

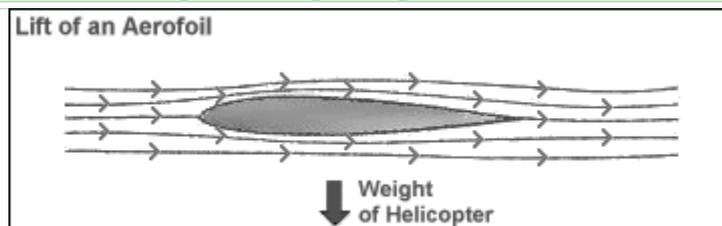
DOCUMENT TECHNIQUE

Principe de fonctionnement de l'hélicoptère :

*Le principe de vol est à la fois simple et très compliqué, tout dépend du niveau de sophistication de l'explication.
Regardons dans les grandes directions le principe du vol de l'hélicoptère :*

VOICI LES NOTIONS DE BASE :

L'hélice de l'avion assure une traction, elle "tire" l'avion en se vissant dans l'air comme une vis dans le bois, lorsqu'au décollage l'avion va assez vite son aile génère une portance qui lui permet de voler.



Le rotor de l'hélicoptère, est à la fois l'aile et l'hélice, il assure traction **Et portance en tournant d'où son appellation "rotor".**

Voici le schéma d'un hélicoptère :

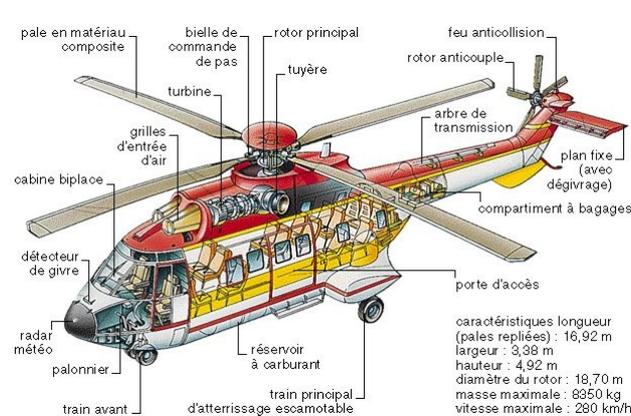


Image ©

Les forces en présences :

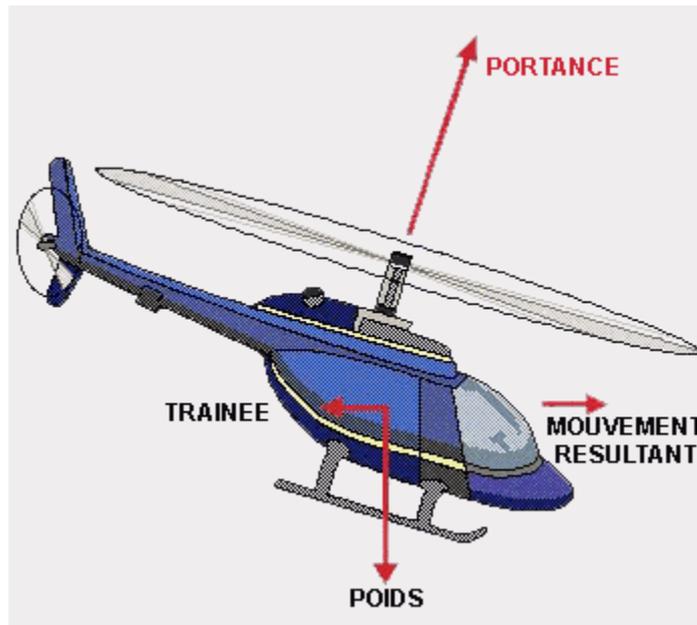


Image ©

Les différents parties constituantes, en Anglais :

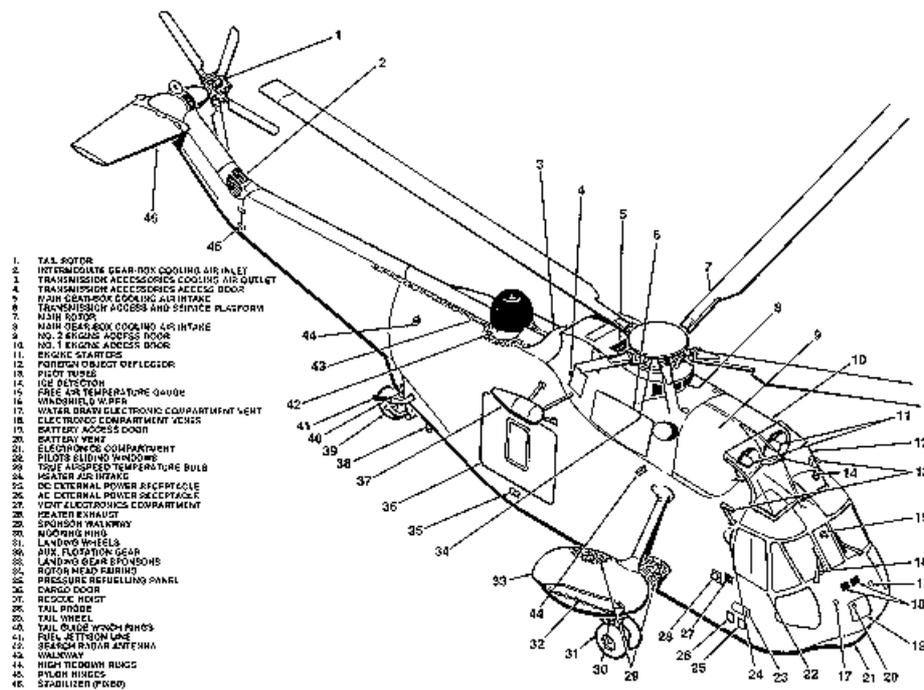
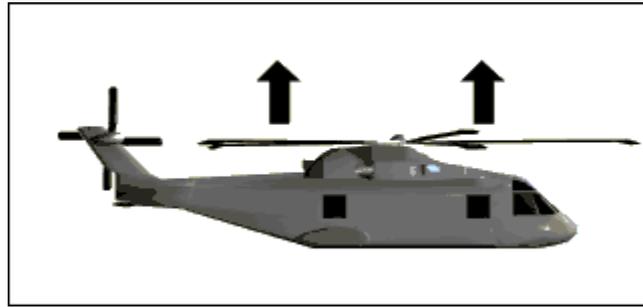


Image © helis.com

Le principe du vol :

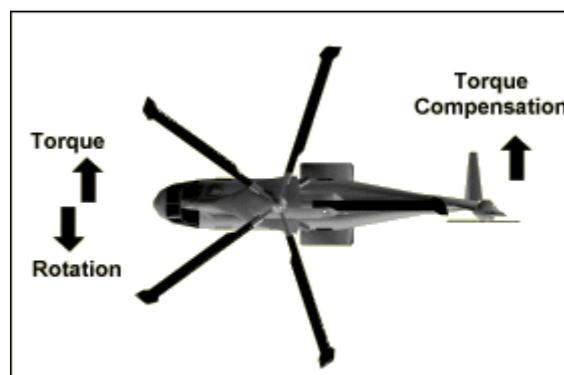


Images © GKM Westland.

Le rotor est entraîné en rotation par un groupe moto-propulseur, constitué d'un moteur (à pistons ou turbine à gaz), d'un embrayage et d'un réducteur aussi appelé BTP (boîtier de transmission principal).



Seulement, comme pour l'hélice, le rotor exerce sur l'air un couple dû à son mouvement, l'air en retour (principe d'action-réaction), exerce un autre couple d'intensité égale mais de sens opposé. Imaginez vous en train de percer un mur extrêmement dur avec une perceuse de 1000 CV, vous tourneriez avec la perceuse ! Et bien c'est ce qu'il passe avec le rotor principal, pour contrer cet effet et permettre le vol, on dispose à l'arrière des hélicoptères un dispositifs "anti-couple" aussi appelé "rotor de queue". Son but, vous l'avez compris, contrer le couple du rotor principal et permettre un vol stable. Notez au passage que c'est le système le plus courant utilisé actuellement mais que l'histoire de l'hélicoptère a vu d'autre systèmes : jet d'air, fenestron, deux rotors principaux (ce qui rend caduc l'anti-couple), mais aussi deux rotors d'anti-couple.



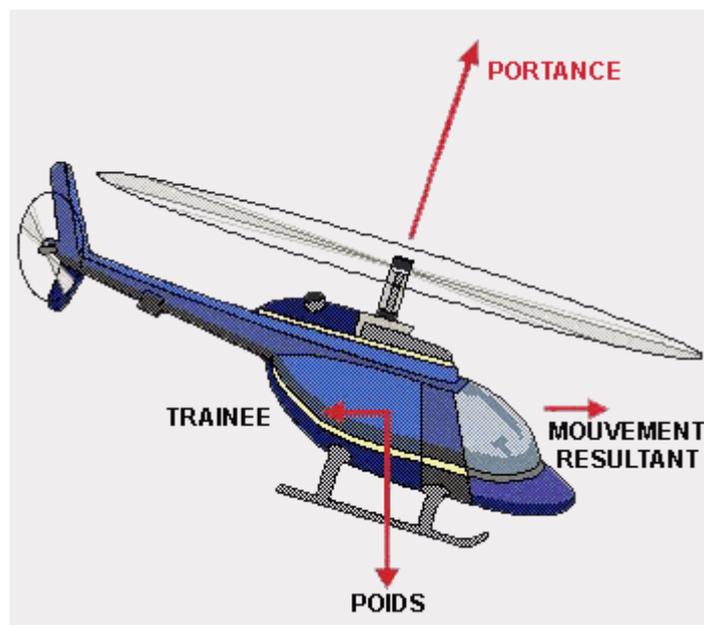
Le rotor anti-couple consomme environ 10 % de la puissance, il est bruyant (en tout cas l'interaction sonore avec le rotor principal), il est dangereux (c'est une excellente tronçonneuse), il est sensible au vent de travers, il est coûteux et fragile, toutes ces raisons font que les constructeurs cherchent à l'éviter et/ou à l'optimiser.



Pour contrôler sa machine, le pilote dispose des trois commandes :
le palonnier manipulé par les pieds qui contrôle l'axe de lacet c'est à dire l'anticouple, le manche à balai ou cyclique, qui contrôle les axes de roulis et tangage et enfin le pas général ou collectif, situé à gauche qui contrôle le moteur et le pas des pales

RESUME : LES PRINCIPES DU VOL

Pour résumer simplement, l'hélicoptère vole en remplaçant les ailes fixes d'un aéroplane " normal " par une voilure tournante : les pales. Lors de son déplacement dans l'air, le rotor génère une portance, de la même façon que le fait une voilure fixe. La portance générée peut être contrôlée et manipulée par le pilote afin de produire un déplacement dans pratiquement toutes les directions.



VOIR LES VIDEOS 

CONFIGURATION DES HELICOPTERES

Un hélicoptère classique possède 2 ensembles de rotors. Le premier, appelé communément disque rotor installé horizontalement, est composé de 2 pales séparées et produit la portance. Ce rotor peut comporter de 2 à 8 pales en fonction du type d'hélicoptère. Le second ensemble plus petit monté verticalement à l'extrémité de la queue est le rotor anti-couple, dont le pas varie.

La fonction du rotor de queue consiste comme son nom l'indique à contrer le couple produit par le rotor principal. Lorsque le moteur fait tourner les pales du rotor principal, dans la direction des aiguilles d'une montre, le fuselage de l'appareil obéit à la 3ème loi de Newton sur le mouvement, et bouge dans la direction opposée, pour chaque action existe une réaction opposée. (Ce phénomène n'existe pas si les pales sont débrayées du moteur lors d'une autorotation).

Afin de garder le fuselage dans un plan constant, le rotor de queue est nécessaire pour contrer le fuselage dans la direction opposée à la direction des aiguilles d'une montre. Ce type de configuration est utilisée dans la plupart des hélicoptères actuels tels que le R22, Bell 206, Ecureuil etc.

Le rotor de queue est l'objet de beaucoup d'attentions car il est bruyant et consomme beaucoup de puissance lors des manoeuvres. Afin de le rendre plus silencieux on utilise la technique du fenestron qui consiste à le caréner et à disposer asymétriquement les pales afin de réduire le bruit. De plus il est débrayable en vol. Cette technique est utilisée sur l' EC120 et EC 135.



Un développement intéressant concernait le Djinn . Cet appareil utilisait un mode de fonctionnement très différent de celui des hélicoptères classiques : en effet, le rotor principal n'est pas entraîné par la force mécanique d'une turbine, mais par la réaction produite par l'éjection d'air comprimé en bout de pales. Ce procédé, qui n'induit pas l'effet de couple dû à la force exercée sur le rotor, permet de ne pas utiliser de rotor anticouple. On voit sur la photo suivante la prise d'air issue de la turbine qui alimente les pales en air comprimé à la base du rotor. Le contrôle de direction se fait à l'aide du flux résiduel de la turbine sur la gouverne verticale mobile.



Il existe d'autres variations sur ce thème comme les rotors en tandem du Boeing Chinook et du Vertol Sea Knight. Des réacteurs ont même été utilisés à ce propos comme pour le British Fairey Gyrodyne et Rotodyne.





On a utilisé aussi les rotors contrarotatifs permettant de supprimer le rotor de queue et de supprimer l'effet de couple chez Kaman avec le K-Max utilisé pour le transport de lourdes charges à système de rotors engrénés et Kamov à usage militaire à rotors coaxiaux contrarotatifs.



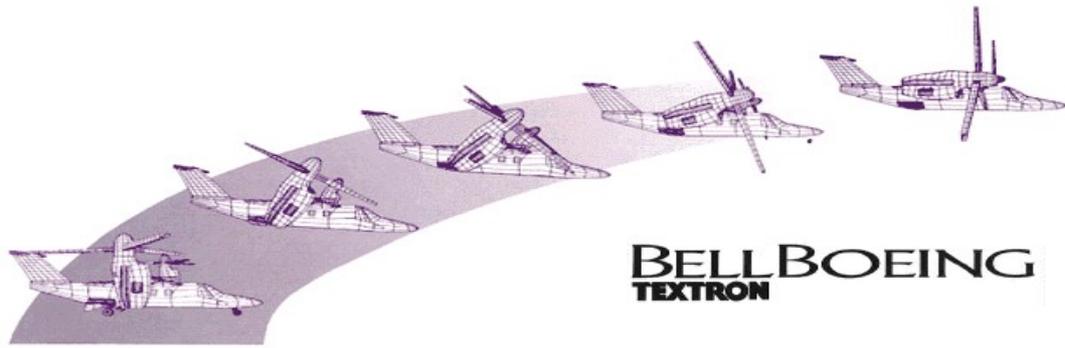
On assiste aussi à des développements surprenants sans rotor de queue tels que le MD 900 et 600 EXPLORER NOTAR :



L'effet anti-couple étant produit par de l'air comprimé à l'aide de la turbine dans la queue et éjecté latéralement à son extrémité, et régulé à l'aide de valves.

Enfin l'évolution de l'hélicoptère vers l'avion avec l'OSPREY à rotors inclinables qui décolle comme un hélicoptère et vole comme un avion.





BELL BOEING
TEXTRON



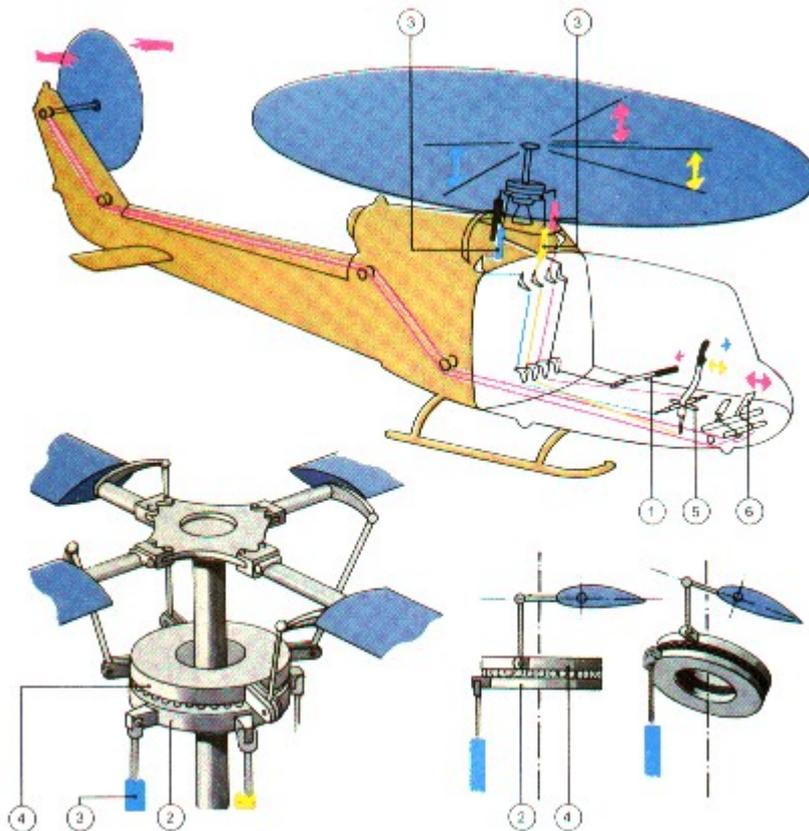
LES COMMANDES DE VOL

Le pilote possède 3 systèmes principaux de commandes, le levier du cyclique 5 (manche), le collectif 1, et les pédales de palonnier 6.

Le manche contrôle l'angle du rotor principal en inclinant la tête du rotor sur lequel sont fixées les pales à l'aide de biellettes de pas 3, dans la direction du déplacement désiré par l'intermédiaire du plateau cyclique fixe 2 et tournant 4.

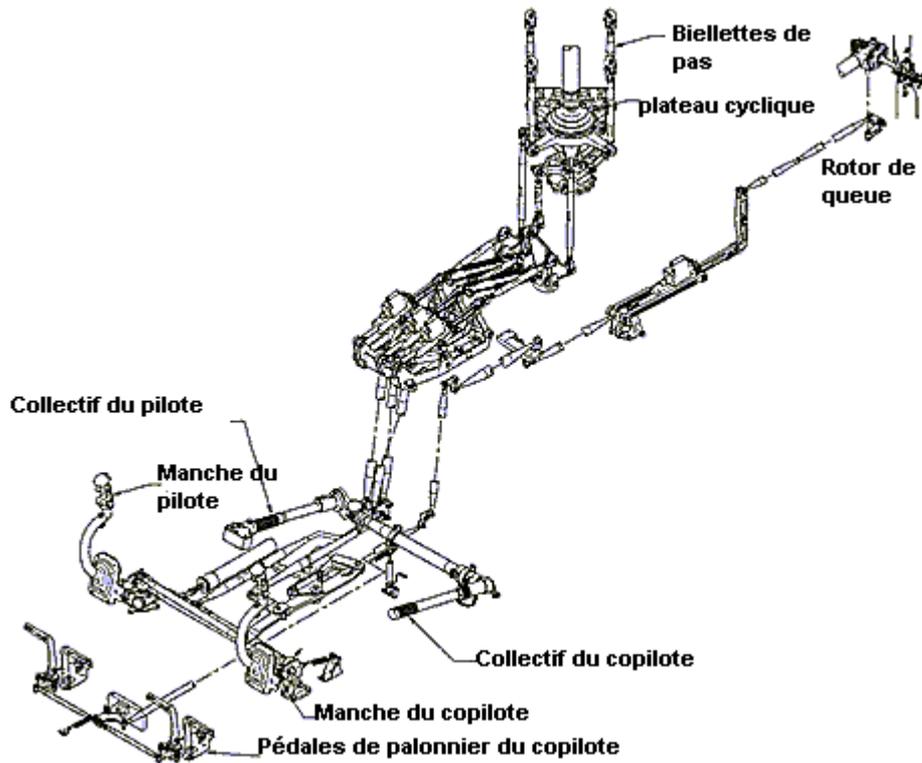
Le collectif contrôle l'angle de pas commun de toutes les pales, et en conjonction avec le collectif modifie la portance générée par le rotor.

Le palonnier augmente ou diminue la puissance du rotor de queue en faisant varier le pas du rotor de queue en fonction de la puissance transmise par le collectif qui fait varier le couple.

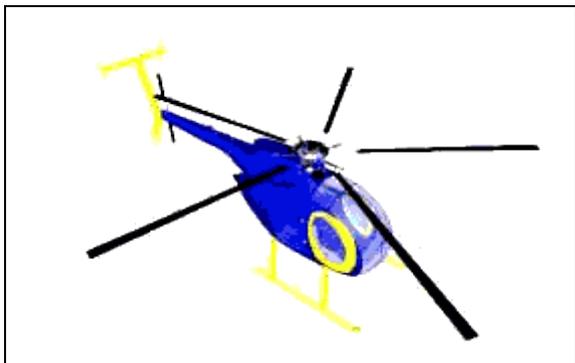


VOIR LES VIDEOS 

COMMANDES DU BELL 407



Tout ceci fait que l'hélicoptère est une machine incroyablement complexe du point de vue aérodynamique comme nous le verrons plus loin.



LES FACTEURS AFFECTANT L'HELICOPTERE

L'hélicoptère, malgré ses étonnantes capacités, n'est en aucune façon une machine miraculeuse éloignée des réalités techniques. Alors qu'il paraît relativement fragile, il est remarquablement à l'aise dans les mauvaises conditions de vol.

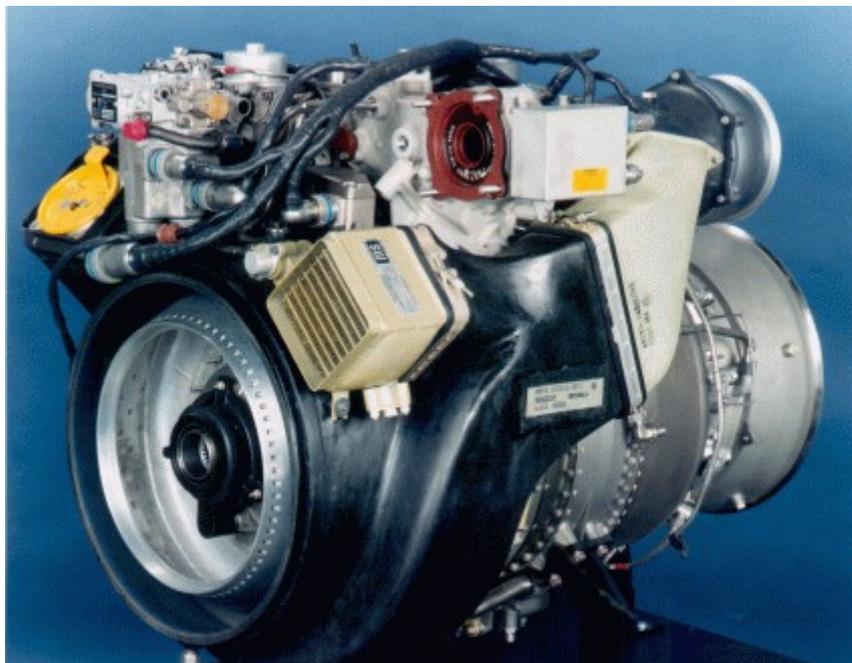
Par exemple son efficacité et ses performances sont moins dégradées par rapport aux turbulences ou aux cisaillements de vent qu'un avion. En dehors des vents forts qui affecteront un hélicoptère peu puissant, la température, l'humidité et l'altitude influent sur les performances.

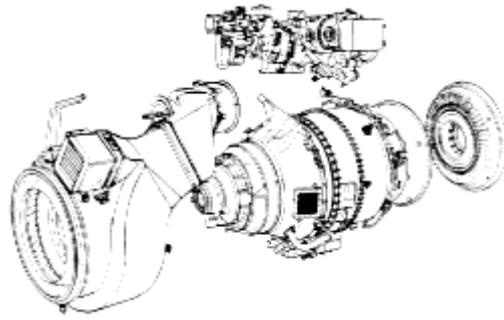
Chaque facteur modifie les caractéristiques de l'air qui passe à travers le rotor. Plus l'altitude est élevée, moins la portance est grande, il en est de même avec la température élevée.

L'humidité qui augmente l'hygrométrie réduit aussi la portance. En plus l'humidité pénètre dans les pales en bois provoquant des distorsions et des vibrations. C'est pour cette raison que les pales sont métalliques ou en matériau composite.

LES MOTEURS

Les moteurs à pistons employés au début étaient insuffisants pour permettre l'emport d'une charge utile, ce problème a été résolu par l'emploi de turbines plus légères et plus puissantes (turbo-shaft).





Eclaté des différents modules de la turbine.

La boîte de transfert principale est à gauche