

MÉCANIQUE DE VOL D'UN HÉLICOPTÈRE

Mohamed Thebti

14 février 2023

Table des matières

1	Introduction	3
section2	Description d'un hélicoptère	5
subsection3.1	Vecteurs positions	6
subsection4.1	Formula	6
4.2	Condition of stability	6
subsection4.3	Pivots à droite et à gauche	7
	Schéma cinématique	
	Angular momentum	

1 Introduction

But : étudier la mécanique de vol d'un hélicoptère. comme la portance, la stabilité de vol, puissance de vol,

Avoir les outils avant d'engager une étude dynamique plus complexe

2 Description d'un hélicoptère

pales principales, pales secondaires angle d'attaque des pales principales

3 Schéma cinématique

3.1 Vecteurs positions

origine : centre de rotation verticale se trouvant sous les pâles principales.

position des pâles principales (pp) : vecteur verticale

position de l'hélice arrière : vecteur allant de l'origine vers l'hélice (h) arrière.

4 Angular momentum

4.1 Formula

$$\vec{L} = \vec{OA} \otimes \vec{P} = \vec{r} \otimes \vec{P} = \vec{r} \otimes m \cdot \vec{v} = \vec{I} \otimes \vec{\omega} \quad (1)$$

\vec{L} : Angular Momentum [$kg \cdot \frac{m^2}{s}$]

\vec{OA} and r : position of the mass [m] according to a reference

\vec{P} : linear momentum [$kg \cdot \frac{m}{s}$]¹

\vec{v} : velocity [$\frac{m}{s}$] I : moment of inertia [$m^2 \cdot kg$]

ω : angular speed [$\frac{rad}{s}$]

Torque :

$$M = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(\vec{I} \otimes \vec{\omega})}{dt} \quad (2)$$

if we consider a particule of mass m , \vec{r} is the position of the center of mass. If it is a solid object, L is first computed according to the axis of rotation of the object :

$$\vec{L}_{ar} = \vec{I}_{ar} \otimes \vec{\omega}_{ar} \quad (3)$$

To compute the angular moment according to an other axis of rotation (new reference), we use the Huygens-Steiner theorem (or the Parallel axis theorem) :

$$\vec{L}_0 = \vec{I}_0 \otimes \vec{\omega}_{cm} \quad (4)$$

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_{ar} + m \cdot d^2 \quad (5)$$

with d the distance between the axis of rotation of the object and the new reference.

4.2 Condition of stability

Main rotor(s) :

$$\vec{L}_{mr} = \vec{r}_{mr} \otimes m_{mr} \cdot \vec{v}_{mr} = \vec{I}_{mr} \otimes \vec{\omega}_{mr} \quad (6)$$

Rear rotor :

$$\vec{L}_{rr} = \vec{r}_{rr} \otimes m_{rr} \cdot \vec{v}_{rr} = \vec{I}_{rr} \otimes \vec{\omega}_{rr} \quad (7)$$

assurer la stabilité lors du vol : les moments cinétiques doivent s'annuler. (poser la formule et résoudre)

$$\vec{L}_{mr} = \vec{L}_{rr} \quad (8)$$

or

The generated torque is compensated :

$$\sum \vec{M}_{mr} = \sum \vec{M}_{rr} \quad (9)$$

find a relation between ω_{mr} and ω_{rr} -> determine the transmission ratio

1. \vec{L} is perpendicular to both \vec{P} and \vec{r}

4.3 Pivots à droite et à gauche

pour tourner à gauche ou droite, on ne doit plus satisfaire la condition de stabilité. le pilote utiliser le pédalier pour accélérer/ralentir l'hélice arrière. ainsi les moments cinétiques ne sont plus égaux.

calculer l'effet de rotation sur l'hélicoptère si l'hélice est accélérée/ralentie de 10,20,30,.. %. mettre un tableau. calculer la vitesse de rotation dans ces cas-là.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{bmatrix}_{R_1} \vec{AB}_{R_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ l_2 \\ 0 \end{bmatrix}_{R_2} \vec{BC}_{R_3} = \begin{bmatrix} l_3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{R_3} \vec{CD}_{R_4} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -l_4 \end{bmatrix}_{R_4} \quad (10)$$

—
—
—

$$\begin{aligned} \vec{OE}_R &= \vec{OA}_R + \vec{AB}_R + B\vec{B}_{1R} + B_1\vec{C}_{1R} + C_1\vec{C}_R \\ &\quad + C\vec{C}_{2R} + C_2\vec{D}_R + D\vec{D}_{1R} + D_1\vec{E}_R \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \vec{OF}_R &= \vec{OA}_R + \vec{AB}_R + B\vec{B}_{1R} + B_1\vec{C}_{1R} + C_1\vec{C}_R \\ &\quad + C\vec{C}_{2R} + C_2\vec{D}_R + D\vec{D}_{1R} + D_1\vec{E}_R + E\vec{F}_R \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \vec{OG}_R &= \vec{OA}_R + \vec{AB}_R + B\vec{B}_{1R} + B_1\vec{C}_{1R} + C_1\vec{C}_R + C\vec{C}_{2R} \\ &\quad + C_2\vec{D}_R + D\vec{D}_{1R} + D_1\vec{E}_R + E\vec{F}_R + F\vec{F}_{3R} + F_3\vec{G}_R \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \vec{OH}_R &= \vec{OA}_R + \vec{AB}_R + B\vec{B}_{1R} + B_1\vec{C}_{1R} + C_1\vec{C}_R + C\vec{C}_{2R} + C_2\vec{D}_R \\ &\quad + D\vec{D}_{1R} + D_1\vec{E}_R + E\vec{F}_R + F\vec{F}_{3R} + F_3\vec{G}_R + G\vec{H}_R \end{aligned} \quad (14)$$

5 Conclusion