



LE POUCHELEC EN CAMPAGNES



Le printemps 2009 a été ponctué de petites escapades champêtres du côté de Viabon (Eure-et-Loir), qui ont été autant de temps forts en émotions et sensations pour l'équipe de l'APEV. Déjà connue des lecteurs de *Volez !* pour la construction d'un Pou à base d'échelles métalliques, la « bande à Dalby » met actuellement au point un Pouchel à motorisation électrique dont les premiers vols sont pilotés par le « petit Charles », benjamin de l'équipe.

Il nous décrit par le menu le déroulement de cette campagne d'essais, tout à fait dans l'esprit « Mignet au bois de Bouleaux » (la convivialité en plus ?) : le grand bonheur d'un vol silencieux, les petits moments de découragement, la patience des journées trop humides, l'irrésistible attirance des champs de colza flamboyants...

Mais qu'on ne s'y trompe pas ! Sous ses faux airs un tantinet nostalgiques et branquignolesques, cette bucolique épopée fera peut-être date...

Le Pouchelec en campagnes

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sujet... **Volez !** vous donne des informations détaillées et pratiques.

C'est sur le stand de *Volez !*, lors du 1^{er} Salon de l'Aviation verte du Bourget en juin 2008, que fut construite en trois jours la cellule du Pouchelec.

La technique. Le Pouchelec est un Pouchel « Light » entièrement remotorisé en



électrique. La cellule reste la même à l'exception de l'envergure augmentée d'un mètre pour les deux ailes par rapport à la version thermique. L'augmentation de l'envergure permet d'obtenir une charge alaire très faible d'à peine plus de 13 kg/m². L'appareil est équipé d'un moteur Perm de 13 kW (18 ch), couplé à une hélice Helix Carbon et, bien entendu, aux indispensables batteries Kokam de 74 V, 70 Ah. Le poids de la motorisation est de 11 kg pour le moteur, 36 kg pour les batteries, et une dizaine de kilos pour le contrôleur, les supports et le réducteur.

Construction et entoilage des ailes du Pouchelec, dont la cellule fut réalisée en trois jours sur le stand *Volez !* du Salon de l'Aviation verte en juin 2008.

Ces 56 kilos de motorisation et de batteries montent la masse à vide du Pouchel à 136 kg. Le Pouchelec est équipé de tous les instruments nécessaires au contrôle des batteries et du vol. Les classiques d'abord, badin, ventimètre, alti et variomètre, complétés par un ampèremètre, un voltmètre, une alarme

de température moteur et de décharge batterie. En vol, l'ampèremètre nous indique le courant envoyé au moteur qui dépend de la position de la manette des gaz, et le voltmètre indique le niveau de charge des batteries (il faut se poser à 65 V).

Chacun sait que la puissance est égale au produit de la tension par l'intensité ; il semble donc a priori qu'une baisse de la tension devrait entraîner une baisse de la puissance. Mais grâce au contrôleur, il n'en est rien ! En effet, ce dispositif électronique permet de réguler la décharge des batteries pour avoir une puissance constante, et seule la puissance maximale disponible peut diminuer au fur et à mesure de la décharge des batteries. Lors de nos essais statiques en décembre 2008, nous avons fait tourner le Pouchel durant vingt minutes à traction constante d'environ 45 kg. Notre vénérable peson indiquant 53 kg de traction en pointe, ce qui est suffisant, il était temps de passer aux essais en vol.



Les essais statiques du Pouchelec ont été réalisés en décembre 2008. Le peson (*en bas*) indique 53 kg de traction en pointe.

Premier vol. Nous nous sommes retrouvés en mars 2009 sur le terrain de Viabon, dont la piste de 1000 mètres perdue dans les champs est idéale pour des essais. Merci au passage à Alexandre Patte, chef de la plateforme de Viabon, de sa gentillesse et de son accueil pour nos Pouchelleries récurrentes...

Genèse du Pouchelec

L'idée de faire voler un ULM en électrique m'est venue en 1997 quand j'ai découvert le Swift, planeur léger qui pouvait voler aussi bien avec une personne qu'avec deux. Nous pouvions remplacer une personne par un moteur électrique et les batteries, et nous envisagions déjà d'utiliser lelk a été monté sur le Pouchelec. J'avais des informations sur

un projet de batteries super performantes, développées par Bolloré/EDF (projet Batscap). Malheureusement, ces batteries sont un peu comme l'Arlésienne : elles devaient toujours sortir l'année suivante et, dix ans plus tard, nous les attendons toujours pour l'an prochain... Entre temps, j'ai développé le Pouchel ULM PULMA, facile à construire et bon marché.

Dès 2001, je lançais le projet Pouchelec avec les étudiants de l'IUT d'Aix-en-Provence. Mais si les moteurs étaient facilement disponibles, les batteries performantes n'étaient toujours pas là. Par contre, la faisabilité du Pouchelec avait été démontrée. Faute de batteries, le projet fut mis en attente. A la fin de l'année 2006, je

rencontrai Pascal Nuti, fondateur de Velectris et parapentiste, seul à utiliser des batteries Lithium-Polymère sur ses vélos. Il prit le dossier Pouchelec au sérieux et me fit savoir que Kokam avait ce qu'il me fallait : des éléments 3,7 V, 40 ou 70 Ah. Début 2007, une première construction fut engagée avec une voilure légère.

Une réalisation particulièrement soignée nous permit d'obtenir une cellule de 60 kg. En 2008, les premiers essais furent décevants car si le vol électrique était possible, la machine faisait presque autant de bruit qu'un ULM avec un moteur thermique, alors que le moteur électrique n'engendre aucun bruit. Le problème était donc

au niveau de l'hélice. Grâce à Noël Bastiens, membre actif de notre association, nous avons demandé à l'entreprise allemande Helix Carbon d'étudier une hélice spécifique pour le Pouchelec. Le résultat obtenu dépasse tous nos espoirs, car le Pouchelec ne fait en vol pas plus de bruit qu'un planeur.

DANIEL DALBY

L'électrique, c'est pas comme le thermique...

...ou quelques rudiments à prendre en compte avant de se lancer dans l'aventure

Le vol de petits appareils mus par l'énergie électrique suscite un légitime enthousiasme. Le mouvement est lancé et l'on s'attend désormais à voir se développer de nombreuses tentatives de motorisation pour des monoplaces légers qui se contentent habituellement d'une vingtaine de chevaux pour exécuter un vol de loisir en local. Soit près de 90% de l'activité de l'aviation de loisir, avions et ULM confondus. Les moteurs électriques existent. Ils sont silencieux, ne vibrent pas et leur adaptation mécanique sur des cellules existantes ne pose pas de difficultés à des techniciens de bon niveau.

En revanche la partie opérationnelle du vol peut présenter quelques difficultés :

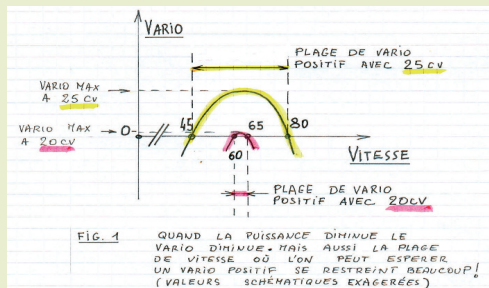
- en général faible puissance disponible ;
- évolution de la puissance en fonction du niveau de charge des accumulateurs dans le cas où l'appareil est dépourvu de contrôleur ;
- plus faible autonomie que pour un moteur thermique ;
- distribution du couple-moteur en fonction du régime différente de celle d'un moteur thermique ; piège de la traction à vitesse nulle ;
- modification des ratios puissance nécessaire / puissance disponible en fonction de la température, faible en électrique (5-10%) contrairement au thermique (25-40%), entre l'hiver et l'été.

Pour ces raisons, le vol expérimental d'un appareil électrique nécessite un suivi qui gagne à être très méthodique et peut-être plus scientifique que celui d'un appareil à moteur thermique.

FAIBLE PUISSANCE

Un appareil faiblement motorisé grimpe mal. Obtenir un vario positif, ça se mérite ! On remarque que plus la puissance disponible diminue, plus la marge de vitesse à l'intérieur de laquelle on peut espérer un vario positif est étroite. Par exemple un appareil qui, avec 25 ch, peut avoir un vario positif entre 45 et 80 km/h, peut voir ce domaine se restreindre à 60-65 km/h avec un GMP de 20 ch. Si le pilote ne connaît pas la vitesse optimale de montée et qu'elle se situe dans une telle marge étroite, il n'a aucune chance de sortir de l'effet de sol après le décollage, simplement par ignorance de la bonne valeur à afficher.

Il y donc intérêt, quand on remotorise un appareil connu, à bien exploiter les résultats obtenus au cours des essais en vol précédents en moteur thermique. A cet effet il est nécessaire de posséder sur le prototype l'instrumentation adaptée et calibrée afin d'afficher la bonne vitesse. Car quel que soit le



Quand la puissance diminue, le vario diminue. Mais aussi la plage de vitesse où l'on peut espérer un vario positif se restreint beaucoup ! (valeurs schématiques exagérées).

doigté d'un pilote même très expérimenté, il n'a aucune chance de trouver du premier coup une valeur de la vitesse qui lui permette de prendre de l'altitude. Pour les appareils prototypes qui n'ont jamais volé, ni en électrique, ni en thermique, il y a lieu de disposer d'une longue piste, noter la vitesse de déjaugage V en effet de sol et refuser le vol si un palier d'accélération ne permet pas d'accélérer jusqu'à une vitesse raisonnable de l'ordre de 1,6 V à 1,7 V (évaluation de l'excédent de puissance utile à la montée). En effet il y aurait bien peu de chance de faire un tour de piste !

ÉVOLUTION DE LA PUISSANCE EN FONCTION DE LA CHARGE DES ACCUS

Un moteur thermique délivre une puissance qui est indépendante de la quantité de carburant dans le réservoir. Mais un moteur électrique délivre une puissance qui faiblit au fur et à mesure de la décharge des accus. Si l'appareil est équipé d'un contrôleur (comme la plupart des appareils modernes), la puissance reste constante au fur et à mesure de la décharge, seule la puissance maximale disponible peut baisser. Il faut en tenir compte et équiper l'appareil d'un dispositif même rudimentaire de mesure de la charge disponible (voltmètre, ampèremètre, wattmètre, compteur de Coulombs...) et de la puissance instantanée (compte-tours).

PLUS FAIBLE AUTONOMIE

En période d'essais les points fixes sont nombreux. Sur une propulsion électrique, ils sont consommateurs d'énergie mais aussi ils diminuent la puissance disponible au fur et à mesure que les accus se vident. A la fin, il reste peu d'énergie et peu de puissance pour le vol projeté. Il y a lieu de procéder au vol seulement à pleine charge-accus.

PROBLÈME DU COUPLE MOTEUR ET DE LA TRACTION POINT-FIXE

Un pilote habitué à un moteur thermique

s'attend à une certaine loi de progressivité du couple moteur en particulier des couples parasites lors du décollage (renversement, gyroscopique, souffle hélicoïdal sur la dérive...). Sur les GMP électriques, cette progressivité n'existe pas. Bien que le moteur apparaisse gentil comme un gros chat qui ronronne, il n'en délivre pas moins un couple immédiat, notamment à la mise en puissance, bien plus franc que pour un moteur thermique de puissance semblable. En effet, un moteur thermique est long à prendre sa vitesse alors que l'électrique réagit presque immédiatement. Le couple n'est pas plus fort en électrique, mais il arrive très brusquement dans le cas d'une mise des gaz rapide, pour décoller court par exemple.

Cette particularité peut provoquer un début de combat entre l'Homme et la Machine susceptible de nuire gravement à la propreté du pilotage, donc aux performances de début de vol.

D'autre part le paramètre bien connu des pilotes de paramoteur qui définissent la performance d'un moteur par sa poussée statique au sol est inadapté à un avion dès que la vitesse dépasse 50 km/h environ. En effet le GMP qui pousse le plus au point fixe ne sera pas le plus performant en montée ! La poussée évolue avec la vitesse selon des lois qui dépendent du calage de l'hélice, de sa largeur de pale, de son vrillage, de son diamètre... En général, un GMP adapté est limite décrochage d'hélice au point fixe et pendant la mise en vitesse il doit prendre des tours (à couple moteur constant).

PUISSANCE NÉCESSAIRE/PUISSANCE UTILE

Les moteurs thermiques font partie de notre culture de pilote. Ainsi quand il fait plus chaud, surtout avec les moteurs 2 temps, on s'attend à ce que les performances en montée s'écroulent car la puissance nécessaire (cellule, aérodynamique) augmente et la puissance utile (GMP) diminue. Inversement quand la température diminue on s'attend légitimement à un accroissement des performances dû à une diminution de la puissance nécessaire et à l'augmentation de la puissance utile. En électrique on ne bénéficiera pas de la même augmentation de puissance utile car le GMP est à peu près insensible à la température extérieure. Les lois d'extrapolation des performances sont donc différentes (atténuées) avec l'électrique et, prises dans le mauvais sens, susceptibles de provoquer des surprises...

MICHEL BARRY

Le Pouchelec en campagnes

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sujet... **Volez!** vous donne des informations détaillées et pratiques.

Question de survie !

Il existe en France plus d'une centaine d'associations de riverains d'aérodromes créées pour lutter contre les nuisances sonores de l'aviation de loisir. Regroupées dans le cadre d'un collectif européen, ces associations très actives estiment que ces nuisances concernent plus de 700 000 personnes en France, et environ 2 millions en Europe.

Il était temps en effet de passer aux essais. Le saut de puce du vendredi était concluant : avec une mise des gaz progressive (2 secondes environ), le moteur accélère gentiment et je ne remarque pas de problèmes de couple excessif.

C'est donc le lendemain à l'aube que nous avons volé pour la première fois. Un vol qui a duré dix-sept minutes, et il restait encore dans les batteries de quoi faire une vingtaine de minutes de vol supplémentaire !

Le vol électrique est un vrai bonheur. Le plaisir de voler en cabine ouverte est décuplé, en l'absence d'un « expressif » moteur 2 temps. Ce silence incroyable donne l'impression de voler paisiblement au contact de la nature, dans une indescriptible sérénité. Les fermes défilent, sans qu'on ait le sentiment de déranger. Seul le moteur ronronne paisiblement, alors que l'hélice ventile ; toute la violence et les vibrations du moteur thermique disparaissent.

Pour autant, le vol n'était pas franchement simple. La faible puissance du moteur alors utilisé obligeait à piloter proprement et en douceur sur la machine, que j'avais la chance de bien connaître en version thermique. Car il



faut bien le reconnaître, le Pouchelec n'est pas franchement surmotorisé. Lors de ce premier vol, j'ai tout de même atteint une centaine de km/h, mais le taux de montée était faible.

Cependant le centrage était un peu trop avant, et donc perfectible. Nous avons donc bon espoir de franchir la barre des trente minutes lors de nos essais d'avril.

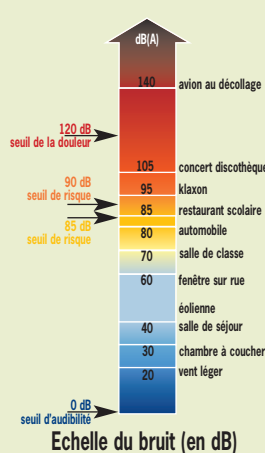
Décibel d'Or

Organisé par le Conseil national du bruit, le Décibel d'Or récompense les actions, les produits et les matériaux ayant contribué de façon significative à l'amélioration de l'environnement sonore. Le Pouchelec s'est porté candidat dans la catégorie : produits et nouvelle technologies. La remise des prix a lieu en septembre. A suivre !

Silence, on vole !

Au cours des essais et grâce aux deux sonomètres obtenus grâce à l'entreprise Protoplane, de nombreuses mesures de bruit ont pu être réalisées.

	POUCHEL II (ROTAX 447)	POUCHELEC
Point fixe (ralenti) devant / derrière	57 / 55	35 / 35 (ambiant)
Point fixe (plein gaz) devant / derrière	80 / 69	64 / 48
Décollage	70	42
Vent arrière	50	35 (ambiant)
Passage 50 m	72	55



Nous avons également pu écouter un avion MS880 Rallye qui affichait fièrement 65dB lors d'un passage verticale vers 500 m sol. Un Weedhopper équipé d'un Rotax 503 a donné des résultats sensiblement équivalents à ceux du Pouchel.

Si nous comparons le bruit du Pouchel thermique et électrique lors d'un passage à 50 m, la différence est de 17dB. En faisant un petit

calcul, nous en déduisons que la pression acoustique lors du passage est 50 fois plus faible avec un Pouchelec. Pour un décollage (28 dB de différence), la pression acoustique est 620 fois plus faible grâce à la fée électricité ! La puissance du Rotax 447 est certes supérieure au moteur électrique, mais les normes de bruits ne dépendent pas de la puissance (il suffit

d'écouter un paramoteur ou une petite moto 50 cm³ de moins de 10 ch pour s'en rendre compte !). Ainsi, si le bruit du Pouchelec est parfaitement audible depuis le sol, il est si faible que l'oreille n'est absolument pas agressée. Le son est donc bien présent, mais la nuisance sonore est réduite à zéro. Vous pouvez écouter le Pouchelec sur le site www.pouchel.com (vidéo en page d'accueil). C.D.

Deuxième campagne d'essai.

Après ce premier vol essentiellement destiné à vérifier si l'avion volait, nos essais suivants ont été un peu plus organisés. Tout d'abord, grâce à Joël Amiable, directeur technique national de la FFPLUM, le Pouchelec était équipé d'un logger qui nous a permis d'enregistrer la trace de nos vols, avec toutes les données intéressantes qui vont avec. Ensuite et grâce à l'entreprise Protoplane de Béla Nogrady, nous avons deux sonomètres pour réaliser des tests acoustiques chiffrés ; et nous n'avons pas été déçus (voir tableau ci-contre) !

Nous avons aussi de quoi faire tous nos essais confortablement, avec les chargeurs des batteries, « mon » Pouchel II thermique à disposition, toujours hébergés par Alexandre Patte à Viabon.

Après un recentrage par déplacement des batteries vers l'arrière, je suis donc parti pour un premier vol après les essais sonores en statique. Les performances n'étaient pas terribles, et le



Pouchelec thermique au 1^{er} plan et Pouchel électrique profitent des derniers rayons du soleil.

Dossier

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sujet... **Charles Donnefort** vous donne des informations détaillées et pratiques.

Ecole en Bipouchelec

Ce sont surtout les activités d'écologie qui sont fustigées par les associations de riverains, car 80% des vols de formation se font en local d'un terrain. C'est ainsi qu'est née l'idée d'un biplace électrique qui permettrait de réaliser ces vols d'instruction tout en restant pratiquement inaudible depuis le sol. La version biplace du Pouchel, le Bipouchel, existe en version thermique depuis 2000, et la construction du premier Bipouchelec a déjà démarré.

badin me donnait des indications étranges, j'étais donc un peu dans le flou pour piloter proprement. Après huit minutes de vol, je me suis posé, et nous avons mis les batteries à charger pour la nuit. Autant dire que le barbecue du soir n'a pas été savouré avec la légèreté d'esprit que nous aurions souhaitée... Nous ne parvenions pas à expliquer la baisse des performances au cours de ce vol. Alors que le centrage avait été rectifié, l'appareil aurait dû mieux voler. Or, en vol, et au chronomètre, ce vol était moins bon que le premier. Peut-être volais-je trop vite, pénalisant ainsi le taux de montée ? Et avec le badin inopérant (dont le tube Venturi s'est avéré mal orienté !), difficile de savoir. Le logger a confirmé l'idée que la vitesse était un peu élevée (65 km/h, contre 45-50 km/h idéalement).

Par ailleurs, nous avons tenté de jouer avec le pas de l'hélice et d'observer le résultat sur la vitesse de rotation grâce à un tachymètre optique gentiment prêté par Alexandre Patte. Le pas était déjà bien réglé, ça ne pouvait donc pas être ça...

Le lendemain, batteries chargées à bloc, mais météo pourrie. Nous attendons une amélioration en discutant... de vol électrique ! L'embellie météo fait son apparition en soirée, et je peux partir pour un tour de piste. Une fois encore, le taux de montée est trop juste. Pour tenter de confirmer l'hypothèse de la veille, j'essaie de voler moins vite, jusqu'à l'amorce de parachutage (eh oui, le Pouchel est un Pou !).

Mais quelle que soit la vitesse, ce Pouchelec obstiné ne veut pas monter correctement. Nouvelles discussions autour du dîner à tenter de trouver des hypothèses crédibles pour expliquer ces performances trop justes.

En effet, le prototype du Pouchel, il y a de cela dix ans, volait sans problèmes avec un moteur Fuji de 18 ch, pour une masse au décollage comparable !

Le problème ne peut donc pas venir d'un manque de puissance nominale du moteur... Nous pensons alors sérieusement à un problème de la vitesse de rotation de l'hélice. Cependant celle-ci n'aurait pas eu de raison de changer

significativement depuis le premier vol... Puis nous accusons le contrôleur (le « carburateur » d'un moteur électrique), et nous avons même peur que les batteries aient commencé à faiblir, ou qu'elles ne soient pas assez chargées.



Remontage du Pouchelec avant les vols.
En bas. Dîner des membres de l'APEV en compagnie d'Alain Lasfargues (Arte).

Si vous avez manqué les épisodes précédents...



En juillet 2005, *Volez !* consacrait un dossier à Daniel Dalby et ses Pouchel, ULM de formule Pou-du-Ciel, conçu et fabriqué dans un premier temps à partir d'un lot d'échelles en aluminium du commerce... Tout jeune stagiaire dans les locaux de *Volez !* au moment où ce dossier est réalisé, Charles Donnefort est enthousiasmé par cette machine rustique, simplissime et économique.

Il se démène et parvient à lancer jusqu'à son achèvement la construction d'un Pouchel II dans son lycée de Corbeilles-Essonne, avant d'en réaliser les premiers vols en octobre 2007 (*Volez !* n°119). Entre temps en effet, il a passé ses brevets planeur et ULM, et il est devenu un des piliers de la bande à Dalby - l'APEV (Association pour la promotion des échelles volantes) - dont il rajeunit significativement la moyenne d'âge... La connivence entre les deux compères ne cesse de se renforcer, et c'est tout naturellement que Charles se lance dans l'aventure

électrique aux côtés de Daniel, tandis qu'ils obtiennent de conserver le CAEA (certificat d'aptitude à l'enseignement aéronautique et spatial) sous la houlette de Charles Pigaillem (*Volez !* n°134). La construction du Pouchel électrique se réalise en trois jours au 1^{er} Salon de l'Aviation verte (*Volez !* n°128). Et Charles, qui fêtera ses vingt printemps cet

automne, doit à son poids-plume l'honneur des premiers vols du Pouchelec qu'il nous décrit dans ce dossier... Vous l'aurez compris, à *Volez !* nous continuerons de suivre (et même d'encourager) les péripéties de ce feuilleton dont les héros nous sont particulièrement sympathiques !

LA RÉDACTION



Le Pouchelec en campagnes

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sujet... **Volez!** vous donne des informations détaillées et pratiques.



Le dernier jour de nos essais, je pars avec la volonté d'en découdre avec ce Pouchelec, et de savoir, si oui ou non, il est capable de voler plus de trente minutes. Après une quinzaine de minutes de vol, j'ai la



Signatures

DANIEL DALBY. Ingénieur de formation, pilote ULM, avion et instructeur planeur, il a travaillé dans la fabrication de pièces composites pour avions et hélicoptères, et est aujourd'hui animateur du réseau de développement technologique de la région PACA. Daniel est le concepteur de la série des Pouchel et dérivés, et trésorier de l'APEV.

MICHEL DALBY. Pilote avion et planeur, ingénieur électromécanique, il travaille sur le développement de systèmes électroniques embarqués pour l'automobile et l'aviation légère. Michel est responsable de la motorisation et de l'instrumentation du Pouchelec.

CHARLES DONNEFORT. Elève ingénieur en aéronautique, pilote planeur et ULM, et titulaire du CAEA, il a construit un Pouchel, et travaille comme conférencier au Musée de l'Air et de l'Espace. Charles est le pilote essayeur du Pouchelec, et vice-président de l'APEV.

réponse à ma question, en effectuant ma première vache dans un magnifique champ de colza en finale de la piste 18 de Viabon... c'est non.

Avec une vitesse de décrochage de 30 km/h, le choc n'est pas très violent. Malheureusement le Pouchelec y laisse tout de même son hélice. Une fois le bucolique Pouchelec sorti du pré jaune, nous continuons de nous interroger sur les raisons de cette perte progressive de puissance au fur et à mesure des vols.

La réponse nous est donnée lorsque Daniel et son frère Michel démontent le moteur du Pouchelec. Surprise ! Le collecteur est complètement encrassé, ce qui a entraîné une baisse importante de la puissance à l'hélice car nous transformions les kWh des batteries en calories !

Ainsi les batteries, le contrôleur et l'hélice sont hors de cause. Le moteur qui, lors du premier décollage, donnait toute sa puissance et ses tours, s'est dégradé au cours des essais, jusqu'à ce que l'appareil ne puisse plus tenir en palier.

Plus de doute, ce Pouchelec vole très bien, il nous faut juste un moteur plus résistant au fort ampérage qu'on lui envoie. Et il faudra, à terme (quand nous en aurons les moyens...), passer à un brushless (voir encadré ci-contre).

Notre campagne d'essais est donc finalement un succès, puisqu'elle nous a au moins apporté une explication, et nous attendons avec impatience la livraison du prochain moteur pour profiter à nouveau du vol électrique.

Troisième campagne d'essai.

C'est ainsi que pour nos récents essais début juin, j'ai retrouvé un Pouchelec totalement modifié. Le moteur Perm allemand a été remplacé par un moteur indien Agni renforcé, plus résistant, avec la même puissance de 13 kW (18 ch), le réducteur a été lui aussi profondément modifié pour un meilleur rendement. La nouvelle hélice est la même que précédemment, une Helix Carbon spécialement étudiée pour notre appareil.

A gauche. Le Pouchelec, au roulage avant le décollage... et au tas dans le colza !

En page de droite, au milieu : essai de centrage « au rouleau ».

Les soucis des balais

Les moteurs électriques utilisés en aviation ultra-légère de technologie « brushed » intègrent de par leur conception un couple de pièces d'usure qui peuvent amener de gros problèmes pour l'utilisation sur aéronef.

Le couple collecteur-balais génère deux effets dévastateurs pour le rendement du moteur :
- la chute de tension inhérente au contact mécanique sur le collecteur - et la perte de matière (carbone) due au frottement sur ce même collecteur.

Ces deux phénomènes sont cumulatifs : d'une part la perte de tension provoque un échauffement au niveau des balais et augmente leur

usure, et elle provoque des dépôts de carbone à l'intérieur du moteur qui sont autant de résistances parasites, d'autre part la température du collecteur et des balais provoque la destruction progressive de la qualité du contact collecteur-balais, ce qui se traduit par une diminution de la puissance mécanique sur l'hélice.

Afin de maintenir la puissance sur celle-ci, le

pilote augmente la puissance électrique fournie et donc augmente aussi les phénomènes évoqués précédemment, et le moteur fournit encore moins de puissance mécanique... Si l'aéronef arrive jusqu'au hangar en entier, il est possible de remettre en état le couple collecteur-balais par démontage du moteur - réfection du collecteur et remplacement des balais.

MICHEL DALBY



Collecteur de « brushed » avec dépôt de carbone et zones de contact détruites.

MOTEUR BRUSHLESS

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Pas d'entretien (pas de collecteur)
- utilisable en atmosphère explosive, corrosive
- Excellente dissipation thermique

CARACT. DYNAMIQUES ET STATIQUES

- Puissance massique > 2 kw/kg
- Vitesse max > (pas de collecteur)

AVANTAGES

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Electronique interne
- Prix élevé
- Structure d'alimentation et de régulation complexe mais maîtrisée

CARACT. DYNAMIQUES ET STATIQUES

- A basse vitesse les harmoniques peuvent créer des ondulations de couple mais il n'y pas ce problème avec les hélices

INCONVÉNIENTS

MOTEUR BRUSHLESS

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Simplicité du variateur (hacheur)
- Prix bas.
- Pas d'électronique interne

CARACT. DYNAMIQUES ET STATIQUES

- Bien adapté aux basses vitesses où elles ont une régularité de marche excellente

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Entretien (balais, collecteurs)
- Se dégrade en atmosphère corrosive, explosive
- Dissipation thermique

CARACT. DYNAMIQUES ET STATIQUES

- Vitesse max limitée par le collecteur
- Puissance massique 1kw/kg

Dossier

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sujet... **Charles Donnefort** vous donne des informations détaillées et pratiques.



Signatures

MICHEL BARRY. Ingénieur en aérodynamique et mécanique du vol, il a été enseignant au Centre Aérospatial et à l'IUT de Ville-d'Avray et a été qualifié pilote d'essai à l'Epner. Il est également le concepteur de la Souricette, dont une version électrique a volé près d'une heure en décembre 2007 (voir Volez ! n°122).

BÉLA NOGRADY. Ingénieur télécom et ingénieur aéronautique autodidacte, il est le responsable de Protoplane, PME spécialisée dans la modification d'avions d'affaires, avions de ligne ou hélicoptère. Concepteur de plusieurs appareils ultra-légers, il espère pouvoir produire d'ici 4 ans, dans le cadre du programme Epicea, un avion électrique capable de voler deux heures.

Le décollage est doux, sans problèmes de couple brutal grâce à une mise en puissance progressive jusqu'à 210 A. Une fois en vent arrière pour mon premier circuit, je réduis le courant à 140 A, et le Pouchelec continue à monter gentiment pour tout le reste du vol, soit trois circuits très larges.

Le silence est toujours aussi agréable, encore plus que précédemment grâce à l'amélioration du réducteur. Seul l'autogire qui m'accompagnait pour une prise de vues (voir encadré de marge) m'a envoyé ses décibels dans les oreilles lors de ses passages, je ne m'entendais même plus murmurer !


Outre l'agrément du pilote et des riverains de l'aérodrome, ce silence permet, comme en planeur, de remarquer les variations de vitesse directement à l'oreille, par un sifflement plus ou moins fort des ailes. Ça ne remplace évidemment pas le badin, mais ça aide à piloter proprement et presque intuitivement à vitesse constante.

Quand vient le temps d'atterrir, j'ai encore de quoi voler facilement en palier une bonne dizaine de minutes, mais à chaque jour suffit sa peine, les essais de durée étant prévus pour le lendemain. Je me présente donc en longue finale pour tenter un atterrissage hélice calée (eh oui, il n'y a pas de ralenti en électrique !). Mais la résistance du

moteur est si faible que l'hélice continue de tourner sans problèmes ! Je me pose, en silence évidemment, avant de rentrer au hangar au moteur pour fêter ça.

La mauvaise météo du week-end ne m'a pas permis de revoler pour tester l'autonomie réelle en air calme, avec les batteries pleinement rechargées. Mais le Pouchelec vole de nouveau, et parfaitement bien...

Au sol autant qu'en vol, ces essais qui ont rythmé notre printemps 2009 nous ont donné le sentiment grisant de revivre l'épopée des premiers essais de vol motorisé, à seulement quelques kilomètres de l'emplacement où avaient lieu ceux de Louis Blériot, il y a tout juste cent ans. Il n'y a plus qu'à espérer que le vol électrique aura la même suite que le vol thermique !

Pour notre part, nous sommes convaincus qu'une nouvelle ère du vol de loisirs, silencieux, s'ouvre maintenant pour le plaisir des pilotes et pour le bien-être des riverains des aérodromes. Et, compte tenu du résultat obtenu, nous allons lancer la réalisation d'un appareil biplace, le Bipouchelec ; car, à terme, il est essentiel de faire une école de vol moteur silencieux. Comptez sur nous pour vous tenir au courant de la suite de nos aventures ! 

A la télé !

Pour notre dernière campagne d'essais, nous avons accueilli Alain Lasfargues. Son film documentaire sur l'aviation verte intitulé :

« Y a-t-il trop d'avions dans le ciel ? » sera diffusé sur Arte au mois de septembre. Alain souhaitait filmer nos essais pour montrer que l'aviation écologique passe aussi bien par l'aviation commerciale que par l'aviation légère.

C'est en autogire avec Bertrand Ridet, le président du club ACUPT de Viabon, qu'il a fait ses prises de vue en vol. Les photos de cette page et les trois petites photos en page d'ouverture de ce dossier sont tirées des rushes de son film.

Mesurer le bruit avant de mesurer la vitesse, ça c'est du progrès !

La difficulté de l'avion électrique se résume presque en un chiffre : l'énergie contenue dans un kilogramme d'essence est 54 fois plus importante que celle contenue dans un kilogramme des meilleures batteries du marché (à ceci près que le rendement d'un moteur électrique moderne atteint près de 95%, tandis qu'un moteur à combustion interne aura au mieux un rendement de l'ordre de 35% - 2 litres sur 3 brûlés en vain !). Petite consolation, avec un kilogramme de

moteur électrique, vous avez un kilowatt de puissance continue (soit environ deux kilowatts en pointe), tandis qu'avec le même kilogramme de moteur 2 temps avec son réducteur, vous aurez 600 ou 700 watts en pointe. Deuxième point, pour entrer dans l'Annexe 2 du règlement EC 1592/2002 (en d'autres termes, pour être un ULM européen), le monoplace doit peser moins de 300 kg avec son pilote, plus emporter une heure de carburant pour être

un ULM français. La puissance nécessaire au vol pour un monoplace de construction simple va de 4 kW à 8 kW et, si on ajoute un peu d'énergie pour le roulage et pour la montée, c'est au moins 5 à 9 kWh qu'il va falloir emporter pour que la machine soit un ULM légal. Une batterie d'un prix compatible avec un concept d'ULM économique stockera 120 Wh/kg (watt-heure par kilogramme, une unité de mesure commode de l'énergie massique), donc c'est au moins 42 kg de

batterie qu'il faudra emporter pour un monoplace optimisé, 75 pour une machine plus courante. Tout ça pour arriver à une soustraction : $300 - 77 - 42 = 181$ kg. La cellule d'un ULM électrique monoplace n'a donc pas le droit de peser plus de 181 kg, elle est même limitée à 148 kg si la puissance nécessaire à une heure de vol est de 9 kWh au lieu de 5 kWh. Alors vous pouvez toujours ironiser sur les machins à Dalby, en alu du commerce, qui plus est

de formule Pou (vous pensez, on n'a jamais vu voler un pilote en Ray Ban sur un Pou-du-Ciel), n'empêche qu'il a encore une énorme marge de progression, parce que la cellule Pouchel est très légère. Vous ne me ferez pas dire qu'un carénage simplifié du fuselage lui ferait grand mal... Et puis 55 dB à environ 50 m du sol, ça c'est du progrès ! Du progrès, parce que le chiffre est extrêmement faible (55 dB, c'est le niveau de bruit courant dans la

nature), et cela veut dire que le principal argument contre les avions légers disparaît. Du progrès aussi, parce que cela signifie qu'avec un avion électrique, le seul bruit dont on doit s'occuper réellement c'est le bruit de l'hélice. Du progrès enfin, parce que vouloir mesurer le bruit avant de mesurer la vitesse sur un avion de loisir dénote l'esprit de progrès de l'équipe, plus important que celui des donneurs de leçons médiatiques.

BÉLA NOGRADY