

## Principe de fonctionnement d'un hélicoptère

Les hélicoptères sont très différents des avions, que ce soit au niveau de la forme ou au niveau du pilotage. Piloter un hélicoptère est beaucoup plus difficile que de piloter un avion, car avec les voilures tournantes il faut gérer la troisième dimension.

Tout d'abord, rappelons la composition d'un hélicoptère. Il possède une carcasse sur laquelle vient s'ajouter un rotor principal, placé horizontalement et composé de 2 à 8 pales ainsi qu'un rotor de queue, placé verticalement et un ou plusieurs moteurs. Au début de la création des hélicoptères, le rotor de queue ou rotor anti-couple n'existait pas, ce qui rendait impossible le vol d'un hélicoptère. C'est grâce à la troisième loi de Newton qui dit que pour chaque force, il existe une force égale et opposée, qu'est né le rotor de queue ou rotor anti-couple. Le fait de ne pas avoir de rotor anti-couple fait tourner la carcasse dans le sens inverse au sens de rotation du rotor principal, l'hélicoptère était donc impossible à piloter. Mais il existe des hélicoptères qui ne possèdent pas de rotor anti-couple, soit ils ont deux rotors principaux (Ex : CH-47 Chinook), soit ils ont un rotor coaxial, c'est-à-dire qu'il a deux rotors principaux montés sur le même axe mais avec des sens de rotations différents pour chacun d'entre eux (Ex : Ka-50 Hokum), soit ils ont le nouveau système NOTAR qui est un système qui utilise des jets d'air créés par la turbine de l'hélicoptère (Ex : MD900).

### **Les commandes de l'hélicoptère.**

Les hélicoptères sont gérés par trois commandes différentes qui agissent toutes sur l'angle des pales (le pas des pales), soit celles du rotor principal ou du rotor de queue. Il y a :

- La commande de pas cyclique.
- La commande de pas général.
- Le palonnier.

#### **1.) La commande de pas cyclique.**

La commande de pas cyclique affecte l'angle de chaque pale de rotor individuellement, à différents points au cours d'une révolution de 360°. L'angle de chaque pale individuelle augmente au cours de la première moitié de chaque révolution, puis diminue au cours de la seconde moitié. Le pas le plus prononcé des pales génère davantage de portance au cours d'une partie de la révolution, ce qui entraîne les pales à battre plus haut. Lors du reste de leur révolution, les pales ne s'élèvent pas autant parce que l'angle des pales et la portance est moins prononcé.

Le résultat de ce changement est que l'ensemble du disque du rotor adopte une nouvelle inclinaison. Cela modifie effectivement la direction de la poussée, permettant au pilote de prendre de la vitesse vers l'avant, de donner une inclinaison latérale à l'appareil ou de modifier son assiette.

Vous ne pouvez incliner le disque du rotor que jusqu'à un certain point. Une fois que l'angle d'attaque est trop grand, les pales ne génèrent plus assez de portance, c'est ce que l'on appelle le décrochage.

#### **2.) La commande de pas général.**

La commande de pas général ou collectif est le manche qui se situe sur le côté gauche du pilote, qui est assimilable à un frein à main, mais qui a une tout autre fonction.

La commande de pas collectif change l'angle des pales du rotor "collectivement". Cela signifie que toutes les pales sont affectées en même temps par la même quantité. Le pas des pales reste constant pendant chaque révolution de la pale, c'est ce que l'on appelle un changement statique. Le fait d'accroître l'angle des pales ou d'augmenter le pas collectif, augmente la portance. Le fait de diminuer l'angle des pales ou de réduire le pas collectif, réduit la portance. Lorsqu'un pilote augmente le pas collectif, l'hélicoptère monte à la verticale. Mais si il augmente trop le pas collectif, l'angle des pales peut devenir trop fort et créer en fait de la traînée au lieu de créer de la portance. Le fait de réduire le pas collectif entraîne une diminution de la portance et résulte en une descente progressive.

Lorsque le pilote l'actionne, cela a pour conséquence d'augmenter le flux d'air qui traverse le rotor, c'est comme cela que naît la portance.

### 3.) Le palonnier.

Le palonnier se compose de deux pédales, gauche et droite. Ces pédales permettent d'agir sur le rotor de queue qui contrôle la direction dans laquelle est pointée le nez de l'appareil. Cette direction peut être différente du cap de la trajectoire de l'hélicoptère. Les pilotes utilisent surtout les pédales pour faire tourner l'hélicoptère pendant un vol stationnaire. Cependant les pédales sont également utilisées en conjonction avec le manche de pas cyclique pour effectuer un virage serré à faible vitesse. A vitesse élevée, les pédales ne font plus guère d'effet.

Le pas des pales du rotor de queue est tel que, lorsque les pédales sont au neutre, les pales produisent juste assez de portance pour compenser le couple produit par le rotor principal. Lorsque le pilote pousse les pédales d'un côté ou de l'autre, il change le pas de toutes les pales du rotor de queue. Ceci est identique à la manière dont le manche de pas collectif contrôle le pas des pales du rotor principal.

En appliquant plus de pression sur la pédale de droite, vous faites tourner le fuselage de l'hélicoptère vers la droite. En appliquant davantage de pression sur la pédale de gauche, vous réduisez le pas collectif et vous faites tourner l'hélicoptère vers la gauche.

### Un peu plus notions

Maintenant que nous avons quelques bases sur l'hélicoptère entrons un peu plus dans le vif du sujet en abordant des sujets plus techniques.

#### 1.) Notions de pale avançante et reculante.

**La partie rouge correspond aux pales dites "avançantes" et la partie verte aux pales dites "reculantes". On parle de pales avançantes car elles vont dans le même sens de déplacement que l'hélicoptère, et les pales reculantes vont dans le sens inverse au déplacement de l'aéronef.**

#### 2.) Dissymétrie de la portance.

Les pales en rotation forment un cercle parfait. Les points le long d'une pale d'hélicoptère sont simplement des points qui se déplacent en cercles concentriques autour de l'axe du rotor. Les trajectoires parcourues par les points situés en bout de pale sont plus longues que celles des points situés près du centre, mais tous les points d'une pale mettent le même temps pour effectuer un tour. Cela veut donc dire que les points situés aux extrémités des pales se déplacent plus vite que ceux situés près de l'axe du rotor.

Les sections de pales situées près du rotor se déplacent plus lentement, donc d'après le théorème de Bernoulli (Plus la vitesse d'un fluide augmente, plus sa pression diminue), on a

moins de portance au niveau de l'axe rotor. Cette différence de portance générée par différentes sections d'une pale d'hélicoptère s'appelle *la dissymétrie de la portance*.

Pour compenser cela, les pales des hélicoptères sont vrillées vers l'intérieur de la pale. Ceci augmente donc l'angle d'inclinaison de la pale et par conséquent crée une force de sustentation plus importante. Cette technique permet de créer une portance uniforme sur toute la longueur des pales du rotor.

### **3.) Asymétrie de la portance.**

La vitesse et la portance des pales deviennent plus compliquées lorsqu'un hélicoptère se déplace horizontalement, parce que les pales de l'hélicoptère ont un mouvement de rotation circulaire et que leur vitesse de rotation vient s'ajouter ou se soustraire à leur vitesse horizontale à différents points de leur cycle de rotation. On divisera les pales en deux parties, les pales dites "avançantes" et celles dites "reculantes". Pour obtenir la vitesse des pales avançantes, il faut additionner la vitesse de rotation des pales à celle de l'hélicoptère. Pour obtenir la vitesse des pales reculantes, il faut soustraire la vitesse de rotation des pales à celle de l'hélicoptère.

Etant donné que la vitesse de la pale varie au cours d'une révolution de la pale, la quantité de portance qu'elle crée fluctue. D'après le théorème de Bernoulli, les pales avançantes, qui sont plus rapides, créent plus de portance et les pales reculantes, qui sont plus lentes, génèrent moins de portance. Ceci entraîne ce que l'on appelle une asymétrie de la portance, ce qui signifie que la portance sur un côté du disque du rotor n'est pas égale à la portance de l'autre côté.

Prenons un exemple, soit un hélicoptère avec une vitesse horizontale de 400 km/h environ et une vitesse angulaire en bout de pales valant 1 045 km/h. Si on applique les formules ci-dessus, on obtient une vitesse en bout de pales pour les pales avançantes de 1 448 km/h et pour les pales reculantes, on obtient une vitesse de 650 km/h environ. Les pales avançantes créeront plus de portance que celles reculantes. Cette portance supplémentaire a lieu uniquement sur le côté où les pales sont avançantes. Par conséquent, les hélicoptères ont tendance à s'incliner et à virer sur la gauche.

### **4.) L'effet de cône.**

Lorsque la portance générée par l'hélicoptère augmente, les pales s'élèvent au-dessus de la position horizontale et adoptent une position qui leur fait décrire un cône. Ceci se produit parce que la portance s'exerce sur la totalité de la pale, mais que seule une extrémité de la pale est libre de bouger vers le haut ou vers le bas. Aussi, toute la portance qui s'exerce sur la pale agit sur l'extrémité de la pale.

Plus l'angle au sommet de ce cône est aigu, plus la portance générée est réduite. Ceci est dû au fait que lorsque les pales du rotor adoptent une configuration conique, la surface efficace du disque diminue. La surface du disque efficace est la surface couverte par une révolution de la pale. Si les pales sont disposées selon une configuration conique, le diamètre du disque s'en trouve "raccourci".