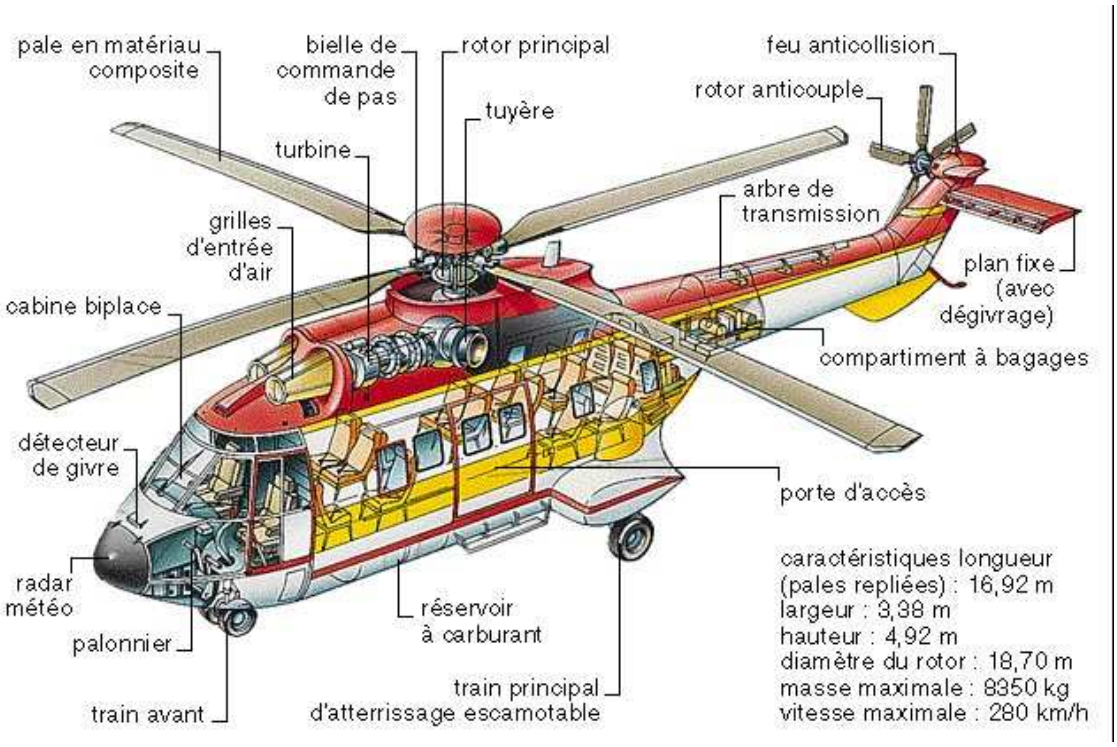
L'HELICOPTERE



Principe de fonctionnement

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".

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 une 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 qui se passe avec le rotor principal

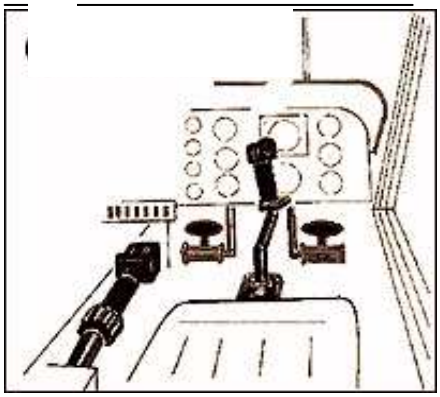
Pour lutter contre ce couple, il faut en exercer un autre, pour l'annuler.

- Une solution consiste à faire tourner deux hélices : l'une au-dessus de l'autre et en sens inverse. On parle de couple « contra-rotatif ». Une hélice annule l'effet de l'autre.

C'est le principe de fonctionnement des hélicoptères russes Kamov. Mais cette mécanique étant très complexe, elle a limité l'essor de cette technologie.

- La solution la plus classique consiste à créer un bras de levier, sur le corps de l'hélicoptère, et d'y exercer une force perpendiculaire pour lutter contre sa rotation. Plus le bras de levier sera grand, plus la force nécessaire pour lutter contre le couple de la rotation de l'hélice sera faible. Donc on ajoute une queue à notre hélicoptère (le bras de levier) et on y place une force (une hélice) perpendiculairement à la rotation du corps de l'hélicoptère, pour s'opposer à cette rotation. Cette hélice de queue s'appelle **rotor anti-couple ou « rotor de queue ».**

Pour contrôler sa machine, le pilote dispose de trois commandes :



Les deux premières comme sur un avion ou un planeur :

- le palonnier manipulé par les pieds qui contrôle l'axe de lacet par l'intermédiaire du rotor arrière c'est à dire l'anti-couple,
- le manche à balai ou cyclique, qui, manié à droite et à gauche contrôle l'axe de roulis et qui, manié d'avant en arrière, fait réagir l'hélicoptère autour de son axe de tangage

Là s'arrête la similitude avec un avion.

le pas général ou collectif, situé à gauche qui permet de contrôler le pas des pales.

En modifiant uniformément le pas des pales, on change globalement la portance du rotor. C'est le **pas collectif**.
En modifiant le pas de chacune des pales, individuellement, on transforme l'équilibre des forces et donc l'orientation du rotor et de là, l'hélicoptère. C'est le **pas cyclique**.
Le pilotage de l'hélicoptère repose sur l'action que l'on va effectuer sur ces deux pas.

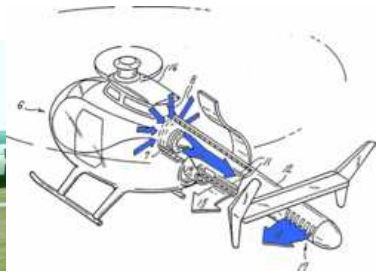
Le « pas général », tiré vers le haut, augmente l'incidence sur toutes les pales du rotor et l'hélicoptère monte puisqu'on augmente ainsi la portance.
Mais cela augmente alors le couple de renversement, faisant pivoter la machine autour de l'axe de lacet ; On contre ce mouvement en agissant sur le palonnier, faisant ainsi varier le pas des pales du rotor arrière (qui tourne dans le plan vertical), ce qui crée une force latérale comme le fait une gouverne de direction sur un avion ou un planeur à la différence que sur l'hélicoptère, cela agit aussi lorsqu'il n'y a pas de vitesse horizontale (vol stationnaire) .
Concernant l'anti-couple, il est utilisé en permanence par le pilote à chaque correction sur l'axe de lacet, comme par exemple lors du décollage.
Aussi, en stationnaire, pour tourner à droite ou à gauche, on utilise la poussée du rotor anti-couple :
Si elle est inférieure à celle du rotor principal : l'hélicoptère tourne à gauche ;
Si la poussée du rotor anti-couple équilibre celle du rotor principal : l'hélicoptère va droit.
Si elle est supérieure à celle du rotor principal : l'hélicoptère tourne à droite.
L'efficacité de cet organe est fondamentale car les capacités de vol d'un hélicoptère peuvent être limitées par vent de travers du fait de l'anti-couple, le pilote risque en effet de se retrouver 'en butée' (commande braquée au maximum) !
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. On rencontre d'autres systèmes :

Un **Kamov Ka-50** utilisant deux rotors de sustentation coaxiaux

Vertol H-21C Cet hélicoptère construit par Piasecki fut surnommé la **banane volante**

Djinn : le rotor est entraîné par le gaz d'échappement du moteur injectés au niveau du moyeu rotor et canalisés jusqu'à l'extrémité des pales.

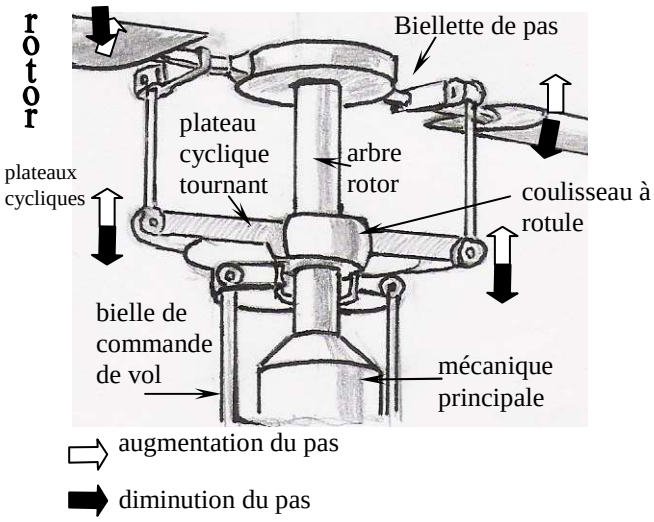
Fenestron de **Gazelle**



Le **NOTAR** (NO TAil Rotor) mis au point par McDonnell Douglas les gaz d'échappement sont prélevés de la turbine et amenés en bout de poutre de queue, pour compenser le couple du rotor principal

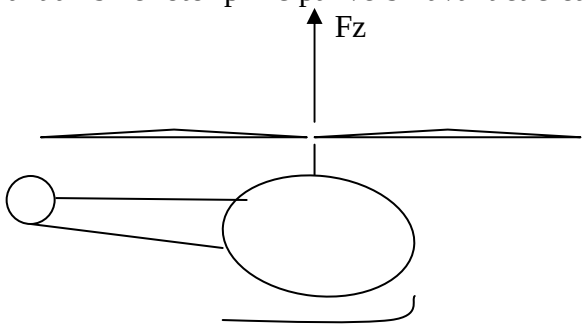
Le rotor : Tout le principe du vol de l'hélicoptère est basé sur cette 'aile en hélice'.
Tout le problème consiste à assurer la portance nécessaire au vol, mais aussi la possibilité de diriger avec précision l'hélico. Il ne faut pas oublier qu'une pale même légère (quelques kilos), est soumise à des efforts très importants durant le vol (l'équivalent de plusieurs 'tonnes'), et qu'elle doit donc être solide mais en même temps rester souple !
La principale difficulté est de 'transmettre' au rotor les 'ordres' mécaniques donnés par le pilote.
Or si le rotor tourne, pas les commandes !
On utilise pour ce faire un système de plateaux tournants, le plateau inférieur est incliné ou déplacé suivant l'axe du rotor par les commandes, il transmet ces mouvements au plateau supérieur auquel il est lié.
Seulement, le plateau supérieur est lié aux biellettes qui commandent le mouvement des pales ! pour des raisons de phénomène mécaniques, il faut donc assurer au niveau du pied de pale des articulations sans quoi le rotor et sa tête sont complètement rigides
et cassent à la première sollicitation ! Elles sont au nombre de trois : articulations de : pas, traînée, et battement .
On assure ces articulations à l'aide de pièces métalliques reliées entre-elles par des roulements à billes et, plus récemment, en faisant appel aux matériaux composites qui assurent les articulations grâce à leur flexibilité naturelle !

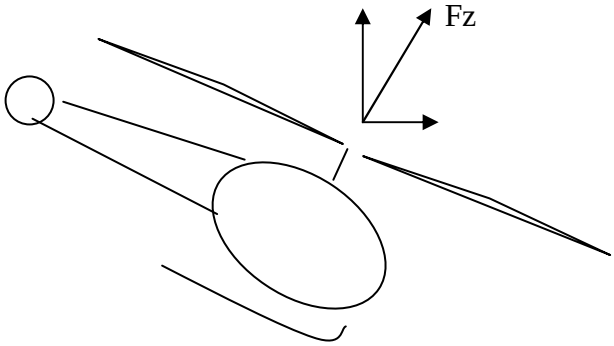
Schéma du principe de fonctionnement d'un rotor



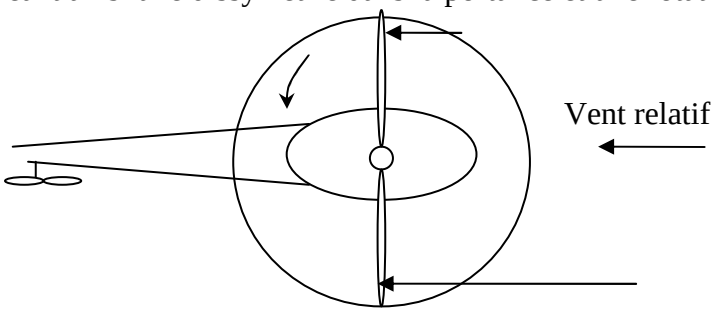
Manoeuvres :

Pour faire avancer l'hélicoptère à partir du vol stationnaire, on incline le cyclique (manche) vers l'avant, inclinant ainsi le rotor principal vers l'avant et créant une force vers l'avant.





Puisqu'on utilise la portance pour avancer, il faudra agir vers le haut sur le pas général afin de garder la même valeur de la composante verticale de Fz pour ne pas descendre.
Quand l'hélicoptère avance, il y a donc le vent relatif dû à la vitesse de translation; on se trouve donc confronté au problème de la pale avançante et de la pale reculante.
Le vent relatif vient s'ajouter à celui de la pale avançante et se soustraire à celui de la pale reculante, créant ainsi une dissymétrie dans la portance et une rotation de l'hélicoptère autour de son axe de roulis.



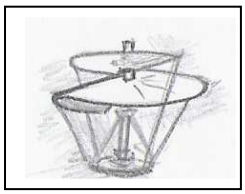
Pour remédier à cela, l'hélicoptère est muni d'un « plateau cyclique » qui agit automatiquement sur l'incidence des pales, diminuant celle-ci sur la pale avançante et l'augmentant sur la pale reculante, annulant ainsi la différence de portance droite-gauche.
…Ce qui explique aussi une vitesse maximum limitée sur un hélicoptère !

En outre un rotor d'hélicoptère tournant à 380 tours/minutes (Alouette, Gazelle) est un **gyroscope** !

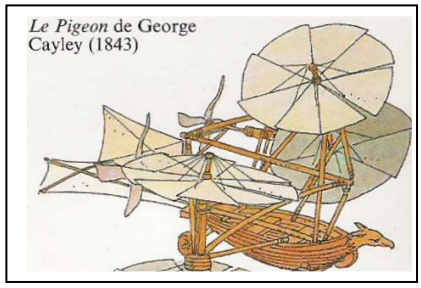
Précession : Lorsqu'une force agit sur un gyroscope pour changer son plan de rotation, celui-ci réagit 90° après. Les commandes d'un hélicoptère doivent donc tenir compte de cette réaction.

Exemple :
Pour faire piquer un hélicoptère, il est logique d'augmenter la portance à l'arrière du rotor.
Quand le pilote poussera le cyclique vers l'avant, cela provoquera une augmentation d'incidence sur la pale se trouvant à ce moment 90° avant sa position arrière, la réaction gyroscopique agissant 90° après et soulevant ainsi la queue de l'hélicoptère.

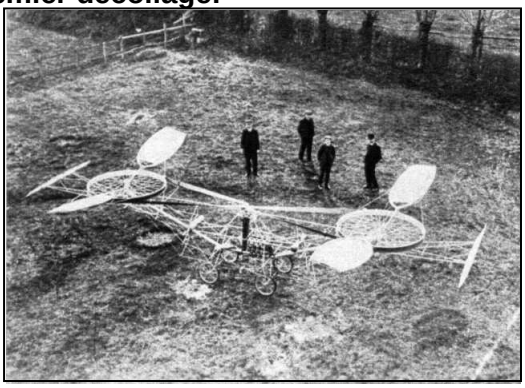
QUELQUES POINTS D'HISTOIRE



Les origines de l'hélicoptère:
Dès 1480, **Léonard de Vinci** avait dessiné une machine, sorte de vis aérienne, dont la voilure tournait autour d'un axe vertical. Borrelli, en 1680, et Paucton, en 1768, reprirent l'étude de ces théories. En 1754 le Russe Lomonossov essaie devant un aréopage scientifique un modèle complexe à deux rotors coaxiaux contrarotatifs, mus par un mécanisme d'horlogerie, et démontre l'existence d'une force de sustentation. Le 26 avril 1784, les Français **Launoy** et **Bienvenu** font voler devant l'Académie royale des sciences un petit modèle très simple constitué de deux hélices contrarotatives, mû par un mécanisme de ressort à arc, découverte reprise en 1795 par **George Cayley**
En 1862, le français **Ponton d'Amécourt**, à qui l'on doit le mot "hélicoptère" et, en 1877, l'italien Forlanini construisirent des appareils, mus par des moteurs à vapeur. Dix ans plus tard le Français Trouve fait décoller un modèle doté d'un moteur électrique, dont l'alimentation est obtenue depuis le sol par de fins fils de cuivre.
Ces expériences avaient permis de résoudre et d'affronter de nombreuses difficultés et d'arriver enfin aux appareils pilotés.

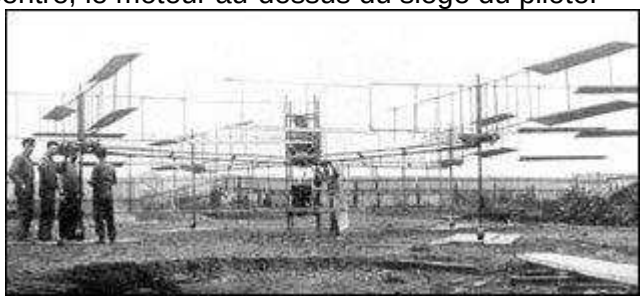


Premier décollage:



Le premier décollage libre reconnu d'un hélicoptère avec son pilote est le fait du français **Paul Cornu**. Ce vol a eu lieu le 13 novembre 1907 à Lisieux. Le poids de l'appareil atteignait 260 kg. Son moteur était un *Antoinette* de 24 ch.

Breguet – Richet : L'énorme Gyroplane de 1907 vu en septembre, juste avant les essais. À noter au centre, le moteur au-dessus du siège du pilote.



Rotor (1908)
L'histoire du rotor est liée à celle de l'hélicoptère. En 1908, c'est à dire très peu de temps après le premier décollage, dû à Paul Cornu, en 1907, l'ingénieur russe émigré aux Etats-Unis, **Igor Sikorsky**, s'attaque au problème posé par le mécanisme des pales et du rotor, celui-ci assurant à la fois, la sustentation et la propulsion de l'engin. De nombreuses solutions seront apportées tout au long de l'évolution de l'hélicoptère, dans laquelle s'inscrira l'invention capitale de la *variation cyclique de pas*, qui permettra de modifier la position des pales à mesure de la rotation et de remédier ainsi à la dissymétrie engendrée par l'avance de l'engin.
18 février 1921 : Premier vol en hélicoptère
Le français **Etienne Oehmichen** réussit pour la première fois à faire décoller un appareil à la verticale à 10 mètres de hauteur. Son hélicoptère est équipé d'un moteur de plus de 100 kg développant une puissance de 25 chevaux.
Le 4 mai1924, il est le premier à parcourir un kilomètre en circuit fermé.

En 1935, Sikorsky fait voler une machine parfaitement sécurisée. A Orly, elle se maintient à 20 mètres au-dessus du sol en équilibre parfait et sans aucun organe de pilotage extérieur. En 1939, ses travaux l'amèneront à équiper d'un monorotor le VS-300 qui, en 1941, battit le record mondial d'autonomie avec un vol d'une heure et demi.

16 février 1946 : Premier vol commercial d'un hélicoptère : La US Civil Aviation Administration autorise pour la première fois un hélicoptère à effectuer des opérations commerciales. L'appareil est un Sikorsky S51, quatre places, équipé d'un seul rotor.

L'hélicoptère militaire
Durant la Seconde Guerre mondiale, les Allemands s'intéressèrent à l'hélicoptère. Cependant, ces appareils furent très peu utilisés durant le conflit.

Le premier véritable engagement opérationnel d'hélicoptères eut lieu durant la guerre de Corée, essentiellement : évacuations sanitaires. Ce fut également le cas durant la guerre d'Indochine. Durant la guerre d'Algérie, il sera massivement utilisé par l'armée française; certains seront armés de canons, de mitrailleuses et même de lance roquettes (Sikorsky H34) et missiles (Sud-Aviation Alouette II).
De même, durant la guerre du Viêt Nam, les États-Unis en feront un emploi systématique au point que l'on surnommera cette guerre «*la guerre de l'hélicoptère*». Désormais, l'hélicoptère ne sert plus seulement au transport : équipé de mitrailleuses, de canons, de roquettes et de missiles, il apporte un appui appréciable aux troupes au sol et s'avère également redoutable dans la lutte anti-char.
De fait, jusqu'au milieu des années 1950, les hélicoptères étaient propulsés par des moteurs à explosion en étoile ou en ligne. Il faut attendre 1955 et la mise en service de l'Alouette II de Sud-Aviation pour voir apparaître le premier hélicoptère de série propulsé par une turbine.

Quelques records :

Hélicoptères à pistons :

- 17/09/52 : **Distance sans atterrir:** 1958,8 m; Pilote: Elton SMITH (USA) Hélicoptère : Bell 47 D1
- 02/09/53 : **Altitude sans charge utile :** 6739 m ; Pilote : Russel M. DOBYNS (USA) Lieu : Dayton, OH (USA) ; Hélicoptère : Piasecki YH-21
- 12/07/56 : **Vitesse en circuit fermé de 1000 km sans charge utile :** 213.45 km/h ; Pilote : Claude E. HARGETT (USA) ; Hélicoptère : Sikorsky H-34
- 11/08/56 : **Distance en circuit fermé sans posé :** 1929.3 km Pilote : Harry L. BUSH (USA)

Hélicoptères à turbine :

- 15/09/62 : **Vitesse en circuit fermé de 1000 km, charge utile 1000 kg :** 300.38 km/h
- 26/03/66 : **Distance en circuit fermé sans posé :** 2800.2 km ; Pilote : Frederik Jack SCHWEIBOLD (USA) ; Lieu : Edwards AFB, CA (USA) ; Hélicoptère : MDD-Hughes YOH-6A
- 21/06/72 : **Altitude sans charge utile :** 12442m ; Pilote : Jean BOULET (France) ; Lieu : Istres (France) ; Hélicoptère : SA 315 Lama ; Moteur : 1 Turboméca Artouste III B, 735 kW
- 08/02/82 : **Vitesse en circuit fermé de 500 km, sans charge utile :** 345.74 km/h
- 11/08/86 : **Vitesse sur 15/25 km :** 400.87 km/h Pilote : John Trevor EGGINTON (UK)
- 19/11/91 **Vitesse sur 3 km, altitude fixe :** 372.00 km/h Pilote : Guy DABADIE (France) Equipage : Bernard FOUQUES, Michel SUDRE Lieu : Istres (France) Hélicoptère : aérospatiale AS 365 N Dauphin Moteur : 2 Turboméca Arriel, 610 kW chacun.
- 22/07/94 : **Vitesse autour du Monde, vers l'Est, sans ravitaillement en vol :** 65.97 km/h Pilote : Joe Ronald BOWER (USA) ; Hélicoptère : Bell 206B-3 JetRanger III
- 03/09/96 **Vitesse autour du Monde, vers l'Ouest, sans ravitaillement en vol :** 91.76 km/h Hélicoptère : Westland Lynx

- **27- 5 – 2005 : record du monde de poser et décollage en altitude : 8 850 m (sommet de l'Everest)**

par **Didier Delsalle** sur monomoteur

Écureuil/Astar AS350 B3.

Écureuil AS 350 de la gendarmerie française au décollage

SE-3160

Alouette III

Gazelle SA 342M

Boeing **CH-47 Chinook** : hélicoptère de transport lourd d'origine américaine. Ses deux rotors en tandem en font un hélicoptère facilement reconnaissable.
Un record de longévité pour cet hélicoptère constamment modernisé : engagé massivement lors de la guerre du Vietnam et lors de la guerre du Golfe, il l'est encore récemment en Afghanistan

Ka-52"061",Zhukovski,2001

SA 330 Puma : hélicoptère militaire de transport moyen franco-britannique biturbine

AS-532 Cougar ou Super Puma

La construction du Puma répondait à la demande de l'ALAT qui souhaitait un appareil tout temps utilisable sous toutes les latitudes, capable de transporter jusqu'à 20 soldats ou 6 brancards et de remplacer la célèbre « banane » et le Sikorsky H-34.

Super Frelon

sur le pont d'envol du *Clemenceau* (1985)

Eurocopter Tigre (**EC-665**) : hélicoptère d'attaque construit par **Eurocopter**.

Bell 47 moteur à pistons

Robinson R44 (1992)
hélicoptère civil 4-places moteur à pistons