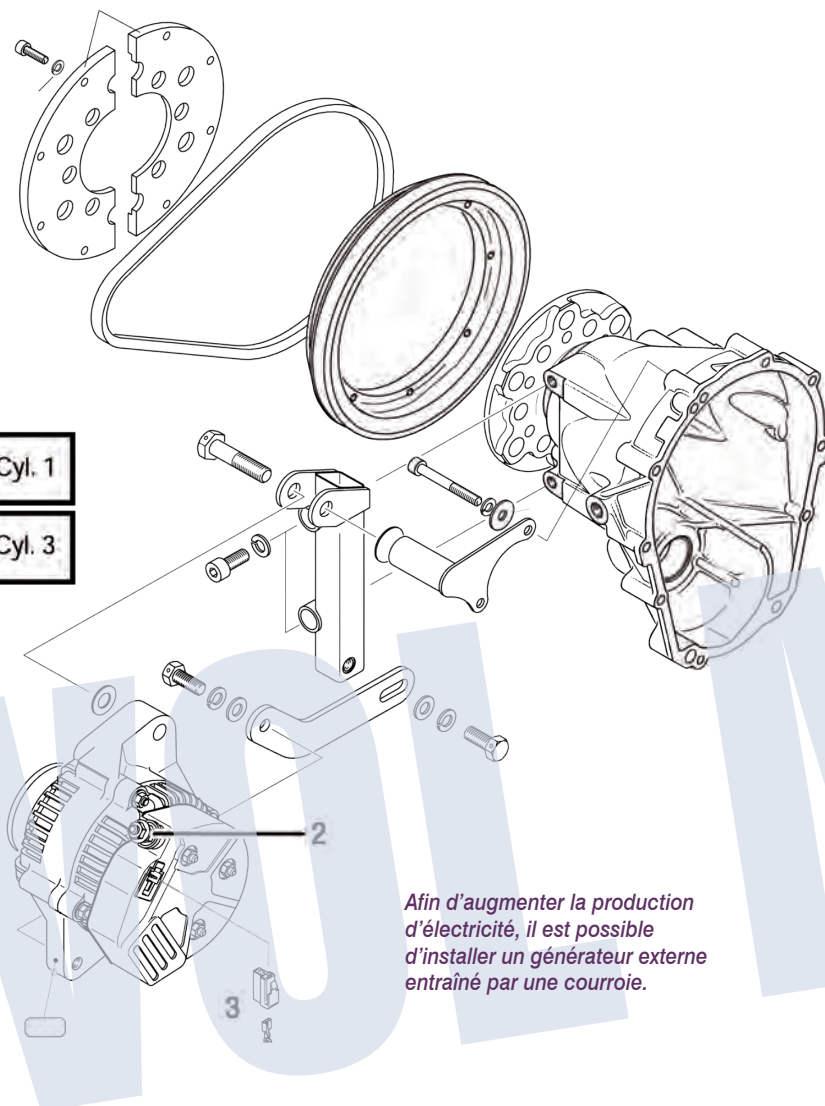


Générateur(s)

Le moteur lui-même a besoin d'électricité, en premier lieu pour le démarrage. Elle est stockée à cet effet dans une batterie, qui fournit au démarreur l'énergie nécessaire. En parallèle et pour l'allumage, l'électricité est produite par deux bobinages indépendants, situés dans le générateur, qui alimentent chacun un CDI (boîtier d'allumage). Il faut atteindre 300 tr/min pour que cette production soit effective et permette le démarrage.

La production est ensuite auto-suffisante, garantissant le fonctionnement du moteur sans aucune source électrique externe : pas besoin de batterie, ce qui explique qu'avec le contact (Master) sur OFF et les allumages sur ON le moteur continue de tourner (c'est rassurant !). Attention, cela n'est vrai que pour les Rotax 912 et 912 S à carburateurs, pas pour le 914 ni les moteurs à injection, sur lesquels nous revenons un peu plus loin.

Il faut par ailleurs alimenter les équipements électriques. C'est le rôle du générateur, dont la production doit être suffisante pour assurer le fonctionnement de l'ensemble des consommateurs, tout en fournissant un courant de recharge à la batterie afin de permettre le prochain démarrage. La technologie utilisée par Rotax pour générer de l'électricité est appelée Permanent Magnet Alternator. C'est le même principe que sur le volant magnétique d'un cyclomoteur ou d'un scooter. Dès qu'il est sollicité en rotation, le générateur interne produit (sans aucune excitation extérieure) un courant qui varie avec le régime : plus le moteur tourne vite plus la tension est élevée, elle peut monter jusqu'à 70 V. D'où la présence d'un régulateur de tension (voyez plus loin dans l'article), ainsi que d'un condensateur destiné à absorber les crêtes de tension, en cas de coupure intempestive du contact moteur tournant par exemple.



Afin d'augmenter la production d'électricité, il est possible d'installer un générateur externe entraîné par une courroie.

Tension, intensité et puissance

Le Volt (défini par Alessandro Volta vers 1800) : c'est l'unité de mesure de la tension électrique (U). Par analogie avec l'hydraulique c'est la pression de l'eau dans le tuyau d'arrosage, plus elle est élevée plus il y a d'eau à circuler. Elle se mesure entre + et - du circuit.

L'Ampère (défini par André-Marie Ampère vers 1820) : c'est l'unité de mesure de l'intensité du courant électrique (I). L'analogie avec notre tuyau d'arrosage, plus la section est importante plus on peut en faire circuler en moins de temps et avec moins de pression. Elle se mesure en un point du circuit.

Le Watt (défini par James Watt vers 1770) : c'est la puissance fournie ou absorbée par un système (P). Un moteur de 100 ch = 73,6 W.

En électricité, on a : $P = U \times I$. La majorité des données énoncées dans l'article sont brutes, basées sur la tension théorique de 12 V. Certains fabricants utilisant d'autres références (12,8 V, 14 V, 14,8 V), vous pourrez parfois constater quelques différences.

Les moteurs à injection de la série 9i sont pour leur part équipés de 2 générateurs, nommés A et B, fonctionnant sur le même principe, disposant de circuits et de régulateurs indépendants. Le générateur A est dédié au moteur (module ECU et pompes d'injection), le B a pour fonction première d'assurer l'alimentation de l'ensemble des consommateurs et la recharge de la batterie, et pour rôle secondaire (mais essentiel!) de suppléer au A en cas de panne de ce dernier.

Les puissances demeurent relativement faibles, particulièrement sur les Rotax série 9 à carburateurs conçus dans les années 90, où les consommateurs électriques étaient beaucoup moins nombreux. La production électrique brute théorique est de :

- 250 W soit 20 A en 12 V pour un série 9 carbu
- Générateur A = 220 W (16 A) et générateur B = 420 W (30 A), soit 46 A au total pour un série 9i

Pour vous donner un ordre de grandeur, il faut mettre cela en perspective avec la capacité de production électrique d'une petite voiture citadine moderne, qui s'établit autour des 110 A !

Consommation

Et si vous réalisiez un devis électrique, recensant toutes les consommations de vos équipements, un peu comme le devis de masse que vous établissez avant de charger votre ULM? Le tableau ci-contre, en haut, répertorie les besoins énergétiques pour l'ensemble des dispositifs embarqués, en fonction du niveau d'équipement de l'ULM. Bien sûr, il faut interpréter ce devis avec discernement, l'activation des consommateurs électriques n'étant jamais ni simultanée ni maximale.

Reste à rapprocher production et consommation. C'est ce que nous avons fait dans les deux tableaux suivants. Le premier concerne les moteurs Rotax à carburateurs, en tenant compte de la consommation éventuelle de la pompe à essence si vous montez un kit d'injection type LAD ou Edge Performance, soit environ 8 A. Notez que le Rotax 914 est lui aussi équipé d'une pompe à essence électrique fonctionnant en permanence.

Le dernier tableau concerne les Rotax à injection (série i), pour lesquels la consommation électrique de l'injection est d'environ 12 A.

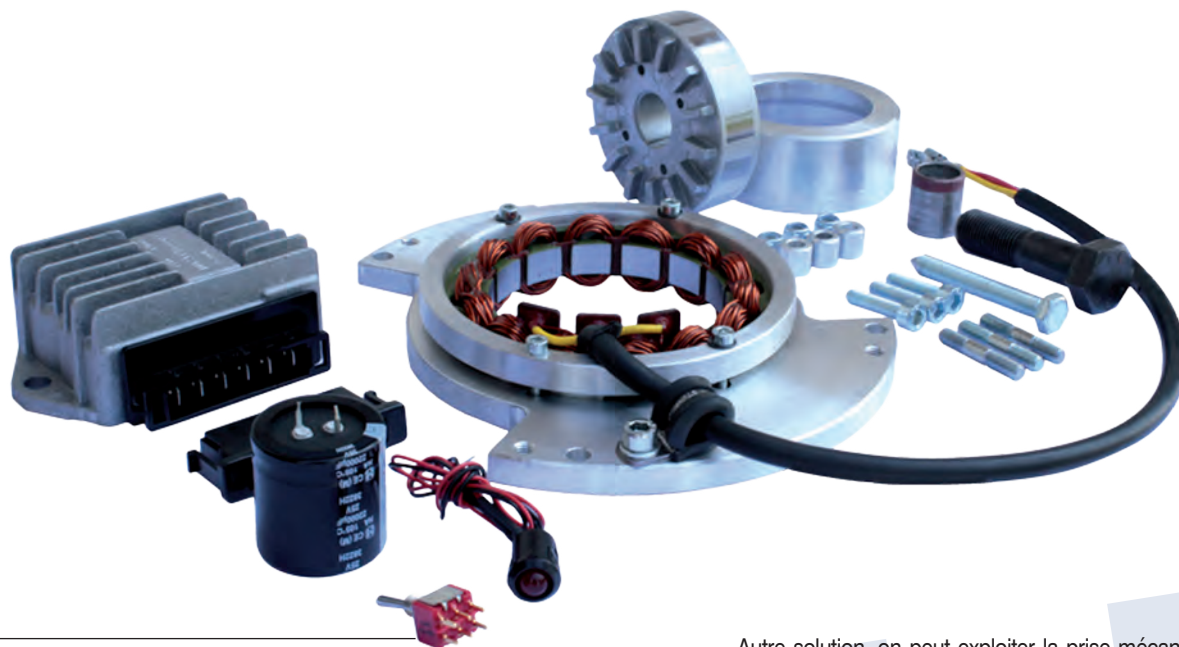
C'est édifiant, dans bien des cas on flirte avec les limites, et elles sont parfois allègrement dépassées. Cela signifie-t-il que je dois alors me passer de certains équipements électriques, comme lorsque mon devis de masse est en dehors de l'enveloppe autorisée, je dois alléger l'appareil en emportant moins de carburant ou/et de bagages? C'est inenvisageable pour bon nombre d'entre nous, dont je fais partie (Régis, lui, vous dira qu'il n'a besoin que d'un crayon et d'une carte...). Il y a d'autres solutions.

CONSUMATION ÉLECTRIQUE			
Équipement	Consommation (ampères)	Devis global (ampères)	Niveau d'équipement
Voyants/sondes/éclairage	2,00	10,50	Basique
VHF (portable)	5,00		
Transpondeur	2,00		
Téléphone	1,50		
Strobe	3,80	18,13	Standard
Phare atterro	0,33		
Caméra	1,00		
Tablette 11"	2,50		
Écran EFIS 7"	2,70	45,83	Haut de gamme
VHF (intégrée)	3,00		
GPS	1,00		
EMS	1,00		
Hélice PV	3,00		
Pilote Auto	5,00		
Train rentrant	6,00		
Pitot chauffant	8,00		
Trim	3,00	11,90	Option confort cabine ouverte
Gants chauffants	1,80		
Veste chauffante	6,50		
Pantalon chauffant	3,60		

BILAN ÉLECTRIQUE ROTAX SÉRIE 9			
Équipement	Devis global (ampères)	Production électrique (ampères)	Bilan électrique (ampères)
Basique	10,50	20	9,50
Standard	18,13		1,87
Standard + injection	26,13		- 6,13
Autogire Rotax 914 « option confort »	38,03		- 18,03
Haut de gamme	45,83		- 25,83
Haut de gamme + injection	53,83		- 33,83

BILAN ÉLECTRIQUE ROTAX SÉRIE 9i			
Équipement	Devis global (ampères)	Production électrique (ampères)	Bilan électrique (ampères)
Basique	22,50	46	23,50
Standard	30,13		15,87
Autogire « option confort »	42,03		3,97
Haut de gamme	57,83		- 11,83

Et si vous réalisiez un bilan électrique, recensant les consommations de vos équipements ?



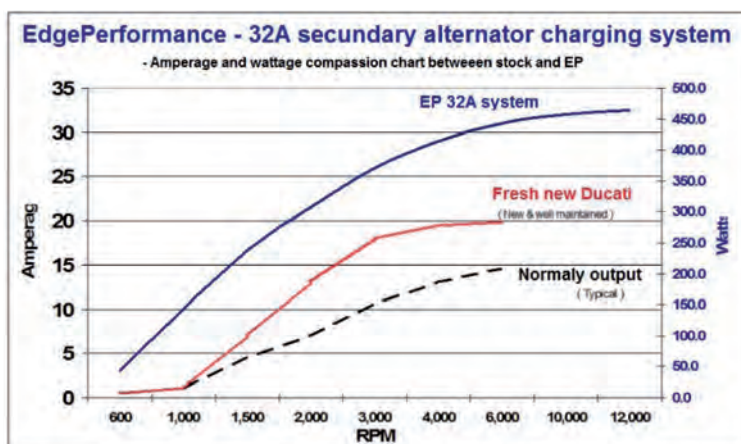
Générateur supplémentaire

Pour délivrer de la puissance électrique additionnelle, Rotax propose un générateur externe entraîné par une courroie dont le mouvement est dérivé de l'arbre d'hélice. Il s'agit d'un alternateur de type automobile à excitation pilotée, technologie très répandue avec laquelle le régulateur est implanté sur l'alternateur, ce qui simplifie notablement le câblage. En outre, vous pouvez n'acheter que le kit de montage (support et courroie) chez Rotax, et choisir l'alternateur dans le catalogue des équipementiers automobiles, pour un coût modéré. Les défauts du système sont liés à la prise de force par courroie, qui impose des éléments tournants supplémentaires (poulie et courroie), représentant une masse de l'ordre de 4 kg, supports et câblages inclus. Mal placée, tout à l'avant du moteur, elle affecte d'autant plus le centrage de la machine. De plus, une modification du capot moteur peut être nécessaire. Les puissances produites sont de l'ordre de 550 W assurant 45 A disponibles pour un prix du matériel d'environ 1200 euros (montage en sus).

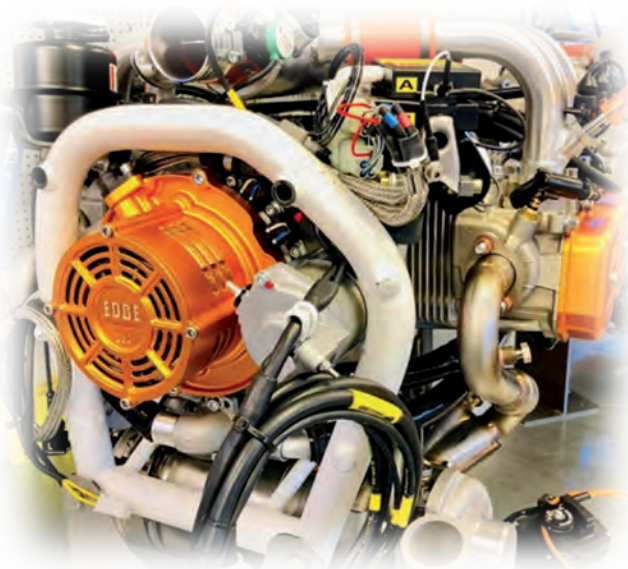
Le kit Flygas propose un double générateur.

Ce générateur Edge Performance s'installe en lieu et place du générateur d'origine.

Autre solution, on peut exploiter la prise mécanique originellement prévue pour une pompe à vide (à l'époque où les horizons artificiels fonctionnaient ainsi...), afin d'entraîner un générateur supplémentaire. Peu répandue en Europe, c'est une technique très utilisée aux USA, qui présente de multiples avantages: le positionnement de la masse additionnelle est meilleur (sur le dessus et au centre du moteur), l'entraînement direct autorise des puissances plus importantes et ne nécessite pas d'entretien (pas de courroie). Les inconvénients sont la complexité d'installation si le moteur n'est pas équipé à l'origine d'une telle prise (il faut démonter le réducteur), et l'encombrement pas toujours compatible avec la faible place disponible sous les capots des ULM. Il faut compter environ 2 kg d'équipement pour une production de 500 à 800 W soit 40 à 65 A. Le prix va de 1500 à 2 500 euros selon la puissance désirée (plus le montage).



Graph showing a typical installation of the EFI system onto a Rotax 912ULS engine.



Fête de L'AVIATION

23
24
25
SEPTEMBRE 2022

Partout en France

CLUBS ET
PROFESSIONNELS

PROFITEZ D'UNE

FORMIDABLE DYNAMIQUE,

ORGANISEZ VOTRE FÊTE

À NOS CÔTÉS!

Renseignements
et inscriptions

au +33(0)4 77 72 32 25

ou contact@fetedelaviation.fr

www.fetedelaviation.fr
#fetedelaviation

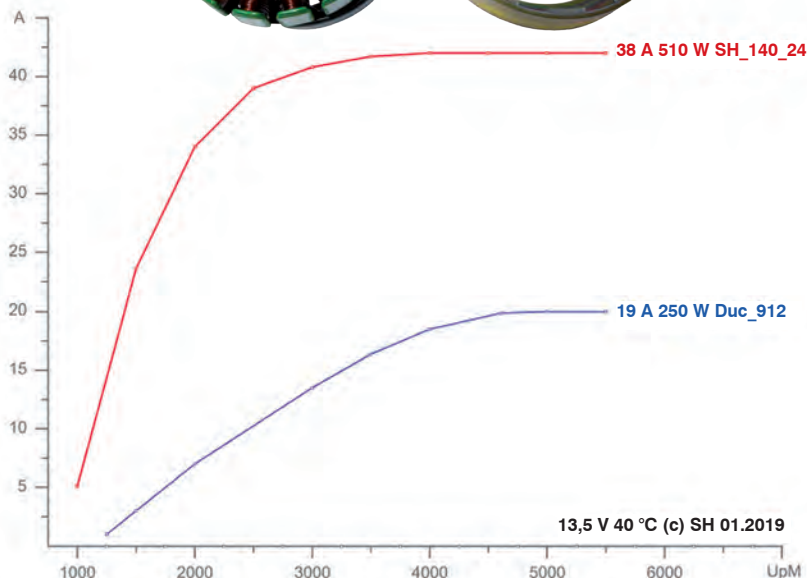
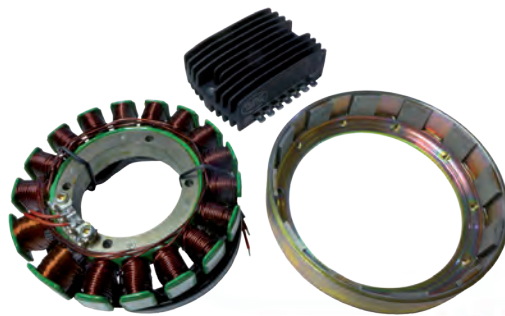
Remplacement du générateur

Certains spécialistes ont travaillé au remplacement du générateur d'origine par un modèle plus puissant, en multipliant les bobinages du stator et les aimants du rotor, ou en superposant une machinerie complète à celle d'origine. Ces solutions ne modifient pas ou peu l'encombrement du dispositif, et fonctionnent en transparence avec les accessoires et câblages d'origine. Un câblage et un régulateur spécifiques sont cependant nécessaires dans le cas où on ajoute un étage de production, mais on bénéficie alors d'une redondance du générateur électrique (on n'a rien sans rien!).

Les puissances produites par ces dispositifs s'échelonnent de 180 à 510 W, assurant un courant de 16 à 40 A, qui peut, le cas échéant, s'ajouter au générateur d'origine pour atteindre une production électrique totale de 720 W/ 60 A.

Le prix du matériel oscille entre 1 000 à 2 000 euros selon la solution choisie (montage en sus).

Générateur et régulateur
Silent Hektik.



Régulateur

On ne saurait évoquer la production d'électricité sans parler de ce composant essentiel qu'est le régulateur. Il s'agit en fait d'un redresseur-régulateur: il transforme le courant alternatif produit par le générateur en un courant continu (redressement), il en gère le débit (ampère), et en régule la tension (volt). Son fonctionnement entraîne une forte émission de température, qui impose des ailettes de refroidissement sur son boîtier. Il est le garant de la qualité du courant de charge fourni à la batterie. La tolérance aux variations de tension d'une batterie au plomb est de +/- 0,5 V, alors que celle d'une batterie lithium est de +/- 0,05 V. ●

IMPORTANT

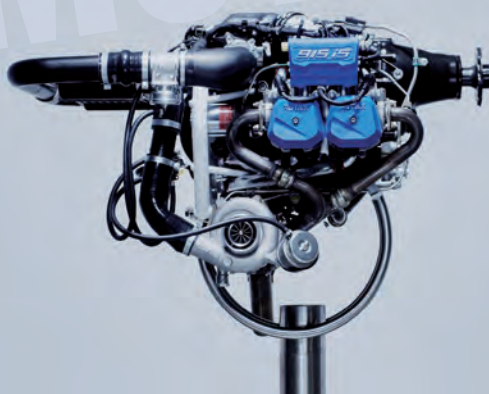
Avec le régulateur Ducati qui équipe les Rotax série 9 à carburateurs, il est fortement déconseillé d'utiliser autre chose que des batteries au plomb. Avec les régulateurs équipant les séries 9i à injection, il est possible d'utiliser des batteries type lithium-ion de technologie LiFePo4 (la moins sensible à l'emballement).



Ce générateur B&C est entraîné par la prise mécanique normalement destinée à une pompe à vide.

Batterie

La production électrique est du domaine du moteur et de son circuit de charge, générateur et régulateur, mais la gestion du niveau de charge de la batterie dépend de cette dernière. Si elle est constituée d'éléments en plomb, ce matériau effectue une régulation chimique naturelle (sachant tout de même qu'une surcharge trop élevée peut provoquer un vieillissement prématuré voire un endommagement). Il n'en va pas de même avec une batterie lithium-ion, pour laquelle un contrôleur spécifique est nécessaire, un BMS (Battery Management System), qui peut être intégré dans le boîtier ou constituer un module externe selon les fabricants.



24V

Sur les nouveaux 915 iS C24, le générateur 24 V peut délivrer une puissance de 800 W.

De gauche à droite: le régulateur Ducati monté d'origine sur les Rotax, celui que propose Silent Hektik, et le régulateur B&C.





jamilla@flying-pages.com
www.flying-pages.com/shop fr

50 rue Pierre-Georges Latécoère 05130 Tallard
+33 (0)9 54 59 19 24