



# 1.2

## Technique de l'hélicoptère

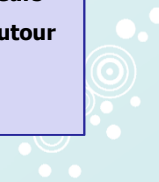
1. Historique
2. Particularités de l'hélicoptère
3. Types d'hélicoptères
4. Le vol



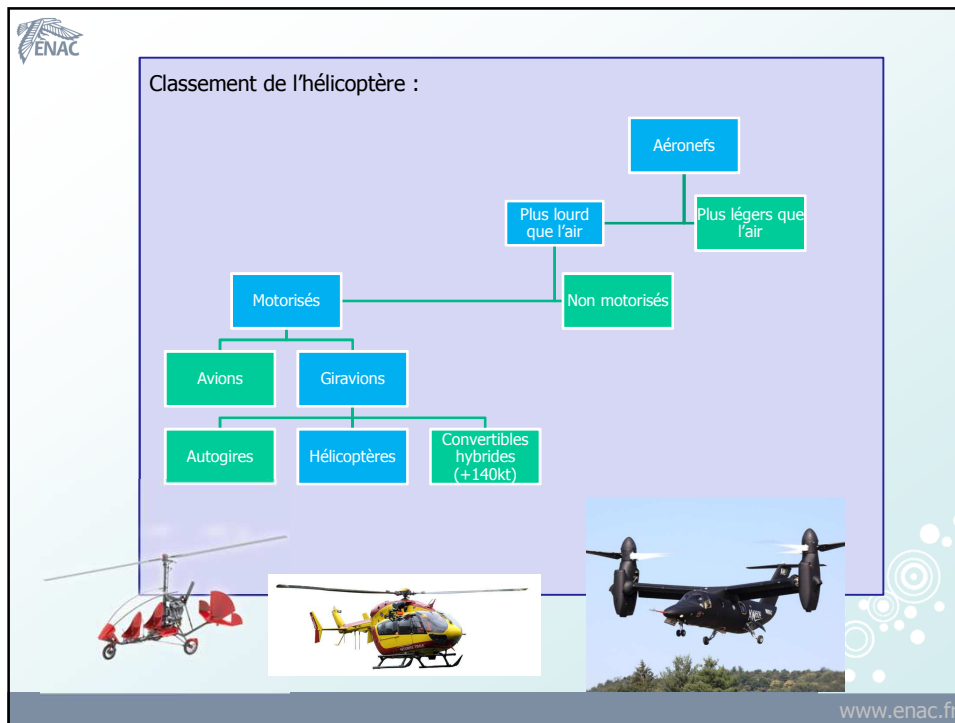
www.enac.fr




- **Hélicoptères : Gustave Ponton d'Amécourt (1825-1888)**
  - Hélix (spirale)
  - Pteros (Aile)
- **Hélicoptère (cf.Doc OACI 9713, définition H 36) :**
  - **Aérodyne dont la sustentation en vol est obtenue principalement par la réaction de l'air sur un ou plusieurs rotor qui tournent, entraînés par un organe moteur autour d'axes sensiblement verticaux.**



www.enac.fr





- **Les records :**
  - **Jean Boulet (1920-2011)**
    - 1972 record d'altitude 12 442 m sur **Allouette II**




[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



- **Les records :**
  - **Didier Delsalle 2005**
    - Posé au sommet de l'Everest 8850 m




[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



- **Inconvénients :**
  - Non pressurisés
  - Sensible au givrage
  - Electricité statique / Orage
  - Instable (en vent arrière en translation)
  - Vortex (décrochage rotor)
  - Turbulence
  - Lent (120 à 140 Kt) (pale avançant Mach)
  - Consommation élevée / maintenance importante (80% pour sustentation et 20% pour la translation)
  - $C_z/C_x = 3 \text{ à } 4$
  - Bruyant (population)
  - Vibrations

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



- **Avantages :**
  - En finale 70 / 90 Kt (Cat A)
  - Fort angle d'approche (10°)
  - Variation de vitesse
  - Très manœuvrable au sol et en vol
  - Stationnaire
  - Service point à point
  - Zones inaccessibles
  - Très polyvalents


[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



**Accidents statistiques :**

- 5,7 accidents d'hélicoptères pour 100 000 HdV en 2012  
( 8 fois plus qu'en avion)

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



**Principales activités:**

- Travail aérien**
  - élingue
  - photographie
  - inspection de câbles
  - surveillance routière
  - épandage
  - déroulage de câbles
  - élagage d 'arbres
  - banderoles
  - mesures radio
  - etc...
- Transport public**
  - Transport sanitaire
  - Transport régulier
  - Transport à la demande
    - Offshore
- Parapublic**
  - recherche et sauvetage (SAR)
  - police, sécurité civile
  - lutte incendie

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)











### Les principaux types d'hélicoptères – Bimoteurs légers

		
<b>Eureuil - AS355</b>	<b>EC145</b>	<b>EC135</b>
		
<b>Agusta 109</b>	<b>Bell B429</b>	<b>MD 902</b>

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



### Les principaux types d'hélicoptères – Bimoteurs moyens

		
<b>Dauphin - AS365</b>	<b>EC155</b>	<b>EC175</b>
		
<b>Agusta AW139</b>	<b>Sikorsky S76</b>	<b>Bell B412</b>

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)





### Les principaux types d'hélicoptères - Lourds

  
EC225

  
Mil-Mi 26

  
Sikorsky S92

  
Mil-Mi 26



[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



### Hélicoptères – du futur (surtout évolution des pales)








[www.enac.fr](http://www.enac.fr)

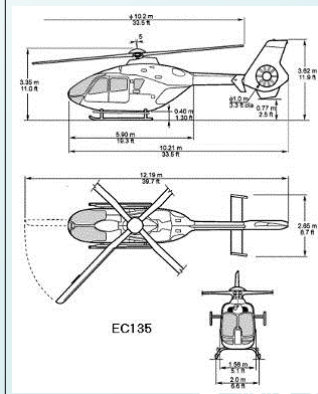




### Quelques chiffres...

- Vitesse max. en palier : 60 à 180 kt
- Distance franchissable : 500 à 800 km
- Vitesse ascensionnelle : 7 à 10 m/s


- Longueur : 8 à 40 m
- Diamètre rotor : 6 à 35 m
- Masse max. au décollage : 0,5 à 150 T



EC135


**Fiche technique**

www.enac.fr

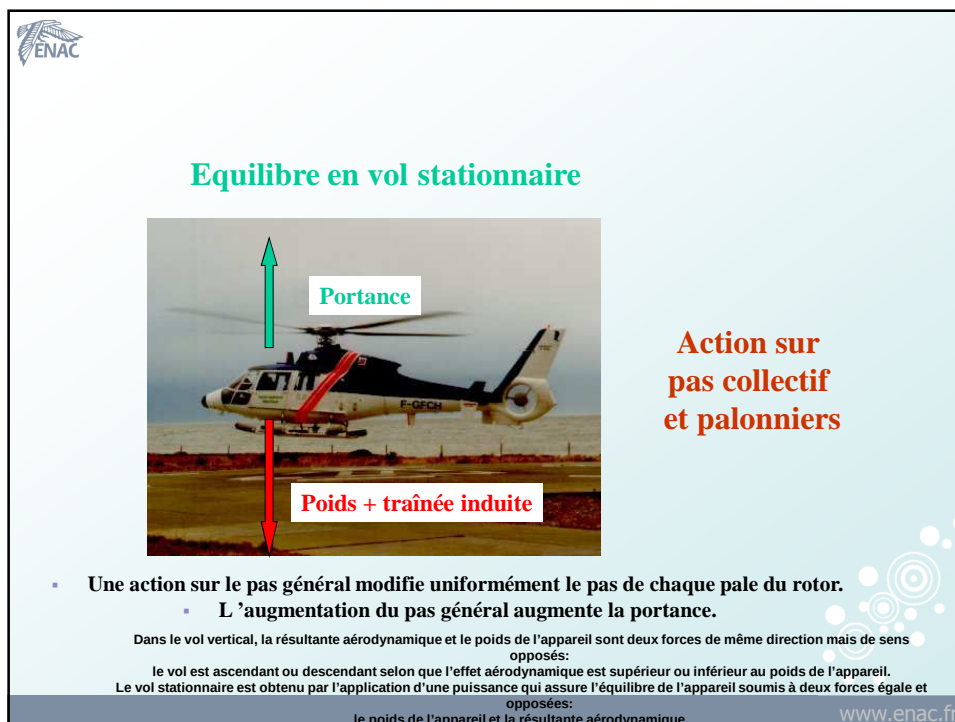
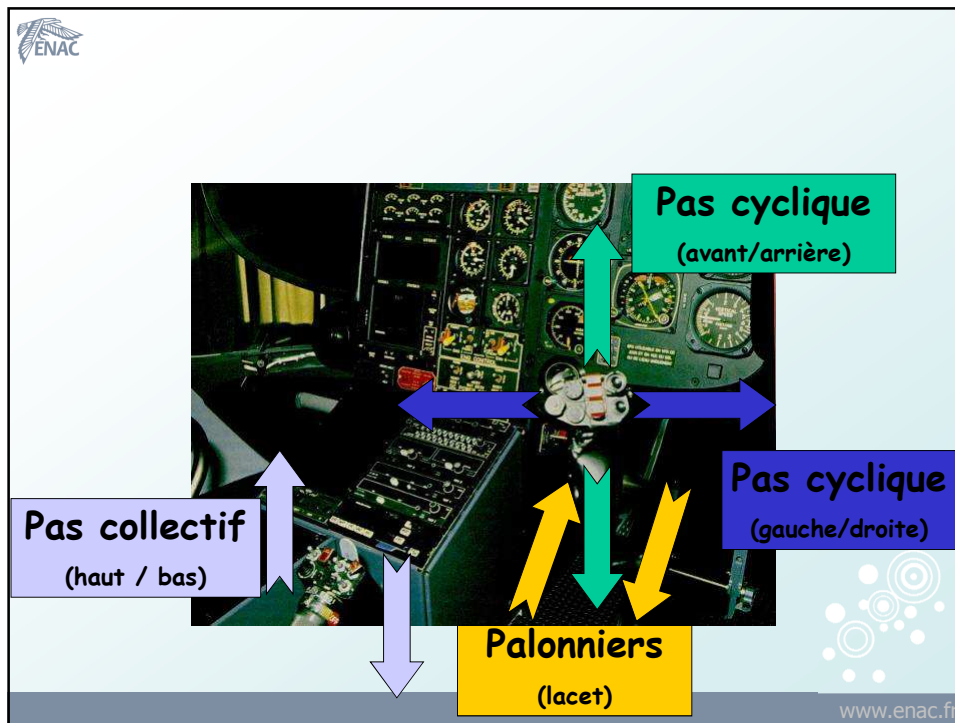



### De multiples possibilités :

- 1, 2 ou 3 moteurs
- Sustentation en vol obtenue par la réaction de l'air sur un ou plusieurs rotors (voilure tournante)
- Vol vertical
- Stationnaire
- Translation

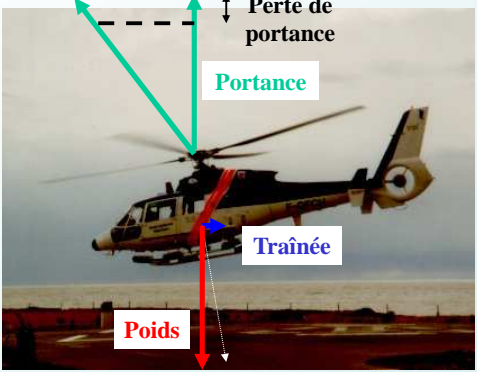


www.enac.fr






### Equilibre en vol de translation



**Action sur pas cyclique, pas collectif et palonniers**

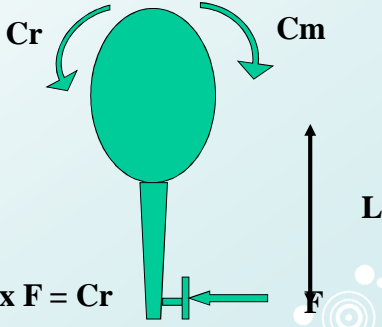
Le déplacement dans un plan horizontal est obtenu par inclinaison du disque rotor dans la direction désirée.  
La portance rotorique se décompose alors en deux éléments :  
- l'un, parallèle à la vitesse de déplacement, compense les forces de traînée,  
- l'autre, vertical, équilibre le poids de l'appareil.

www.enac.fr




### Rotor anti-couple

- **En vol de translation** pour contrer le couple induit par le rotor principal qui tend à faire tourner la cellule dans le sens opposé
- **En vol stationnaire** pour effectuer un mouvement de lacet.  $L \times F = Cr$




La transmission mécanique de puissance au rotor a pour conséquence l'introduction d'un couple de réaction. Le couple de réaction du rotor principal est compensé par le rotor anti-couple qui empêche l'hélicoptère de tourner sur lui-même (sauf si cette rotation est voulue par le pilote). Le contrôle en lacet s'effectue à l'aide des palonniers qui agissent sur l'angle de pas général des pales du rotor arrière.


www.enac.fr




### Rotor anti-couple (RAC)




**Fenestron**




**Classique**




**NOTAR évent à l'arrière**




**Birotor en tandem**



**Birotor coaxial**




**Rotors latéraux  
Mi 12**



**Birotor engrenant**

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



### Solution au problème de roulis

- La pale avançante et la pale reculante n'ont pas la même vitesse.
- L'articulation de battement supprime la dissymétrie de portance due à ce phénomène.

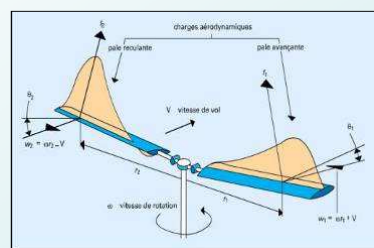


Diagram illustrating aerodynamic forces on a rotor blade. It shows the blade at an angle with forward and backward sections. Labels include: 'charges aérodynamiques' (aerodynamic loads), 'pale reculante' (backward blade), 'pale avançante' (forward blade), 'V vitesse de vol' (flight speed), 'ω vitesse de rotation' (rotation speed), and velocity vectors  $w_1 = \omega r_1 - V$  and  $w_2 = \omega r_2 + V$ .

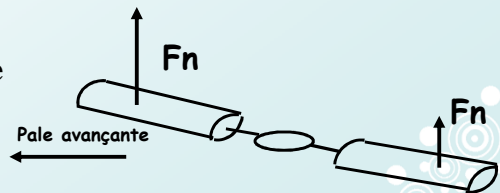



Diagram of a flapping hinge mechanism. It shows two blades connected to a central hub. The forward blade is labeled 'Pale avançante' and the backward blade is labeled 'Pale reculante'. Both blades have an upward force vector labeled  $F_n$ .



En vol de translation, la pale avançante n'a pas la même vitesse relative par rapport à l'air que la pale reculante. Cette dissymétrie entraîne une variation cyclique de la portance des pales. Ce phénomène crée un mouvement de roulis qui rendrait impossible le pilotage d'un hélicoptère si son rotor ne disposait d'une articulation de battement. Cette articulation permet à la pale de battre verticalement, c'est-à-dire de monter ou de descendre sous l'action de la résultante des forces de portance et centrifuge.

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



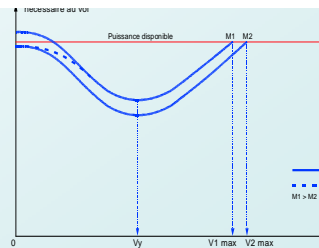
### L'effet de sol

**Près du sol et jusqu'à des vitesses horizontales de l'ordre de 10 à 20 Kt, la puissance nécessaire au vol est inférieure à ce qu'elle serait loin du sol.**


FLUX D'AIR AVEC EFFET DE SOL      FLUX D'AIR SANS EFFET DE SOL

**Influence de l'effet de sol sur la masse au décollage**




Le gain de puissance (d'environ 10 %) dû à ce phénomène de « coussin d'air » peut permettre d'augmenter la masse de l'hélicoptère ou d'envisager des vols pour une masse donnée dans des conditions d'altitude, de température ou de pression moins favorables

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)

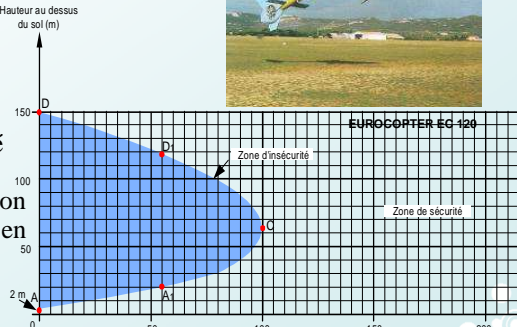


### L'autorotation

**L'autorotation : « planer » en cas de panne moteur**



**La zone d'insécurité du diagramme hauteur/vitesse: Autorotation pour un atterrissage forcé en sécurité non assuré**



Lorsque le rotor ne reçoit plus la puissance du moteur, le flux relatif d'air qui le traverse de bas en haut permet au rotor de continuer tourner: on dit alors que l'hélicoptère descend en autorotation. Le maintien d'une vitesse de rotation suffisante permet au rotor d'assurer une portance qui, bien qu'inférieure au poids de l'appareil, permet à ce dernier de stabiliser sa descente et de se poser en sécurité. En quelque sorte, l'hélicoptère plane mais sa finesse est très faible

[www.enac.fr](http://www.enac.fr)



**Merci de votre attention**

*The End*





[www.enac.fr](http://www.enac.fr)