

## Microavions électriques – (3) Hélices

Voler dans une petite salle, voire un appartement reste notre rêve. Si l'avion pèse 15 grammes, on peut espérer une finesse de 3, donc l'hélice doit exercer une force de 5 grammes pour maintenir le vol horizontal.

### Diamètre de l'hélice

Il est facile de définir une hélice par son diamètre et son pas, et des articles expliquent régulièrement comment tailler ou construire une hélice, mais quel diamètre pour quel pas, à quelle vitesse de rotation? Ces trois paramètres sont liés à la vitesse de l'avion et au moteur, avec ou sans réducteur. La seule étude sérieuse de cette combinaison de paramètres a été faite pour le "Black Widow"

(<http://www.aerovironment.com/area-aircraft/prod-serv/bwidpap.pdf>), le fameux micro-avion de 80g qui embarque gyroscope et caméra, et vole 30 minutes à 40 km/h après avoir été catapulté.

Notre objectif d'un avion en chambre est assez différent, et les travaux pour l'étudier sérieusement vont aussi prendre quelque temps. Il doit être léger et avoir une grande surface pour voler lentement. Il en est de même pour l'hélice, ce que les constructeurs de vol caoutchouc ont compris depuis longtemps.

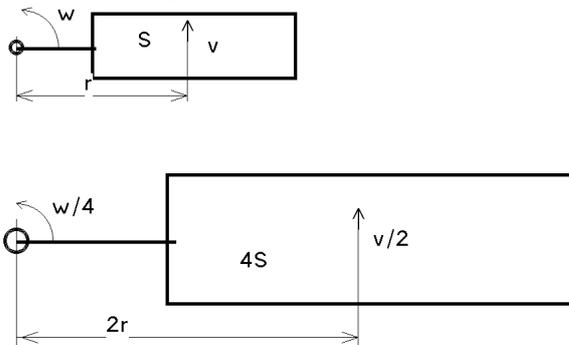


Fig 1 Modèle d'une pale

Considérons une pale schématisée par une surface portante  $S$  tournant à distance  $r$  du moyeu. Si on double les dimensions pour obtenir la même force de traction, donc la même portance, la vitesse de la pale est divisée par 2 (la surface est quadruple, mais la portance est proportionnelle au carré de la vitesse), donc la vitesse de rotation divisée par 4 (la circonférence est double). La puissance nécessaire, produit de la traînée (qui n'a pas changé) par la vitesse, est donc moitié. Il y a donc

avantage à mettre un réducteur 4:1, doubler les dimensions de la pale et mettre un moteur deux fois moins puissant, mais on ajoute le poids du réducteur, et une hélice plus grande sera plus lourde et/ou plus fragile. On change aussi le rendement du moteur et de l'hélice, qui ne peut pas être construite de la même façon. L'optimum est donc empirique, et en attendant de pouvoir mesurer précisément les performances, attachons-nous à l'aspect pratique: comment construire de grandes hélices, légères et robustes? Les idées présentées ici n'ont pas été testées ni en soufflerie ni en vol. Donc il reste du travail à faire et les contributions de chacun sont bienvenues.

### Moteurs et réducteurs

Le plus petit moteur avec réducteur 1:8 que l'on trouve pour vol électrique (Micro DC 5-2.4) pèse 12 grammes et nécessite 30 grammes d'accus au moins. C'est trop pour nous. Il faut travailler avec des moteurs basse tension pour avoir un nombre minimum d'accus. Le choix est grand dans les moteurs pager, disponibles dans des diamètres de 4 à 10 mm, mais peu optimisés pour leur rendement. Ils ont donc peu de puissance, et un grand réducteur est nécessaire. Ceci sera étudié dans le prochain article, et ce qu'il faut comprendre maintenant c'est qu'il faut fixer notre hélice sur un axe de petit diamètre, qui porte également l'engrenage. Les constructions possibles sont esquissées dans la figure 2, et notre préoccupation est de limiter le poids.

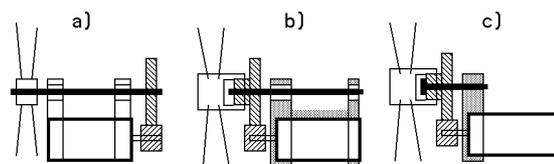


Fig 2 Supports moteurs

La solution a) est traditionnelle. L'axe est relativement lourd, et un axe en fibre de carbone est préférable si un roulement à bille est utilisé. Une noix fixe les pales sur le moyeu et le tout tient à grand renfort de colle en général. La force est transmise par l'axe, ce qui veut dire que l'adhérence de l'engrenage et de l'hélice sur l'axe doit être importante. La solution b) tire parti du fait que l'engrenage comporte un pignon sur lequel l'hélice peut se fixer plus solidement..

L'axe peut donc être plus fin puisqu'il ne transmet pas d'effort. La solution c) est encore plus légère puisque l'engrenage fait palier. Cela semble acceptable avec des engrenages POM entraînés par un moteur de pager, étant donné les faibles forces sur l'hélice, mais avec une durée de vie à vérifier.

Des pièces moulées ultralégères ont été développées par DIDEL pour des trains d'engrenages au rapport 5 et 15 (voir photos de la figure 3). Leur performance avec des moteurs sera étudiée dans le prochain article.

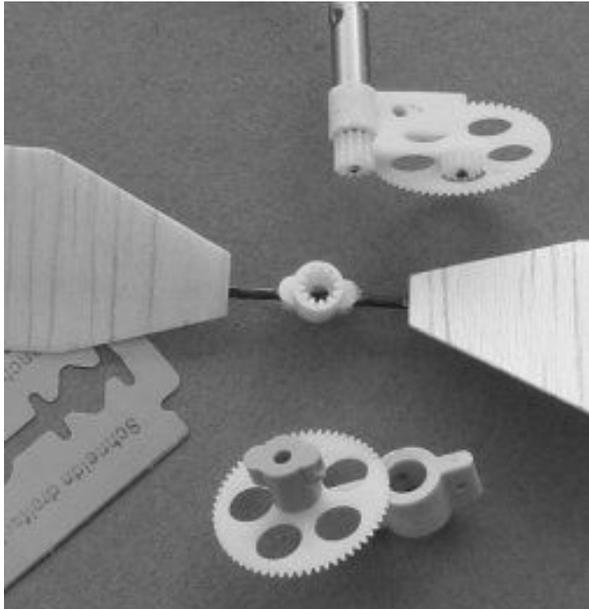


Fig 3 Réducteur et connecteur d'hélice

Pour fixer l'hélice, on peut compter sur les forces de frottement, c'est-à-dire que la force de la main forçant un assemblage est incomparablement plus grande que la force mécanique et aérodynamique en vol. Notre connecteur d'hélice est obtenu par coulage d'une araldite fluide dans un moule contenant un engrenage. Le moule est fait, comme le montre la figure 4, par des plaques de PVC ou plexi percées, goupillées et vissées.

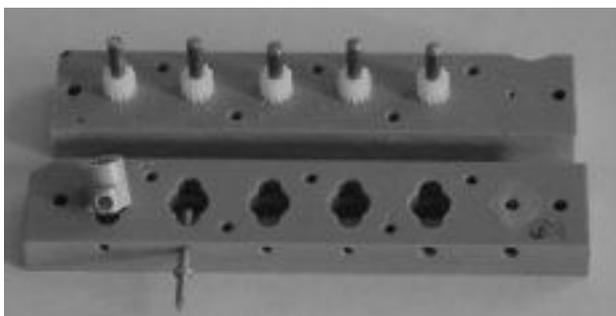


Fig 4 Moule pour connecteur d'hélice

### Hélices de moins d'un gramme

L'idéal est une hélice facile à construire dont le pas pourrait être ajusté pendant les tests, avant d'être fixé par une goutte de colle. Un jonc de carbone affiné en extrémité de pale donne une excellente rigidité pour un poids acceptable. On peut l'habiller par du balsa mince, par une structure en balsa style avion caoutchouc ; une construction tout balsa gagne quelques dixièmes de grammes, mais la fragilité qui en résulte ne semble pas acceptable. La solution avec une boucle de fibre de carbone fine est attractive ; elle donne une grande surface, compatible avec un réducteur important. Elle est légère et particulièrement facile à construire, et ne nécessite pas de gabarit de montage si les trous dans le connecteur d'hélice sont percés avec précision sur une fraiseuse multi-axes. L'utilisation de plumes d'oiseaux est très attractive du point de vue poids et solidité ; la forme se taille aux ciseaux, mais la surface semble trop faible avec les plumes utilisées.

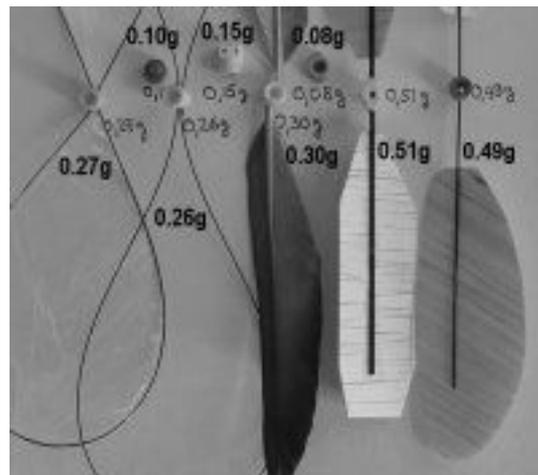


Fig 5 Idées pour des hélices de 0.3 à 0.5 g

J.D. Nicoud

[www.didel.com](http://www.didel.com)