

# Hélice - pas variable en vol



Une hélice est composée de plusieurs pales dont chacune comporte un bord d'attaque, un bord de fuite, un intrados et un extrados.

C'est donc une aile, avec un profil bien défini et adapté à sa fonction.

Chaque fois que l'hélice fait un tour elle avance d'une certaine valeur, c'est le "**pas**".

Les hélices à pas fixe (ou réglable au sol) ont souvent un calage moyen qui donne à peu près satisfaction en croisière comme en montée, mais n'est idéal dans aucun des deux cas.

Les hélices à calage fixe se comportent un peu comme un vélo sans dérailleur. Si le pas est grand (un grand plateau et un petit pignon sur la roue arrière) dès qu'un effort s'impose le moteur peine ce qui n'est pas idéal. (pour le coeur du cycliste)

Si au contraire le pas est trop petit (petit plateau et grand pignon) le moteur s'emballera avec risque de sur-régime. (on moulinera ...)

C'est pour cette raison que les vélos ont des dérailleurs et que l'on a inventé les hélices à pas variable. (boîte de vitesse sur une voiture)

Avec une hélice à **grand pas** il faut être vigilant au décollage, surtout si l'avion est chargé, s'il fait chaud, si la piste est courte ou peu roulante. En approche, il faudra soigneusement surveiller sa vitesse, car l'hélice continue à tirer même aux faibles régimes, et peut allonger la trajectoire ainsi que la distance d'atterrissage.

Avec une hélice à **petit pas** le décollage et la montée sont plus faciles, mais le moteur tourne plus vite (risque de surchauffe)

## Généralités

Pour un aperçu des performances, soit deux avions identiques, on suppose qu'ils sont utilisés au même régime moteur en montée, en croisière et en descente

L'un avec une hélice petit pas :

- atteint plus vite l'altitude de voyage
- vole moins vite en palier
- consomme moins à l'heure de vol car la pression d'admission est plus faible
- c'est celui qui vole plus longtemps

L'autre avec une hélice grand pas :

- accélère plus dans la descente
- vole plus vite en palier
- parcourt la plus grande distance avec la même quantité d'essence
- c'est celui qui vole le plus loin

## Réglementation Fr

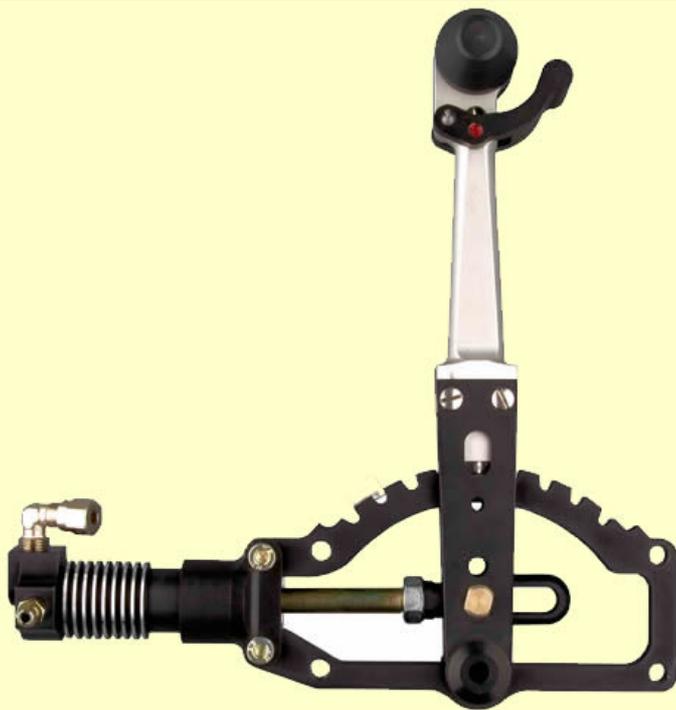
### Hélice à pas variable mécanique



L'angle des pales est ajusté à l'aide d'une commande mécanique par câble depuis l'habitacle (avec un blocage possible de la commande)



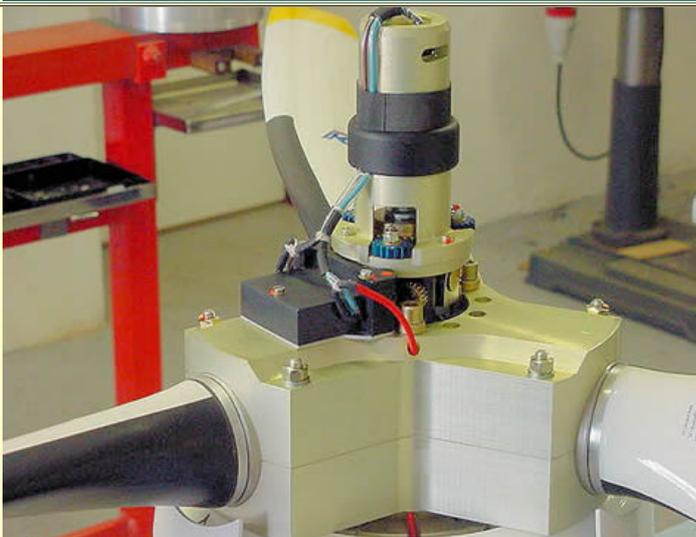
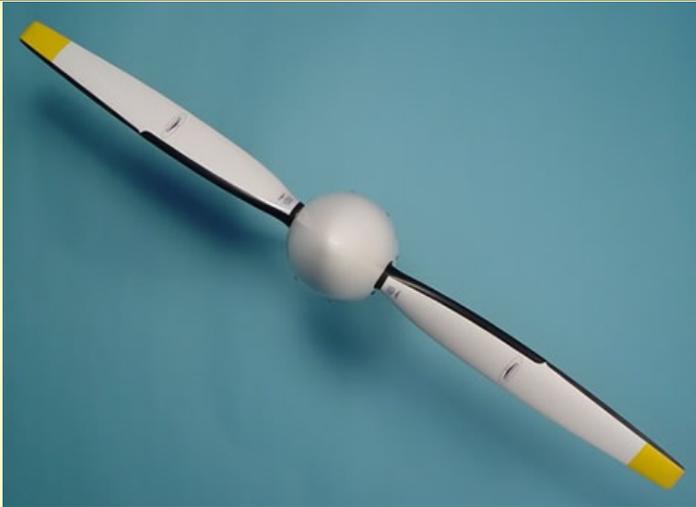
## Hélice à pas variable hydraulique





L'angle des pales est ajusté à l'aide d'une commande hydraulique, soit par cran soit rotative (avec un blocage possible de la commande), depuis l'habitacle

## Hélice à pas variable électrique



Certaines hélices ont une fonction "reverse", qui permet d'inverser le pas (angle de calage négatif), qui exerce une traction inverse au sens de l'avance.

Permet la marche arrière et le freinage au sol.



L'angle des pales est ajusté à l'aide d'un servomoteur électrique, commandé de l'habitacle, et il peut, sans à-coup, changer de l'angle minimum valide pour le décollage jusqu'à l'angle maximum pour la croisière.

Le système permet une gamme d'ajustement de l'angle des pales de au moins 20 degrés au-dessus de l'angle minimum (par exemple 10-30 degrés, ou de 14-34 degrés etc.)

## Constant Speed



- Ceci permet au pilote de choisir la vitesse (nombre de tours/minute) de l'hélice pendant les phases de montée et de croisière du vol.
- Le régulateur ajustera alors automatiquement le pas de l'hélice pour maintenir ce nombre de tours/minute. La manette des gaz n'intervient plus sur le régime mais sur la pression d'admission.
- Le principe de l'hélice Constant Speed est de conserver le même régime (dans les limites du plein petit pas et du plein grand pas) que l'on soit en descente, en palier ou en montée et quelle que soit la Vitesse de l'avion
- Analogie : boîte automatique sur une voiture
- Nécessite un capteur sur le moteur pour détecter la vitesse de celui-ci (compte tour)

Dans ce cas-ci le propulseur se comporte comme propulseur à vitesse constante.

Un commutateur est installé sur le tableau de bord pour permettre le choix de la commande manuelle ou automatique de la vitesse constante du propulseur.

Positions :

- montée & descende
- vol en croisière
- manuel

Pour le pilote, la gestion d'une hélice à vitesse constante devrait être relativement simple. **On choisit la vitesse de rotation en tours/minute de l'hélice** et le système se débrouille pour maintenir cette vitesse quelle que soit la puissance délivrée par le moteur et la vitesse indiquée de l'avion.

**Mode d'emploi Fr**

## CSC-1/G Constant Speed Controller

Dans un instrument de taille 57mm, la CSC-1 / G de **Smart Avionic** fournit les fonctionnalités suivantes:

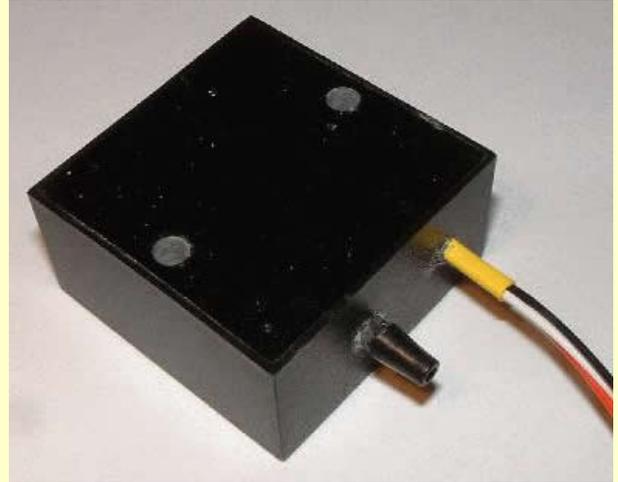
- Le mode multi-contrôleur de vitesse constante pour une hélice à pas variable électrique monté sur 912/912S/914 moteur Rotax (les autres moteurs tels que Subaru ou Jabiru peut être utilisé).
- Actuellement en cours d'utilisation avec des hélices faite par Rospeller et **Woodcomp (SR2000 et SR3000)** - d'autres types devraient aussi être compatibles.
- Le pas de sortie de commande peut être modulé afin de ralentir les moteurs de commande du pas de l'hélice trop rapide (par exemple Woodcomp SR3000 équipé d'inverseur ou de mise en drapeau en option).
- Ce système **ne nécessite pas de détecteur de vitesse de roation** sur l'hélice



- Avec l'ajout d'un commutateur externe, la CSC-1 / G permet de contrôler une hélice en drapeau (utilisée avec la version mise en drapeau de Woodcomp SR3000). Qui contient un interrupteur surveillé pour contrôler l'adoucissement et un condensateur de filtrage PWM est disponible



- **MPS-1 capteur de pression d'admission**
- Tachymètre digital affiche la vitesse du moteur le plus proche +/- 10 tr/min.
- Limiteur.
- Total des heures moteur .
- Le MPS-1 est un capteur à semi-conducteurs qui mesure la pression d'admission du moteur. Avec une gamme de pression de travail de 6 à 73 pouces de mercure, ce capteur peut être utilisé à la fois avec turbo et les moteurs non turbo Rotax.
- avec l'ajout d'un MPS-1, la CSC-1 / G peut afficher soit la pression d'admission en pouce ou la puissance du moteur approximative en pourcentage (uniquement avec les 4-temps Rotax, Jabiru).



Le MPS-1 est disponible en deux variantes:

#### **Absolute(MPS-1A)**

Il mesure la pression d'admission absolue à l'aide d'un seul port (comme illustré sur la droite) et a l'avantage que la CSC-1 affiche la «pression» réelle variée à n'importe quelle altitude. Inconvénients de l'utilisation de ce capteur sont que l'indication va progressivement se dégrader (sous estimation) au fur et à mesure que l'altitude augmente.

#### **Différentielle (MPS-1D)**

Cette formation de deux capteurs port mesure la différence de pression entre le collecteur du moteur et la pression ambiante. Lors de l'utilisation de ce capteur, l' affichage de la pression collecteur est seulement une estimation au niveau de la mer et sera progressivement surestimée au fur et à mesure que l'altitude augmente. L'avantage de ce capteur est que l'indicateur de puissance devient indépendant de l'altitude et, effectivement, indique la position de l'accélérateur.

Les deux variantes de la MPS-1 ont une simple interface 3 fils électriques pour le raccordement direct à la CSC-1. Le fil de 1m de long est isolés téflon pour une utilisation à une haute température (200 ° C) d'environnements. Les besoins d'approvisionnement électrique sont minimes, l'unité tire 10mA seulement de l'alimentation +12 V.

Pour la longévité, le capteur est mis dans un boîtier en plastique hermétique qui se monte facilement en utilisant les vis fournies M4.

Le poids total de 60g.

- L'écran LCD affiche les tr/min du moteur, le mode de fonctionnement actuel, l'information quand la limite du petit pas est atteinte et (éventuellement) la pression d'admission ou le pourcentage de puissance.
- La LED s'allume en jaune lorsque la "ligne jaune" est atteint (5500 tr/min) et il s'allume en rouge lorsque la "ligne rouge" est atteint (5800 tr/min).
- En appuyant sur le bouton-poussoir on change le mode de fonctionnement.

Le contrôleur fournit les modes d'opération suivants:

#### **Mobilité Réduite**

Le contrôle automatique est complètement déconnectée, le + / - de l'interrupteur à bascule contrôle directement le pas d'hélice.

#### **Manuel**

Le contrôle automatique est connecté mais le contrôle du pas de l'hélice se fait via la touche + / - (Interrupteur à bascule). La limitation automatique Rev est activée. Si le bouton mode est maintenant enfoncé brièvement, on passe en mode de croisière.

### Croisière

Le contrôleur garde le nombre de tr/min autour de la valeur fixée en croisière en ajustant le pas de l'hélice. La touche + / - Interrupteur à bascule peut être utilisé pour ajuster la valeur cible de +/- 50 tr/min. Appuyant brièvement sur la touche Mode on bascule le mode sur manuel.

### Climb (montée)

Similaire au mode de croisière, sauf que le preset " tr/min en montée" est utilisé. Appuyant sur le bouton MODE pendant 3 / 4 de seconde ou plus on sélectionne ce mode. Pousser brièvement sur le bouton mode, repasse en mode de croisière.

Fonctionnement de la CSC-1 / G est très simple et diminue la charge de travail du pilote. Avant le décollage, le **mode de montée** est sélectionné en appuyant sur le bouton mode pendant environ une seconde. Pendant la montée, le régime du moteur peut être ajustée, si désiré, en utilisant les touches + / - Interrupteur à bascule. Lorsque l'altitude de croisière désirée est atteinte, une pression rapide du bouton de mode choisit le **mode de croisière** et la manette des gaz peut ensuite être ajustés à la position de croisière. Dans la croisière, la commande de puissance fonctionne comme un «levier de vitesse». En touchant terre, le mode de montée est sélectionné de nouveau au cas où une remise des gaz est nécessaire.

Les fonctionnalités supplémentaires de la CSC-1 / G sont les suivants:

- Si le Tr/min est inférieur à une valeur prédéterminée tandis que le mode de croisière est sélectionnée, le voyant rouge clignote pour indiquer que vous voulez probablement sélectionner le mode manuel ou grimper.
- Différents paramètres du régulateur peut être ajustée en utilisant le mode d'installation. Toutes les valeurs sont détenues dans la mémoire non-volatile afin qu'ils ne seront pas oubliées quand l'alimentation est coupée.
- Commutateurs externes peuvent être connectés en parallèle aux touches + / - commutateurs.
- Le contrôleur est directement relié au moteur de commande du pas de l'hélice.
- Pour une fiabilité et d'efficacité, les transistors MOSFET de puissance sont utilisés pour commuter le courant du moteur.
- Le CSC-1 / G peut piloter directement le moteur du pas d'hélices nécessitant jusqu'à 10A en continu et 15A de pointe.
- Un indicateur externe qui est allumé lorsque le moteur de pas est connecté. Cela indique que le moteur est actif mais n'a pas encore atteint un point limite.
- L'entrée tachymétrique est compatible avec la sortie standard Tacho Rotax et peut être configurée pour des différents types de moteurs (912, 912S, 914, ...).
- Le logiciel est facilement extensible lorsqu'un problème de sécurité critique est identifiée ou une amélioration significative de ce produit est introduit.

Les détails complets de l'installation du contrôleur et l'utilisation ne peut être trouvée dans le **CSC-1 / G d'installation et manuel d'utilisation** (dernière mise à jour 17 Décembre 2009).

## Voir : La Propulsion Par Hélice

### Tri-pale ou Bi-pale ?

Les hélices tripales offrent généralement un rendement inférieur aux bipales: chaque pale évolue dans un air perturbé par la précédente, d'où diminution des performances. Par contre, elles sont moins bruyantes.



Sauf quelques cas particuliers, la plupart des hélices sont bi pales jusqu'à une puissance de 200 ch environ. Ce n'est pas seulement par simplicité de construction et ou par gain de poids, c'est surtout que ce type d'hélice offre le meilleur rendement. Lors de la rotation la pale suivante est moins perturbée par le souffle de la précédente. La tripale adaptée à un type d'avion à toujours un diamètre inférieur

Ce qui à pour conséquences :

- la garde au sol est plus grande, réduction de la hauteur du train d'atterrissage

- la vitesse en bout de pale est moindre ce qui diminue le bruit généré. (ce qui justifie le montage d'une tripale)
- une hélice tripale ne procure généralement pas une accélération aussi prononcée au décollage qu'une bipale

Donc dans les petites puissances l'avion ne volera pas plus vite et ne décollera pas plus court ni montera mieux avec une tripale, les performances ne sont pas améliorées. Le montage d'une tripale ne se justifie pas.

## Gestion d'une hélice à pas variable

Pour le pilote, la gestion d'une hélice à vitesse constante devrait être relativement simple. On choisit la vitesse de rotation en tours/minute de l'hélice et le système se débrouille pour maintenir cette vitesse quelle que soit la puissance délivrée par le moteur et la vitesse indiquée de l'avion.

L'hélice est entraînée par le moteur mais aussi, dans une moindre mesure, par le vent relatif et une variation de celui-ci influe sur sa vitesse de rotation.

La pression mesurée dans les pipes d'admission indique la performance du moteur (indicateur de pression d'admission en pouces de mercure)

- Si la pression d'admission est faible (gaz réduit) le moteur délivre peu de puissance.
- Au décollage la manette des gaz est amenée en butée, ce qui donne généralement une PA de 27-28
- En montée initiale, il est bon de ramener la PA à 26 afin de diminuer la fatigue du moteur.
- En croisière on ramène la PA à 26-27 75% de puissance selon le moteur (voir tableau ci-dessous pour les rotax 912 UL et ULS)
- Rotax conseille une croisière à 75%, donc pour un 100 cv on règle la pressions à 26 et le régime moteur à 5000 t/m



En pratique sur moteur Rotax :

- On règle le petit pas pour ne pas dépasser 5600 tr/min en statique ce qui permet de décoller "plein gaz" sans risquer de sur régime.
- **Décollage**, petit pas, plein gaz, PA 28
- En **montée initiale**, on augmente légèrement le pas et on réduit la PA à 26 - 27 pour soulager le moteur
- **Rotax conseille une croisière à 75%**, on règle la vitesse de rotation du moteur à 5000 tr/min pour une PA de 26 (rotax 100 ch) où 5500 tr/min et la PA à 27,2 (80 ch), ensuite on diminue éventuellement les gaz pour réduire la vitesse, soulager le moteur et diminuer la consommation.
- en **descente** on passe en "plein petit pas" afin de ralentir sa vitesse et de éventuellement procéder à une remise de gaz en cas de nécessiter (atterrissage).
- la pression d'admission varie avec la pression de l'air ambiant donc avec l'altitude
- la PA diminue de **1 pouce par 1000 ft d'altitude** en montée et augmente de la même valeur en descente.
- le pilote doit avancer la manette des gaz en montée régulièrement pour maintenir la PA. Arrivé en butée, alors que l'on continue à monter, la pression continuera à chuter progressivement. On constate les effets de la raréfaction de l'air en altitude sur les performances du moteur (puissance)
- Inversement, lors de la descente, il faudra diminuer progressivement la manette des gaz afin de maintenir la pression désirée.
- On prendra également soin de passer l'hélice en "plein petit pas" lorsque l'on réduit le moteur (check-list !), mais que dans un future proche il faudrait une remise des gaz (finale, récupération d'un décrochage en école,...)
- **Différence entre pression relative et pression absolue**

### Définition :

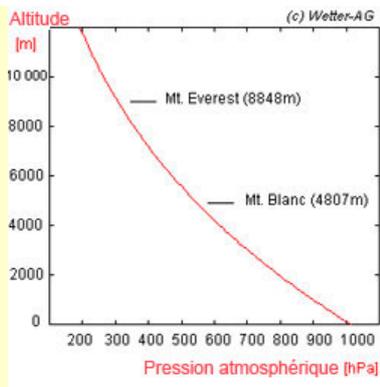
La pression absolue *pabs* est la pression par rapport à la pression zéro dans du vide (vacuum).

La pression relative *prel* est la pression par rapport à la pression barométrique du moment *pamb* (pression atmosphérique).

### Problème :

La pression atmosphérique (hPa) varie continuellement en fonction de l'altitude et de l'état atmosphérique. C'est pourquoi suivant l'application, on mesure soit la pression relative, soit la pression absolue (indicateur de pression d'admission).

**Exemple de pression absolue : mesure de pression de l'air**

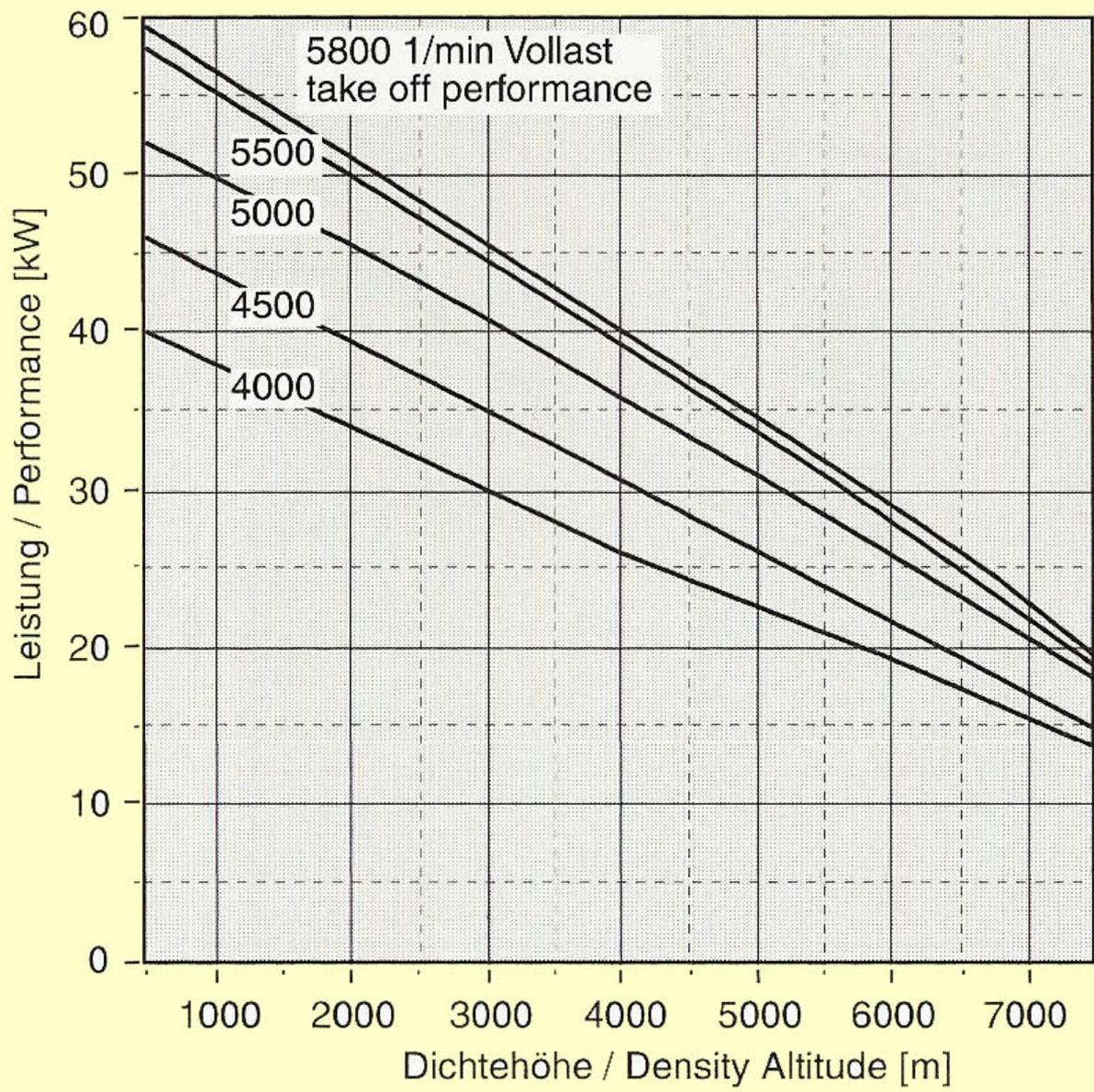


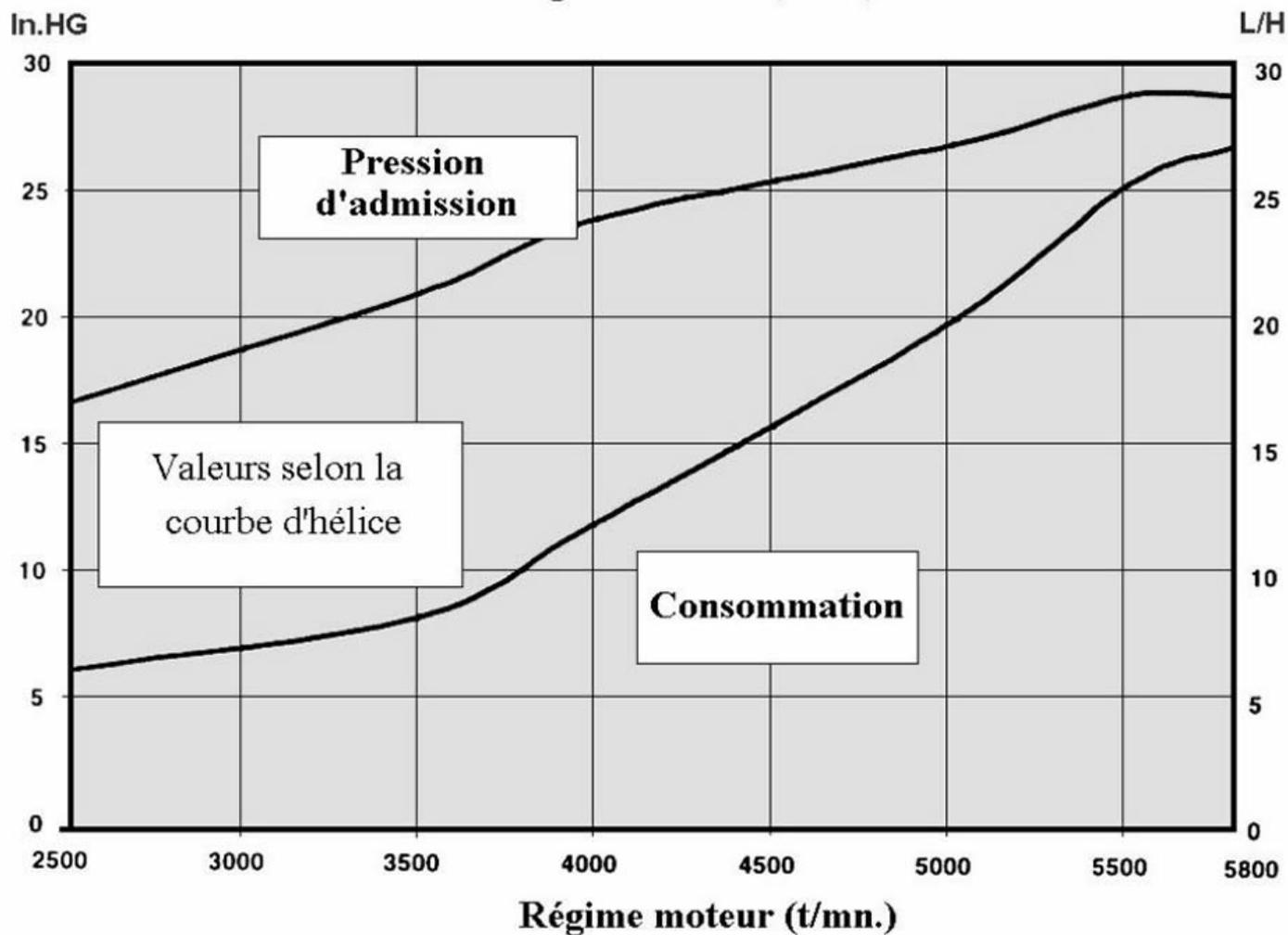
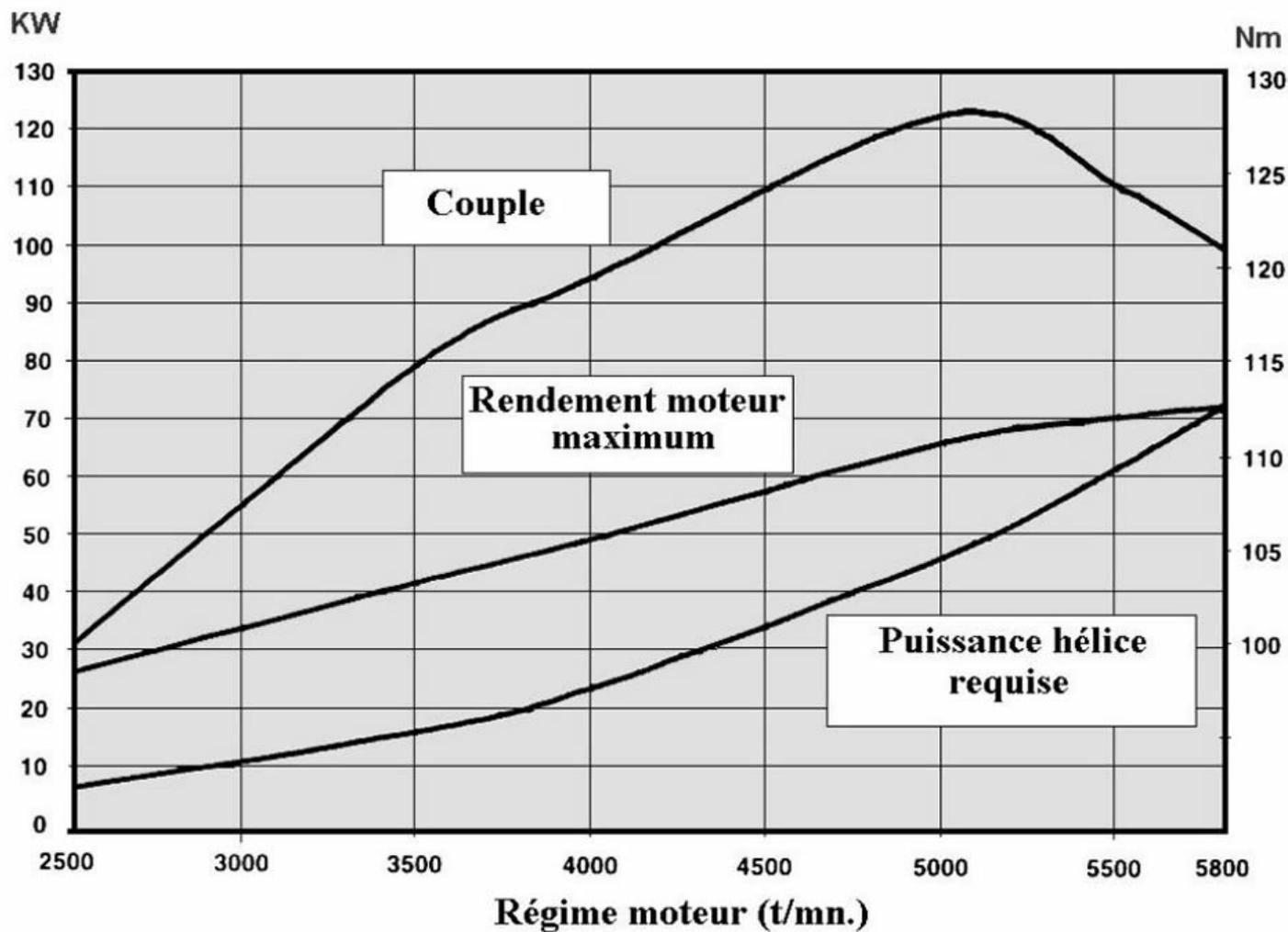
La mesure de la pression de l'air est une mesure de pression absolue.  
On peut l'utiliser par ex. pour la pression d'admission du moteur.

### Rotax 912 UL (80 Hp)

| Puissance (%) | Vitesse (rpm)                 | Performance (Kw) | Couple (Nm) | Pression admission |
|---------------|-------------------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Décollage     | 5800 ( <b>max 5 minutes</b> ) | 59,6             | 98,1        | Plein Gaz          |
| Croisiere     | 5500                          | 58               | 100,7       | Plein Gaz          |
| 75 %          | 5000                          | 43,5             | 83,1        | <b>27,2</b>        |
| 65%           | 4800                          | 37,7             | 75          | 26,5               |
| 55%           | 4300                          | 31,9             | 70,8        | 26,3               |

### Variation des performances avec l'altitude (912 UL) / Courbes Moteur

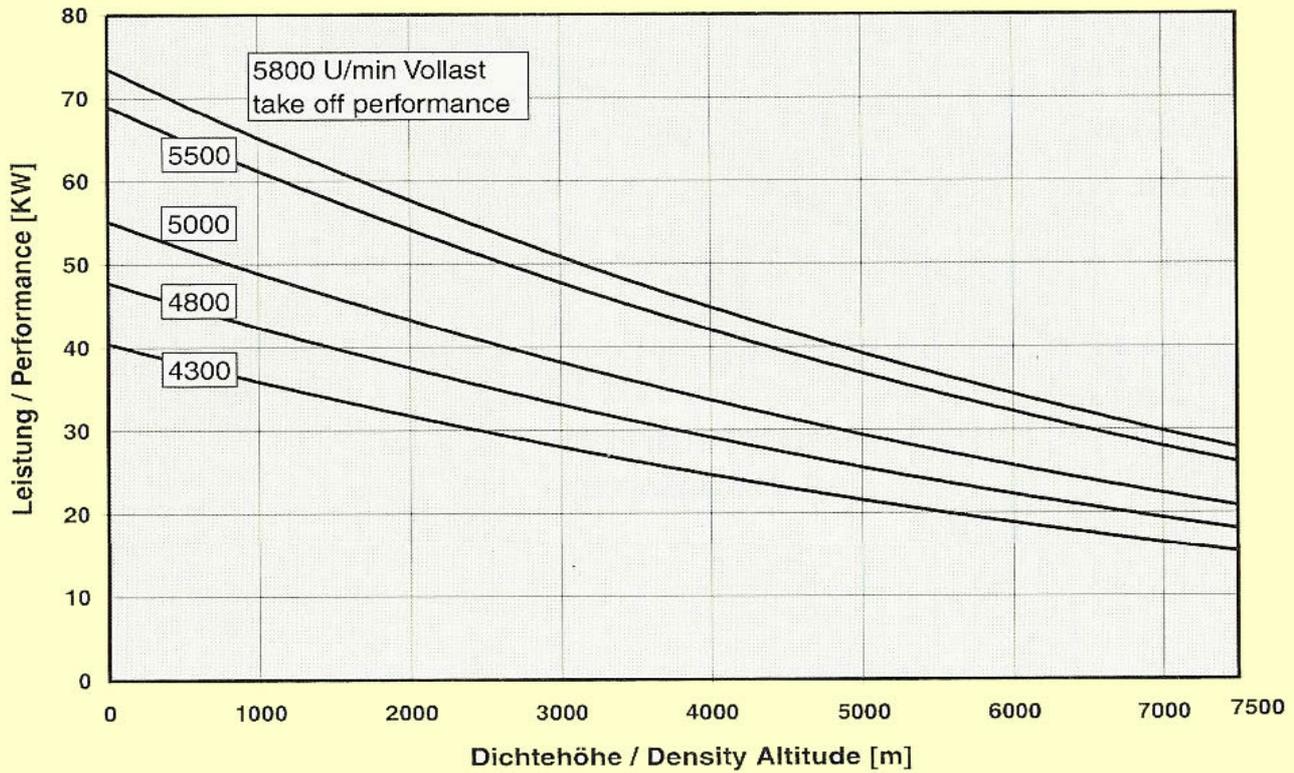




## Rotax 912 ULS (100 Hp)

| Puissance (%) | Vitesse (rpm)        | Performance (Kw) | Couple (Nm) | Pression admission |
|---------------|----------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Décollage     | 5800 (max 5 minutes) | 73,5             | 121         | 27,5               |
| Croisiere     | 5500                 | 69               | 119,8       | 27,5               |
| 75 %          | 5000                 | 51               | 97,4        | <b>26</b>          |
| 65%           | 4800                 | 46,6             | 88,7        | 26                 |
| 55%           | 4300                 | 38               | 84,3        | 24                 |

### Variation des performances avec l'altitude (912 ULS) / Courbes Moteur



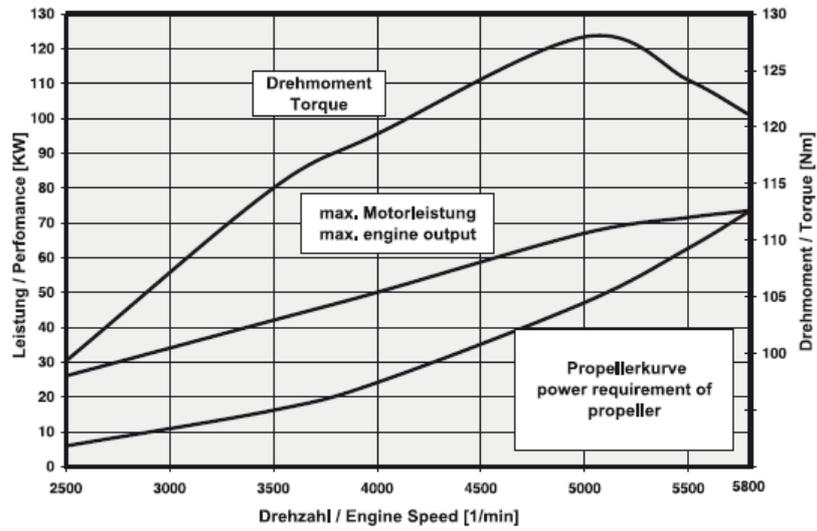
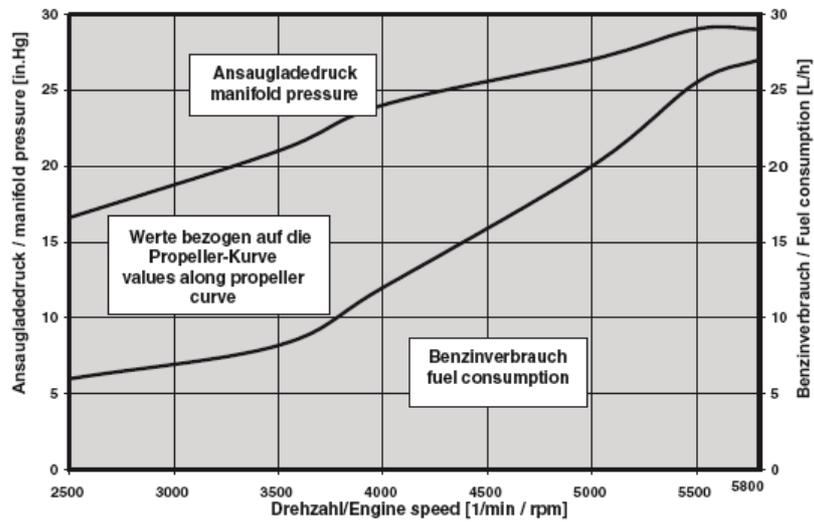


Fig. 4

02001



**Performance data for variable pitch propeller**

Engine speed over 5500 rpm is restricted to 5 minutes.

Run the engine in accordance with the following table.

| Power setting         | Engine speed (rpm) | Performance (kW)/(HP) | Torque (Nm) (ft.lb) |             | Manifold pressure (in.HG) |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------|---------------------------|
| Take-off power        | 5800               | 73.5/100              | 121.0               | 89.24 ft.lb | 27.5                      |
| max. continuous power | 5500               | 69.0/90               | 119.8               | 88.36 ft.lb | 27                        |
| 75 %                  | 5000               | 51.0/68               | 97.4                | 71.84 ft.lb | 26                        |
| 65 %                  | 4800               | 44.6/60               | 88.7                | 65.42 ft.lb | 26                        |
| 55 %                  | 4300               | 38.0/50               | 84.3                | 62.17 ft.lb | 24                        |

NOTE: Further essential information regarding engine behavior see Service Letter SL-912-016, latest edition.

[Contact](#)

[Haut de Page](#)

