

Microavions électriques – (2) Actionneurs

Il n'y a pas de solution miracle pour commander le gouvernail de direction et éventuellement de profondeur d'un microavion. Même avec un modèle de 10 grammes, il faut une certaine force, donc une puissance qui dépend du réducteur utilisé et de son efficacité. Le plus petit servo de télécommande commercialisé pèse 2.4 grammes (photo 1). Il pourrait être allégé avec un moteur 4mm et un circuit imprimé unique, mais cela fera toujours plus de 1,5 grammes. La vis sans fin donne un rapport de réduction élevé et une consommation nulle quand la position est atteinte. L'asservissement évite le blocage en fin de course, ce qui est un problème avec les vis sans fins..

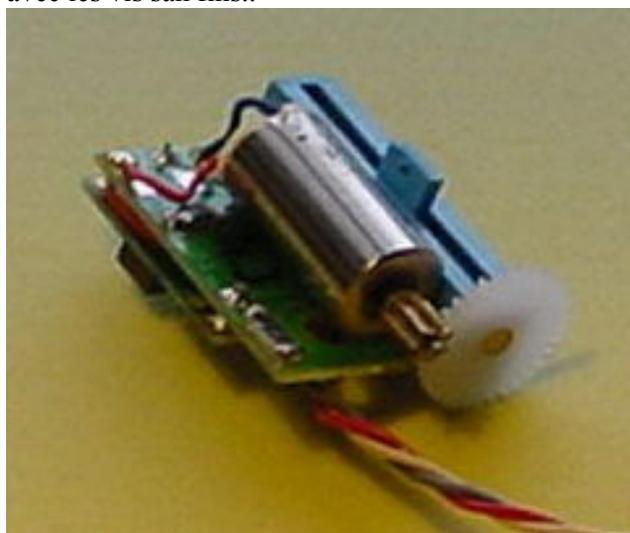


Photo 1 : Microservo 2.4 de WesTechnik

Un moteur horloger bidirectionnel aurait pu donner un actuateur très intéressant (photo 2), mais malheureusement ce moteur pas-à-pas ne consommant que 3 mA n'est plus fabriqué.

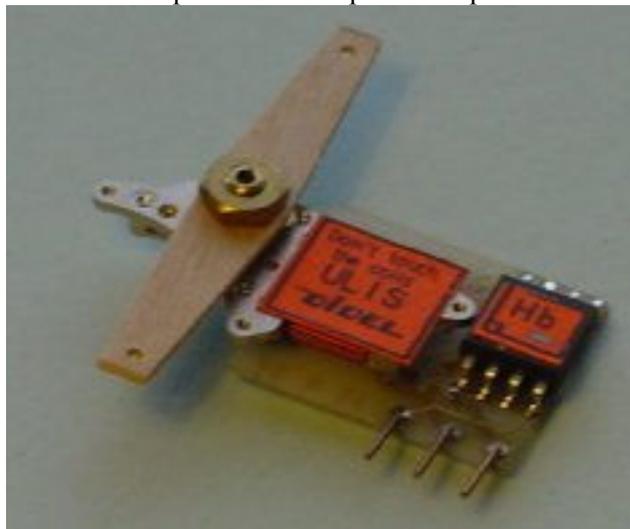


Photo2 : ULIS 1 de Didel (plus disponible)

Faire développer un moteur similaire dans une entreprise horlogère concurrente implique une série d'un millions de pièce au moins. Alors tant-pis pour ce motoréducteur idéal de 0.7g (avec le récepteur IR, le poids de l'ensemble de la photo 2 est de 1.4g et il suffit de 0.7g pour les piles). Le nouvel actionneur universel de Didel, qui décode directement le signal infrarouge ou le signal proportionnel d'un servo, pèse 1,7g (photo 3) et a l'avantage d'être programmable pour un angle variable, voire plusieurs tours, mais la consommation est relativement élevée (30 mA sous 3V) à cause de l'asservissement de position continu.

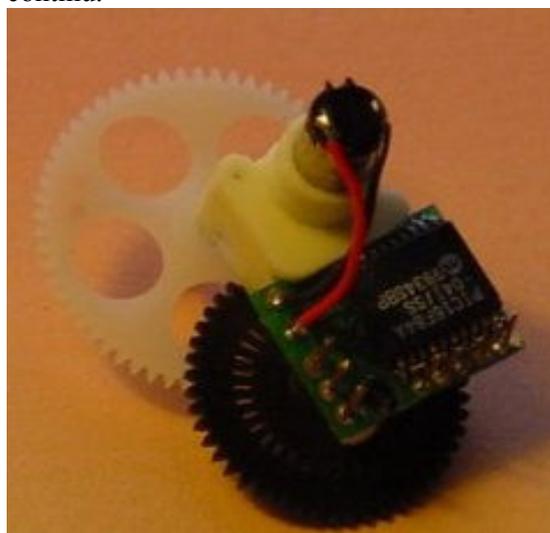


Photo 3 : Microservo de Didel

Le poids des ces actionneurs oblige de les fixer vers le centre de gravité. La fixation n'est pas évidente, ni pour le servo, pour lequel boîtier et pattelettes on été éliminés pour gagner du poids, ni pour les fils à tendre correctement vers le palonnier.

L'idéal, c'est le principe BIRD (Built in Rudder), c'est-à-dire un servo assez léger pour être intégré dans le gouvernail. Le principe est simple: un aimant est lié à la gouverne, avec son champ perpendiculaire à l'axe d'une bobine fixe. Une action un peu proportionnelle peut se faire par des à-coups.

Le modèle 1958 (photo 4) pesait 25 grammes. Fritz Mueller (4117 Searcy St, USA-Columbus GA 31907, pas de fax ni adresse e-mail) a réinventé cette technologie il y a quelques années et propose des actionneurs faits sur mesure pesant 0.2g ou plus.

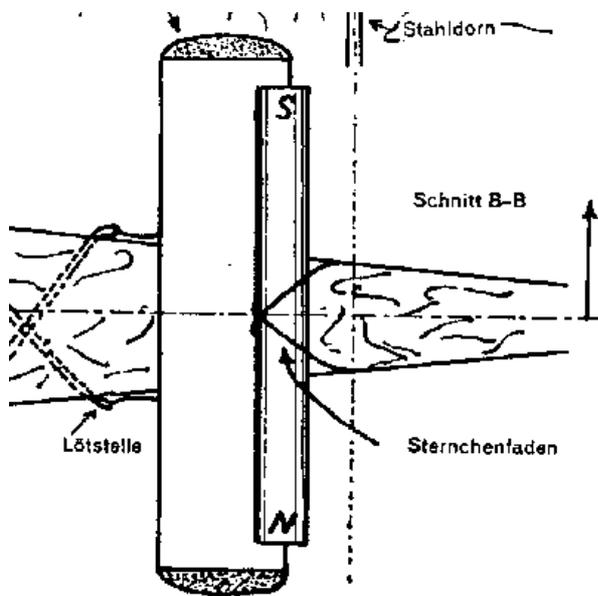


Photo 4 (Aero.Revue Suisse, février 1958)

Le problème de l'actuateur BIRD est la charnière. Un axe traversant la bobine et l'aimant n'est pas possible dans ces dimensions. Fritz Muller fixe la bobine et l'aimant sur deux plaquettes de balsa, avec une charnière utilisant des déchets de fils et feuille d'aluminium (photo 5). La fixation est facile par collage. Le poids est de 0.18g pour un couple de 0.3gcm à 3V (bobine 220 Ohm).

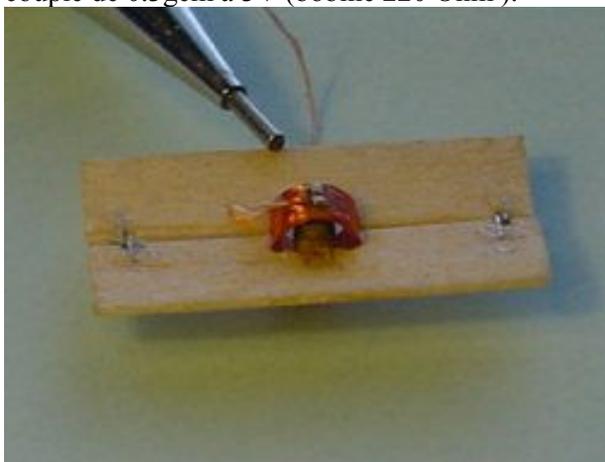


Photo 5 (Fritz Mueller)

La solution Didel est plus sophistiquée. Un circuit imprimé finement découpé tient la bobine et permet de souder ses fils très fragiles; un connecteur peut être utilisé, mais cela ajoute 0.1g. L'aimant est fixé solidement sur une pièce en bronze au béryllium, obtenue par usinage chimique, qui s'articule dans des trous faits dans la tranche du circuit imprimé. L'élasticité de la pièce permet le montage et démontage du gouvernail, ce qui est très pratique pour une construction propre (photo 6).

Avec un aimant de $\varnothing 2\text{mm}$, le poids est de 0.19g pour un couple de 0.3gcm à 3V (160 Ω). Avec un aimant de $\varnothing 3\text{mm}$ on a 0.35g et un couple de 1.2 gcm à 3V (350 Ω).

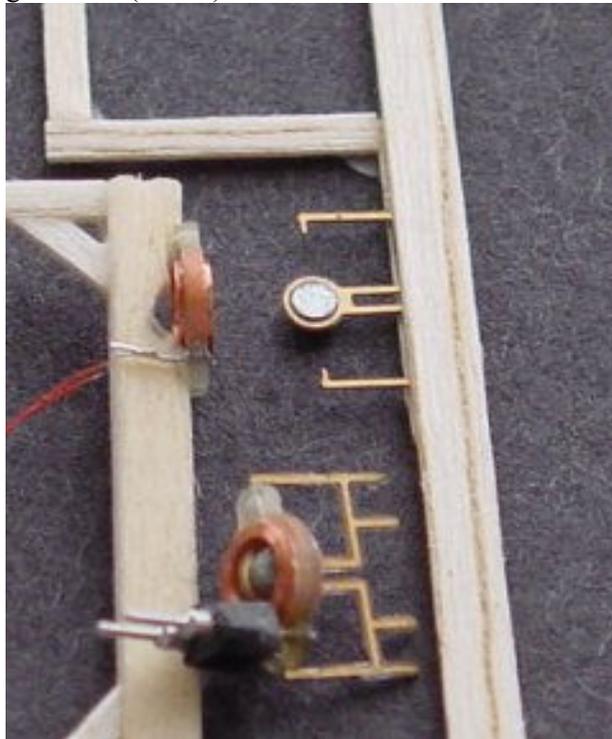


Photo 6 (Nanoservo de Didel)

Comment dimensionner un actuateur BIRD? L'aimant fournit un champ H et la bobine un champ proportionnel au nombre d'Ampères-tours. Le couple de rotation est le produit des deux. Il faut donc un aimant au Neodyme Fer, éventuellement Samarium-Cobalt qui est 30% moins fort. Une documentations assez complète peut être trouvée sous www.ibsmagnet.de.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de quelques aimants achetés chez deux fournisseurs suisses:

Matière	Dimensions	Masse	Force
NdFeB	$\varnothing 2 \times 1.2$	0.024g	100g
SmCo	2x2x1	0.033g	130g
SmCo	$\varnothing 2.5 \times 1.5$	0.063g	140g
NdFeB	$\varnothing 3 \times 2$	0.115g	270g

Pour la bobine, il faut choisir le diamètre du fil et la dimension de la bobine en fonction de la dimension de l'aimant, du poids total, de la force désirée et de la tension d'alimentation. La règle de Fritz Muller est d'avoir un rapport 3 entre la masse de l'aimant et celle de la bobine. Doubler la masse de l'aimant ou de la bobine double le moment. Doubler les deux quadruple le moment.

Pour une section de bobine donnée, le nombre de tours N est proportionnel à S/d^2 .

La longueur du fil est proportionnelle à N et la résistance par unité de longueur dépend de $1/d^2$. Le courant dépend de d^2 et le nombre d'ampères-tours ne dépend que de la section, quel que soit le diamètre du fil. Le diamètre du fil doit être choisi en fonction de la tension de commande et du courant, donc du couple souhaité. La résistance d'une bobine de diamètre et section donnée est proportionnelle à $1/d^2$. Il n'y a pas trop de souci à se faire pour l'échauffement; une petite bobine en l'air dissipe facilement 0.5W ce qui correspond à 5V 100 mA. Pas de risque non plus de démagnétiser l'aimant par un courant trop intense.

Les diamètres s'expriment en AWG (American Wire Gauge) qui est une échelle logarithmique en fait très pratique: si on augmente l'AWG de 6, le diamètre diminue de moitié, et la résistance augmente d'un facteur 4. Un AWG=38 correspond à 0.1mm avec une résistance de 2.16 Ohm par mètre. Il nous faut du fil beaucoup plus fin. La figure ci-dessous donne donc le diamètre, la résistance et la masse pour les AWG de 38 à 50. La résistance d'une bobine est proportionnelle à $1/d^4$, donc si on augmente de 3 AWG, la résistance est multipliée par 4 et on peut tracer la droite correspondant aux résistances de bobines de volume donnés après en avoir calculé une seule.

Le problème principal est de trouver du fil fin et de réaliser/faire réaliser des bobines propres.

J.D. Nicoud www.didel.com

