



Les hélicoptères

LES VOILURES TOURNANTES

Le terme « hélicoptère » provient du grec *hélix* – « hélice, spirale » – et *pteron* – « aile ». Le terme a été inventé dans les années 1860 par deux Français : l'ingénieur Gustave de Ponton d'Amécourt et l'écrivain Gabriel de La Landelle. Un hélicoptère est un aéronef à décollage et atterrissage vertical, capable d'effectuer un vol horizontal ou stationnaire, et mu par deux rotors. De nos jours, les hélicoptères remplissent des missions civiles – transport, sauvetage – et militaires – hélicoptères de combat, notamment.

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

DES PALES QUI SERVENT D'AILE

- Les pales du rotor de l'hélicoptère présentent la même forme et remplissent le même rôle qu'une aile d'avion.
- Le rotor principal assure à la fois la sustentation (le maintien en l'air) et la propulsion (la progression dans l'air) de l'appareil.
- Les pales sont profilées selon les règles de l'aérodynamisme, avec un bord d'attaque arrondi (avant) et un bord de fuite pointu (arrière), et un extradors (partie supérieure) plus courbé que l'intrados (partie inférieure).
- Cette forme leur permet, une fois en mouvement, de créer un déplacement d'air qui exerce une force verticale à l'origine du phénomène de portance.

PAS COLLECTIF ET PAS CYCLIQUE

- Les pales du rotor principal sont orientables autour d'un axe horizontal. L'inclinaison de l'ensemble des pales sur cet axe

– appelée variation du pas collectif des pales – permet de faire varier la portance de l'hélicoptère.

L'augmentation ou la diminution de celle-ci provoque la montée ou la descente de l'appareil.

- Quand la portance est égale au poids de l'hélicoptère, celui-ci se trouve en vol stationnaire.
- La variation de l'angle d'attaque des pales selon leur position au cours de la rotation du rotor – ou variation du pas cyclique des pales – permet de diriger l'hélicoptère vers l'avant ou l'arrière, la gauche ou la droite. C'est donc la même commande qui permet de faire avancer et de diriger l'appareil. L'hélicoptère se déplace dans la direction où l'angle d'attaque des pales est maximal – et donc la portance relative, minimale.

L'EFFET DE COUPLE

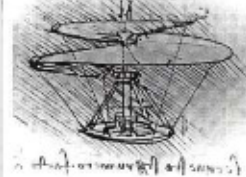
- Le mouvement rotatif des pales du rotor entraîne un mouvement inverse du corps de l'appareil. La poussée exercée par le rotor de queue vient compenser cet effet de couple. L'action sur le rotor de queue permet donc de faire tourner l'hélicoptère autour de son axe vertical.
- Le pilote d'hélicoptère agit donc sur cinq types de commandes : la puissance des gaz, le pas collectif des pales du rotor principal – souvent couplé à la puissance des gaz –, le pas cyclique de ces pales, l'inclinaison des pales du rotor de queue.

L'HÉLICOPTÈRE À TRAVERS LES ÂGES

DU GYROSCOPE À L'AERIAL TOP

- Plus de 2 000 ans avant notre ère, les Chinois construisent déjà des jouets volant à aile rotative capables de s'élever verticalement.

- Vers 1500, Léonard de Vinci dessine son projet de **gyroscopie**.



- En 1784, les Français Launoy et Bienvenu imaginent deux hélices contra-rotatives réalisées avec des plumes, fixées sur un axe vertical et actionnées par une tige souple enroulée autour de l'axe.
- En 1843, l'Anglais George Cayley dessine les plans d'une voiture aérienne munie de quatre hélices contra-rotatives pour le décollage et le vol stationnaire, et deux hélices propulsives pour la translation. En 1853, il conçoit l'Aerial Top, une hélice triplée fixée de façon libre sur un axe, que l'on fait s'élever en tirant sur une cordelette entourée autour de cet axe.

LES PREMIERS ESSAIS EN VOL

- En 1842, l'Anglais W. H. Phillips fait voler le premier appareil à voilure tournante et à propulsion mécanique ayant pris l'air. Il s'agit d'un modèle réduit à vapeur.
- En septembre 1907, à Douai, Louis et Jacques Bréguet réalisent le premier vol captif d'une voilure tournante pilotée, mais dépourvu de commandes, le Gyroplane.
- Un mois plus tard, à Lisieux, le Français Paul Cornu effectue le premier vol libre vertical à bord d'un appareil commandé.
- Entre 1919 et 1925, l'Espagnol Raul Pateras de Pescara met au point plusieurs appareils à rotors coaxiaux.
- En mai 1924, l'hélicoptère n° 2 du Français Étienne Oehmichen boucle le premier kilomètre en circuit fermé réalisé par un hélicoptère.
- En juin 1935, Louis Bréguet et René Dorand font voler le Gyroplane-laboratoire qui sera le premier hélicoptère capable d'effectuer des vols contrôlés sur des distances et à des vitesses significatives. Il décrochera les records du monde d'altitude (158 m), de vitesse (98 km/h), de distance (44 km) et de durée de vol (plus de 62 mn).

Il décrochera les records du monde d'altitude (158 m), de vitesse (98 km/h), de distance (44 km) et de durée de vol (plus de 62 mn).

Enfin, en septembre 1939, l'ingénieur américain d'origine russe Igor Sikorsky effectue le premier vol captif à bord du **Sikorsky VS-300**.



- En septembre 1939, l'ingénieur américain d'origine russe Igor Sikorsky effectue le premier vol captif à bord du **Sikorsky VS-300**.

Il s'agit du premier hélicoptère moderne doté d'un rotor horizontal et d'un petit rotor anticouple à l'arrière.

LES AUTRES VOILURES TOURNANTES

LES AUTOGYRES

- Parallèlement, en 1921, après des années de recherche, le marquis espagnol Juan de La Cierva y Codorniu fait voler son premier autogyre, un combiné avion-hélicoptère, doté d'un rotor à axe vertical pour la sustentation et d'une hélice d'avion à axe horizontal à l'avant pour la propulsion. Le 18 septembre 1928, son Cierva C8L Mk II est la première voilure tournante à traverser la Manche.
- Les autogyres de La Cierva constituent les premières machines à décollage et atterrissage vertical vraiment utilitaires. Ils connaissent un succès mondial et sont fabriqués en Grande-Bretagne par Avro, Parnall, Westland et De Havilland ; aux États-Unis par Pitcairn et Kellett ; en France par Lioré-et-Olivier ; en Allemagne par Heinrich Focke ; au Japon par Kabaya ; et en URSS.
- En juillet 1939, un Kellett KD-1B devient le premier appareil à voilure tournante à être exploité commercialement et de façon régulière, par la compagnie Eastern Airlines, entre la poste principale de Philadelphie et l'aéroport voisin.
- Des autogyres participent aux premières opérations de la Seconde Guerre mondiale. Jugés trop vulnérables, ils sont vite retirés.

LES COMBINÉS

- Les combinés sont des aéronefs hybrides, mi-hélicoptères, mi-avions. Dotés d'ailes embryonnaires ou entières, qui peuvent passer du vol vertical au vol horizontal, ils sont équipés de turbines ou de réacteurs pour la translation horizontale et d'un rotor pour le vol vertical.
- Dans les années 1950 et 1960, plusieurs pays, notamment les États-Unis, tentèrent de mettre au point des combinés, comme les Bell XV-3 et Lockheed XH-51, ainsi que des chasseurs à décollage et atterrissage vertical, comme les Convair XFV-1 et Lockheed XFV-1. Ces projets trop complexes ont été abandonnés.
- Le chasseur-bombardier britannique Bae Aerospace McDonnell-Douglas Harrier est le seul avion à décollage et atterrissage vertical (ADAC) opérationnel et produit en série. Le secret de son succès réside dans son turboréacteur dit « à poussée vectorielle », muni de tuyères latérales orientables verticalement et horizontalement.

LES CONVERTIBLES

- Les avions dits « convertibles », n'ont pas connu davantage de succès que les combinés. Leur principe est le même que les précédents : passer du vol vertical au vol horizontal, selon une phase de transition la plus courte possible. Ils sont pour cela dotés de moteurs ou d'ailes basculants.
- Depuis des années, les firmes Boeing et Bell tentent ainsi de débarrasser le **Bell V-22 Osprey** de ses défauts. Sa mise en service et sa fabrication en série pour l'armée sont sans cesse différées.



L'ÉVOLUTION TECHNIQUE

LA TURBINE À GAZ

- Les moteurs des premiers hélicoptères manquaient de puissance, ce qui limitait la charge utile transportée et la vitesse d'élévation. Ils étaient également très lents.
- La mise au point de turbines à gaz spécialement conçues pour les hélicoptères a permis de résoudre ces problèmes en améliorant le rapport poids/puissance. L'Aérospatiale SE-312 Alouette II est le premier appareil de série à en être doté, en 1955.
- Les turbines ont de multiples avantages sur les moteurs à pistons. Moins lourdes, moins encombrantes, elles génèrent moins de bruit et de vibrations et leur refroidissement est plus rapide.
- Les turbines permettent aussi une élévation spectaculaire de la vitesse de rotation des arbres d'entraînement des rotors, qui dépasse maintenant 10 000 tours/mn.
- Les hélicoptères d'aujourd'hui emportent des charges plus lourdes – jusqu'à une vingtaine de tonnes –, ils s'élèvent plus rapidement et vont plus vite – en moyenne 250 km/h. Toutefois, peu d'entre eux dépassent 300 km/h.



Quelques records

Altitude
12 442 m
(SA 315 Lama)

Vitesse
400 km/h
(Westland Lynx)

Autonomie
3 516 km
(MDD-Hughes YOHA-6A)

Vitesse autour du monde sans ravitaillement (d'Est en Ouest)
91,76 km/h
(Bell 430)

Vitesse autour du monde sans ravitaillement (d'Ouest en Est)
65,97 km/h
(Bell 206B-3)

CH-53 Chinook



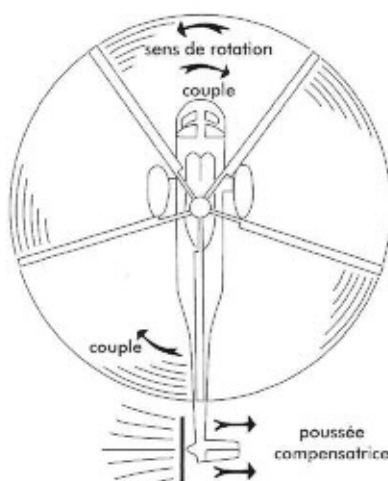
35 millions d'euros

Mil Mi-6 Hook



42,5 tonnes

L'EFFET DE COUPLE ET SA COMPENSATION



LES PALES

Les premiers hélicoptères opérationnels étaient très difficiles à piloter. La cause principale de ce phénomène résidait dans le profil inadéquat des pales qui ne permettait pas de contrer efficacement l'effet de couple. C'est pourquoi l'appareil se trouvait souvent au bord du décrochage.

• L'amélioration du profil et de la matière des pales a constitué un progrès notable. Les pales actuelles, fabriquées en matériaux composites (stratifié verre-résine), ont une résistance et une durée de vie plus grandes que celles en métal. Elles présentent également l'avantage de diminuer le nombre de pièces de la tête de rotor.

LES TUYÈRES

• Une autre révolution technique réside dans les petites tuyères placées en bout de pales, qui éjectent du gaz produit par un turbomoteur. Celles-ci permettent de simplifier le mécanisme d'entraînement du rotor ainsi que le rotor arrière anticouple.

LES HÉLICOPTÈRES MILITAIRES

LES DIVERS CHAMPS DE BATAILLE

La Seconde Guerre mondiale

• Les Allemands utilisent les premiers des hélicoptères en opérations, pendant la Seconde Guerre mondiale. Les Flettner F1 282 Kolibri utilisés par la marine allemande servent à la reconnaissance et au repérage des sous-marins.

• La Luftwaffe en a utilisé pour les liaisons, le sauvetage et le ravitaillement. Elle a aussi déployé une douzaine d'hélicoptères lourds Focke-Achgelis Fa.266 Hornisse. Certains sous-marins allemands disposent également de petits hélicoptères captifs sans moteur Focke-Achgelis Bachstelze.

• Dérivé du prototype VS-300, le Sikorsky R-4B est le premier hélicoptère construit en grande série pour les forces armées américaines et britanniques à partir de 1943. Il sert au sauvetage en mer, aux liaisons, à la patrouille, à la lutte

anti-sous-marine et à l'observation.

• Le Sikorsky R4B fait son premier vol en janvier 1942. Il transporte deux hommes dans une cabine fermée largement vitrée. Mu par un moteur de 180 ch, il atteint 120 km/h, pour un rayon d'action de 320 km et un poids maximal de 1 150 kg.

En Corée

• Les hélicoptères connaissent leur première utilisation militaire massive pendant la guerre de Corée (1950-1953). Ils évacuent des blessés, font du réglage d'artillerie, assurent des liaisons et transportent du fret. Les hélicoptères légers Bell 47 et Hiller UH-12 sont les plus utilisés, avec des modèles plus lourds comme les Sikorsky R-5, R-6 et S-51 ou les Piasecki HUP-1 et 2.

En Indochine

• En Indochine, le corps expéditionnaire français utilise tardivement et en petit nombre des hélicoptères d'origine américaine, surtout des Bell 47G légers et quelques Sikorsky S-51 lourds. Ils servent essentiellement aux liaisons et aux évacuations sanitaires. Ils se révèlent d'un appui précieux.

En Algérie

• C'est pourquoi les forces françaises déploient de nombreux hélicoptères sur le terrain durant la guerre d'Algérie. Les hélicoptères lourds Sikorsky S-55 et Vertol H-21 déposent des



commandos sur les lieux des combats. Ils se transforment pour la première fois en machines offensives, armées de mitrailleuses, de canons légers et des roquettes.

• Les Français sont également les premiers à monter des missiles sur des hélicoptères, dans les années 1960. Les Alouette 2 et 3 de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT) reçoivent ainsi des missiles antichars filoguidés Nord Aviation SS-11 et SS-12.

Au Vietnam

• Au Vietnam, les forces américaines emploient des milliers d'hélicoptères de tous types qui remplissent une vaste gamme de missions allant du soutien logistique à l'intervention. Les plus nombreux, sont les **Bell UH-1 Huey** qui peuvent transporter dix hommes.



• Il reste que les hélicoptères militaires sont trop vulnérables aux tirs des armes légères ou des missiles sol-air à courte portée en dépit de leur blindage. Très bruyants, ils sont faciles à repérer.

LES HÉLICOPTÈRES DE COMBAT ET DE LUTTE ANTICHAR

• Entré en service en 1967, le Bell AH-1 Huey Cobra est le premier hélicoptère spécialement conçu pour la lutte contre d'autres hélicoptères, l'appui tactique et le combat antichar. Il se distingue des autres machines existantes par son agilité et sa vitesse. Le pilote et l'observateur radariste opérateur des armes sont installés en tandem dans une cabine blindée. Deux petites ailes supportent des lance-roquettes ou des missiles antichar. Il est armé d'un canon de 20 ou 30 mm.



• La configuration de cet hélicoptère a inspiré les modèles plus récents : **Hughes AH-64 Apache**, Agusta A.129, Mangusta, Eurocopter Tigre, Kamov Hokum, Mil Mi-28 Havoc. • Le Mil Mi-24 Hind-D russe, d'attaque et de transport, est moins agile.

• Les Hughes OH-6 Cayuse et McDonnell-Douglas MD-500 Defender, l'Eurocopter SA-342 Gazelle, l'AS-550 U2 et l'A2/C2 Fenec, l'AS-555 AN, le BO-105 sont des machines plus petites. • Les Eurocopter Panther et Cougar, plus gros, emportent plus d'armements.

LES HÉLICOPTÈRES MILITAIRES DE TRANSPORT LOURDS

• Les hélicoptères russes sont les plus gros et les plus lourds du monde. Conçu en 1954, le Mil Mi-6 Hook charge 65 soldats, ou 12 tonnes de fret (longueur : 33,17 m, 42,5 t au décollage, 300 km/h). • Apparu vers 1970, le Mil Mi-26 Halo transporte 26 soldats, ou une charge interne ou externe de 20 tonnes (longueur : 33,72 m, 56 t au décollage, 295 km/h).

• Trop complexe, trop difficile à piloter, le gigantesque Mil V-12 Homer est resté au stade de prototype. C'est toujours la plus grosse voilure tournante du monde (envergure : 67 m, longueur : 37 m ; 105 t au décollage). • Les hélicoptères lourds américains sont moins imposants. Le Boeing Vertol CH-47 Chinook transporte 44 soldats ou 8,2 tonnes de fret interne - 9,4 tonnes en externe (longueur : 15,54 m,



22,7 t au décollage). Le **Sikorsky CH-53 E Super Stallion** loge 55 soldats ou 13,6 tonnes en soute, ou 16,3 tonnes en externe.

• Le plus récent des hélicoptères lourds est l'anglo-italien Westland Agusta EH.101 (longueur : 22,94 m, 13,5 t).

LES HÉLICOPTÈRES MILITAIRES NAVALS

• Les hélicoptères peuvent aussi être de redoutables adversaires pour les sous-marins et les navires de guerre de surface. En vol stationnaire ou en vitesse lente, ils peuvent détecter des sous-marins en plongée. Ils utilisent pour cela un **sonar immergé** au bout d'un câble, des bouées sonores, un magnétomètre et un radar.



• Ces hélicoptères opèrent à partir de croiseurs, de destroyers, de frégates ou de corvettes, tous dotés d'une plate-forme d'envol et d'un hangar. • Ils emportent une ou deux torpilles, des missiles anti-navires air-mer ou ASM. Les plus répandus sont les Sikorsky SH-60 Seahawk et SH-3 Sea King, les Westland-Aérospatiale WG-13 Lynx, les SA-360 Dauphin, les Agusta A-106, les Kamov Ka-27 Helix. • Des hélicoptères basés sur porte-aéronefs ou à terre servent aussi au sauvetage des aviateurs tombés en mer. Ils interviennent souvent pour sauver des marins de navires marchands naufragés, qui sont remontés à bord à l'aide d'un treuil. Leurs capacités de vol stationnaire sont très appréciées pour ces interventions périlleuses.

LES HÉLICOPTÈRES CIVILS

LES LIAISONS PASSAGERS OU FRET

• Les hélicoptères ne connaissent pas un succès comparable à celui des avions, pour les liaisons commerciales avec passagers ou avec fret.

• Leur rayon d'action et leur vitesse de croisière sont encore trop faibles. Les avions de ligne à réaction, moyens ou longs courriers, couvrent sans peine des étapes de 3 000 à plus de 7 000 km, à plus de 900 km/h. Les hélicoptères dépassent rarement 1 500 km de rayon d'action et leur vitesse est inférieure à 350 km/h.

• Leurs coûts d'exploitation, très élevés, ne soutiennent pas la comparaison avec ceux des avions. Ils ne sont utilisés que dans les situations où ils sont irremplaçables : liaisons courtes entre aéroports ou desserte des plate-formes pétrolières et gazières offshore.

• Certains hélicoptères sont exploités pour l'aviation d'affaires, domaine où le critère de rentabilité est moindre.

• Biturbines ou monoturbines, les plus modèles d'hélicoptères civils les plus diffusés sont les Eurocopter franco-allemands **EC-120 Colibri**, EC-130, 135,



145, 155, 225 et **Super Puma Mk II** ; les appareils américains Sikorsky S-76



et S-92 et Bell 407, 427, 430, MD 902 Explorer ; les hélicoptères italiens Agusta A109 Power, A 119 Koala, AB 139. Les hélicoptères américains Enstrom 480, Schweizer 330 et 333, Robinson R22 et R44, équipés de moteurs à pistons sont plus petits et plus économiques.

LES OPÉRATIONS DE SECOURS

• Leurs capacités de vol stationnaire et d'atterrissage et décollage court les rendent irremplaçables dans les situations difficiles.

• Les hélicoptères se révèlent indispensables pour les opérations de secours en mer ou en montagne, d'évacuations sanitaires ainsi que pour les missions de surveillance au service de la police et de la gendarmerie.

• Les hélicoptères se satisfont de petits terrains non aménagés et ne nécessitent pas d'aides à la navigation au sol. • Ils sont ainsi précieux pour apporter rapidement aide, matériel de secours et approvisionnement dans les régions frappées par des catastrophes naturelles.

• Les hélicoptères s'avèrent aussi précieux pour la manutention de charges lourdes ou encombrantes, comme des pylônes électriques, dans les zones d'accès difficile.

ÉCORCHÉ DE L'HÉLICOPTÈRE BELL-230

