

À la découverte de l'autogire

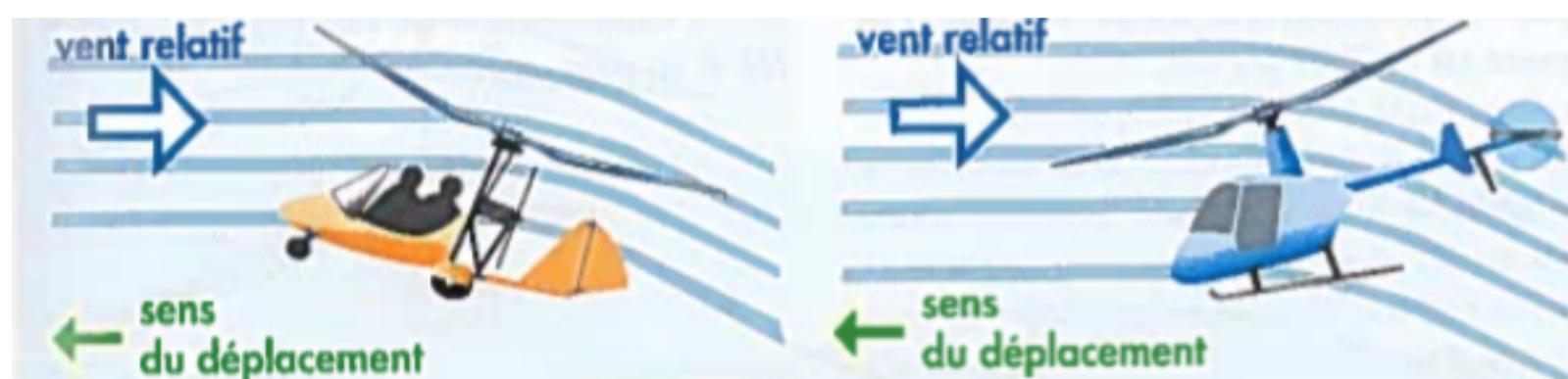
Dupertuis Clément & Engel Gaspard

Sous la supervision du Professeur François Gallaire

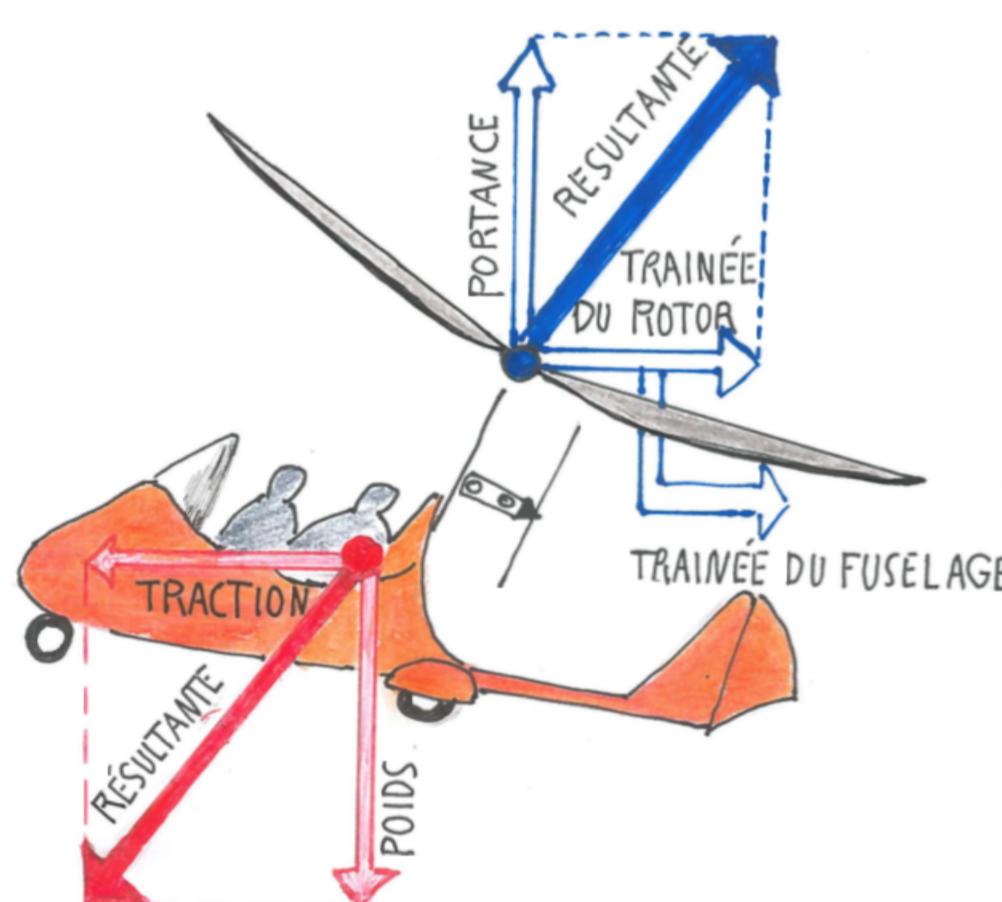


ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

1 Introduction : Comment vole un autogire ?



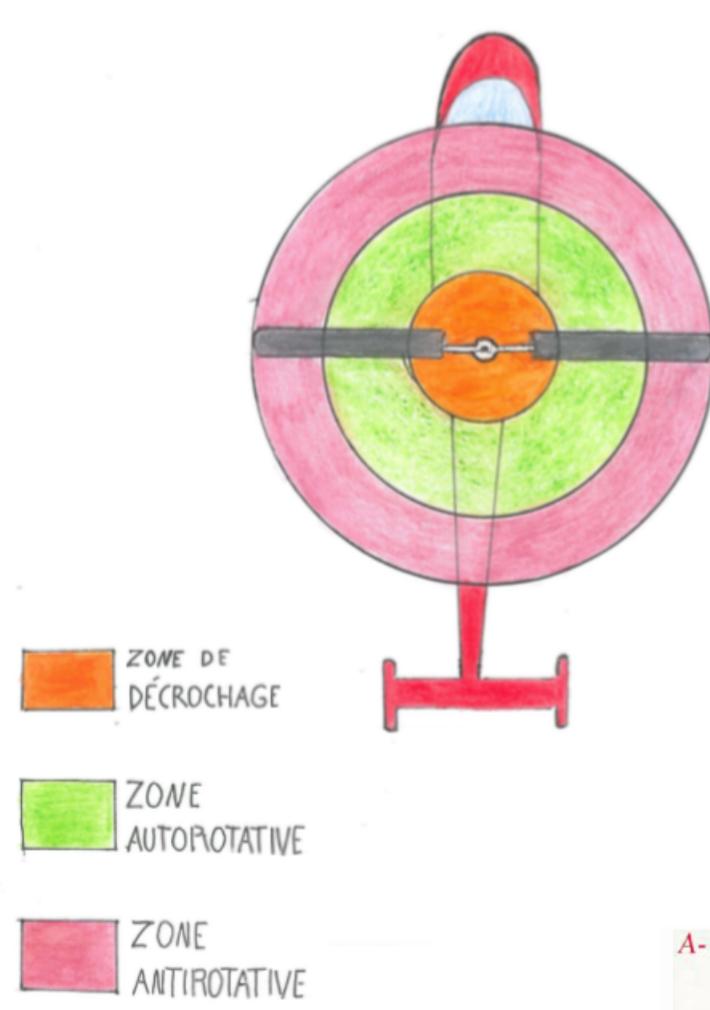
Inclinaison en vol pour un autogire (gauche) et pour un hélicoptère (droite)



L'autogire utilise un rotor libre pour générer sa portance, contrairement à l'hélicoptère qui possède un rotor motorisé, ce qui influence son inclinaison en vol (voir ci-dessus) et donne l'équilibre des forces illustré sur le dessin de gauche.

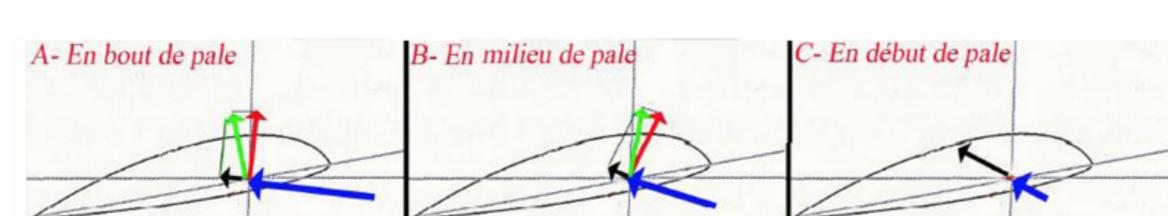
2 Dynamique de la rotation et du battement

2.1 Observations générales

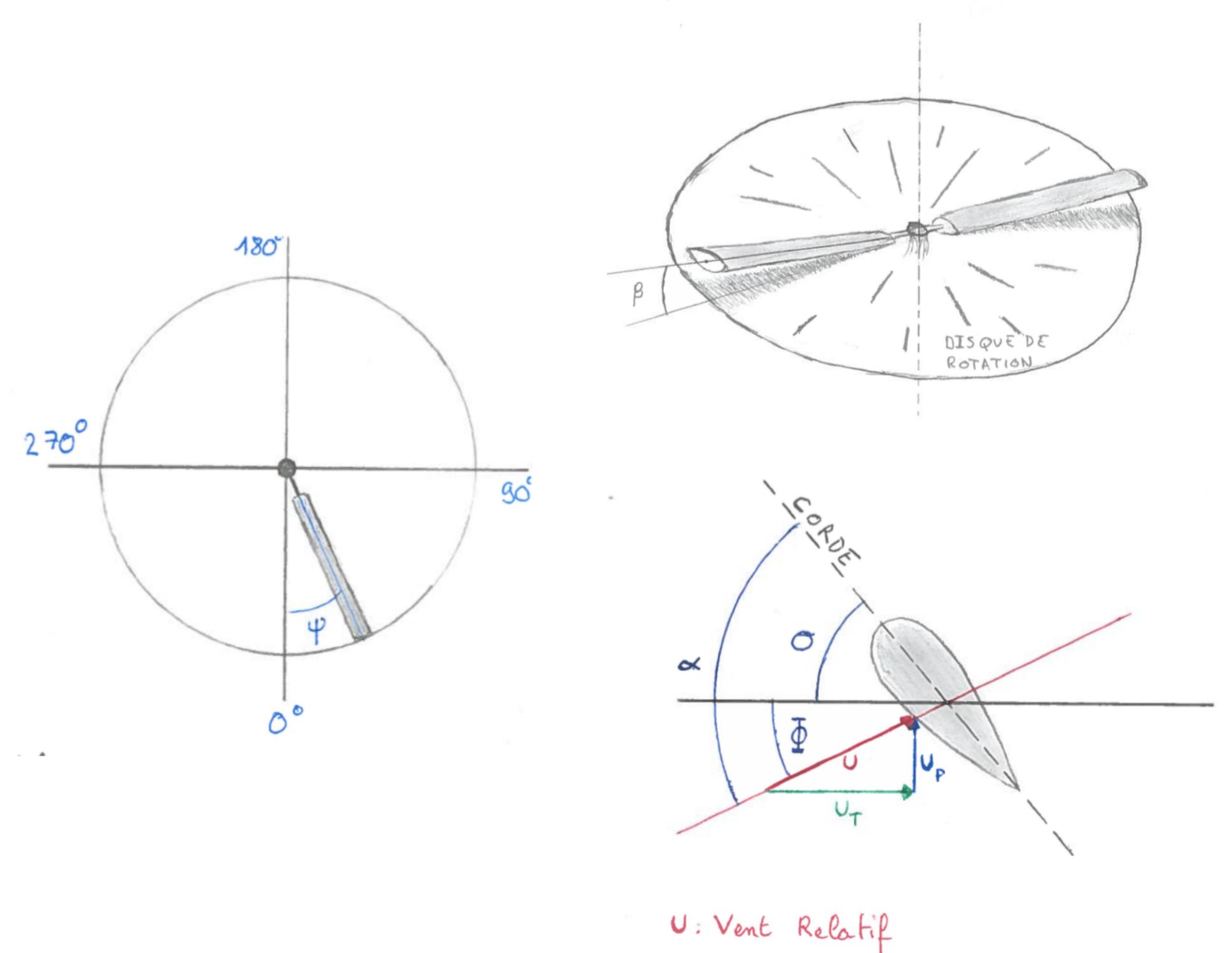
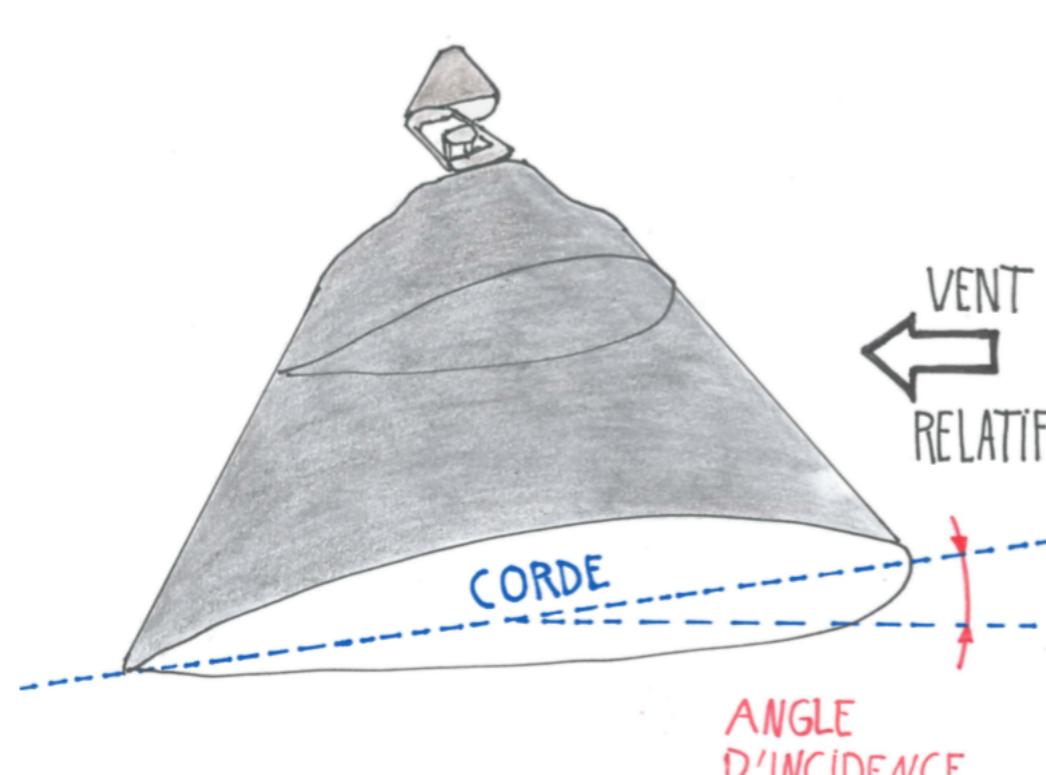


Trois zones sont présentes sur le disque de rotation du rotor supérieur pendant son fonctionnement, elles sont illustrées sur le dessin de gauche.

Ces zones sont liées aux composantes des forces aérodynamiques appliquées à la pale comme on peut le voir ci-dessous.



2.2 Visualisation des différents angles



- L'angle de position de la pale ψ
- L'angle de battement de la pale β
- L'angle d'incidence (ou angle d'attaque du vent sur le profil) α
- L'angle d'inclinaison du profil par rapport à l'horizontale θ
- L'angle du vent par rapport à l'horizontale ϕ

2.3 Etablissement d'un modèle

À partir de la littérature relative à l'aérodynamique des hélicoptères, nous avons utilisé le **Momentum Theory** (qui consiste à modéliser le rotor entier par un disque) et le **Blade Element Theory** (qui consiste à étudier individuellement le profil d'une pale), et établi un modèle cohérent pour l'autogire avec trois équations :

- l'équation du **Thrust** ou poussée orthogonale au disque rotor :

$$T = \frac{1}{2} \rho U_T^2 c (\alpha C_{l\alpha}) \quad (1)$$

- l'équation du mouvement de rotation des pales :

$$\begin{aligned} I \ddot{\psi} = & \left[\frac{1}{2} \rho c \frac{R^4}{4} C_d \right] \dot{\psi}^2 \\ & + \left[\frac{1}{2} \rho c \left[\frac{R^3}{3} (C_d V_\infty \sin \psi + C_l (v_i + V_\infty \beta \cos \psi)) + \frac{R^4}{4} C_l \beta \right] \right] \dot{\psi} \\ & + \left[\frac{1}{2} \rho c \frac{R^2}{2} C_d V_\infty^2 \right] \sin^2 \psi \\ & + \left[\frac{1}{2} \rho c \left(\frac{R^2}{2} C_l V_\infty (v_i + V_\infty \beta \cos \psi) + \frac{R^3}{3} C_l V_\infty \dot{\beta} \right) \right] \sin \psi \end{aligned} \quad (2)$$

- l'équation du battement des pales :

$$\begin{aligned} \ddot{\beta} + & \left[\frac{\gamma}{2\Omega R} \left(\frac{\Omega}{4} + \frac{V_\infty}{3} \sin \psi \right) \right] \dot{\beta} + \left[1 + \gamma V_\infty^2 \cos \psi \left(\frac{V_\infty}{2} + \sin \psi \right) \right] \beta \\ = & \left[\frac{\gamma}{2\Omega R} \left(\frac{\Omega^2}{4} + \frac{2\Omega V_\infty}{3} \sin \psi + \frac{V_\infty^2}{2} \sin^2 \psi \right) \right] \theta - \left[\frac{\gamma}{2\Omega R} \left(\frac{\Omega}{3} + \frac{V_\infty}{2} \sin \psi \right) \right] v_i \end{aligned} \quad (3)$$

3 Résolution du modèle

Nous avons essayé de résoudre ce système de trois équations couplées, mais cela n'a pas abouti, les résultats étant trop imprécis ou incomplets. Il existe cependant un modèle qui nous permettrait de continuer nos recherches mais nous n'avons pas pu le mettre en place.