

Rappel : Chaque partie est indépendante

1. Etude de la fonction FT 2 : générer de la portance

Le but de cette partie est d'analyser les différents facteurs permettant d'agir sur la portance, puis d'étudier l'influence de ces facteurs au niveau des solutions constructives adoptées sur le mécanisme :

1.1. Influence de l'angle d'inclinaison du rotor

Un premier facteur pour générer de la portance est d'adapter continuellement l'angle d'inclinaison de la tête de rotor α en fonction du vol souhaité :

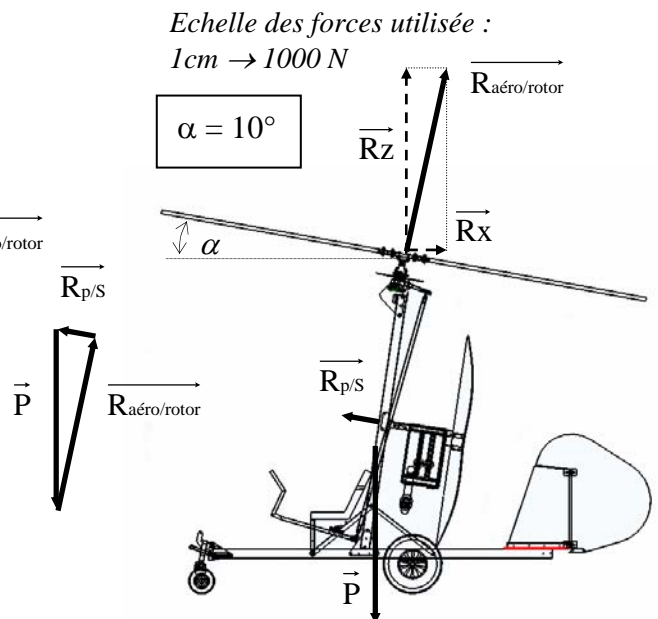
Par exemple, lors d'un vol stabilisé en ligne droite et à vitesse constante, l'angle d'inclinaison du rotor est de $\alpha = 10^\circ$, et isolons l'ensemble $S = \{\text{autogire} + \text{pilote}\}$.

Il est soumis à 3 actions mécaniques extérieures :

- Le poids \vec{P} de l'ensemble
- La force de poussée nette $\vec{R}_{p/s}$: action du moteur.
- La résultante aérodynamique de l'air sur le rotor $\vec{R}_{aéro/rotor}$
-

Cette dernière action peut se projeter en 2 forces :

- La portance R_z , verticale, qui s'oppose au poids.
- La traînée R_x , horizontale, qui s'oppose à l'avancement de l'autogire.



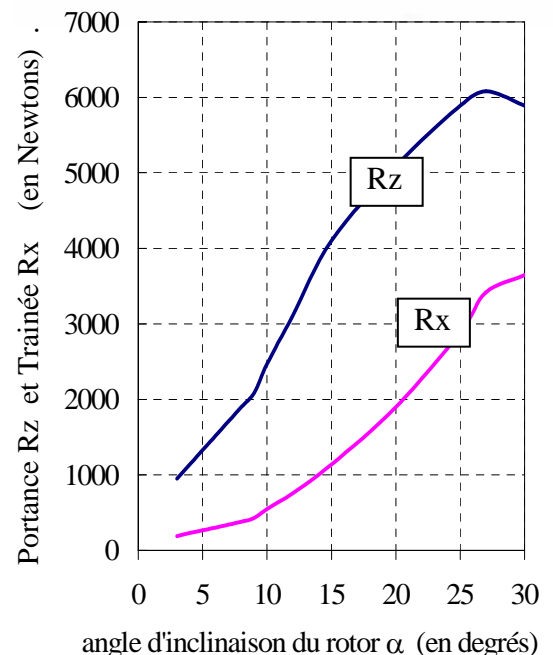
La courbe expérimentale ci-contre permet de déterminer la portance R_z et la traînée R_x dans les conditions d'études suivantes :

- Diamètre rotor = 7m
- Vitesse de l'autogire/air = 64 km/h
- Masse volumique de l'air $\rho = 1,25\text{ kg/m}^3$ à $T = 15^\circ\text{C}$ et à la pression atmosphérique de référence.

Données :

- Poids de l'ensemble $P = 2452\text{ N}$
- Poussée nette $R_{p/s} = 543\text{ N}$

Remarque : l'analyse des efforts dans cette position ($\alpha = 10^\circ$) permet de constater que la dynamique (représentation vectorielle de la somme des forces extérieures s'exerçant sur le système) est fermée (somme vectorielle nulle, voir représentation ci-dessus), et donc qu'il s'agit bien d'un vol stabilisé à vitesse constante.



Travail demandé : supposons que le pilote augmente cet angle α à 20° , pour prendre de l'altitude : (répondre sur feuille de copie et sur document réponse DR 1)

1.1.1 : Relever d'après la courbe expérimentale précédente, la portance R_z et la traînée R_x .

1.1.2 : Dans cette nouvelle position, retracer le dynamique.

1.1.3 : Le système est-il en équilibre ?

En déduire les conséquences sur le mouvement de l'autogire

1.1.4 : Le pilote voulant conserver la même vitesse de vol, en gardant α égal à 20° , justifier qu'il augmente les gaz du moteur de propulsion pour augmenter R_p/S .

1.2. Validation du choix de la liaison L2 porte pales / chape

Le but de cette partie est de valider l'utilité de la liaison pivot L2, entre le porte pales et la chape porte pales et d'en vérifier sa résistance (voir document DT 6). Dans une première approche très simplifiée, on ne s'intéresse qu'aux effets aérodynamiques au niveau des extrémités des pales.

Hypothèses : On suppose que l'autogire possède une vitesse de translation stabilisée, et on néglige les mouvements liés à la commande du manche.

Données :

- Rayon d'une pale : $R = 3,5 \text{ m}$
- $N \text{ pale/châssis} = 150 \text{ tr/min}$
- Vitesse de translation du châssis/air = 90 km/h dirigée suivant \vec{x}

Travail demandé : (répondre sur feuille de copie et sur document réponse DR 1)

1.2.1 : A l'aide du document DT3, indiquer laquelle de ces 3 vitesses est à l'origine de la portance : $\overrightarrow{V(A \in \text{pale} / \text{châssis})}$, $\overrightarrow{V(A \in \text{pale} / \text{air})}$ ou $\overrightarrow{V(A \in \text{châssis} / \text{air})}$?

1.2.2 : Pour les points A_1 et A_2 et en justifiant les constructions :

- Calculer puis tracer, pour A_1 et A_2 , les vitesses : $\overrightarrow{V(A_1 \in \text{pale} / \text{châssis})}$ et $\overrightarrow{V(A_2 \in \text{pale} / \text{châssis})}$.
- Tracer, pour A_1 et A_2 , les vitesses : $\overrightarrow{V(A_1 \in \text{châssis} / \text{air})}$ et $\overrightarrow{V(A_2 \in \text{châssis} / \text{air})}$.
- Calculer puis tracer, pour A_1 et A_2 , les vitesses : $\overrightarrow{V(A_1 \in \text{pale} / \text{air})}$ et $\overrightarrow{V(A_2 \in \text{pale} / \text{air})}$.

1.2.3 : Comparer $\overrightarrow{V(A_1 \in \text{pale} / \text{air})}$ et $\overrightarrow{V(A_2 \in \text{pale} / \text{air})}$. En déduire la conséquence de la différence de ces deux vitesses sur la portance.

1.2.4 : Le constructeur a fait le choix de laisser pivoter le porte pales par rapport à la chape (voir Liaison pivot L2 sur le document DT 6).

Dans cette phase de vol, quel serait le comportement de l'autogire si cette liaison était un encastrement ?

Le constructeur a réalisé cette liaison pivot par l'intermédiaire d'une vis repérée 10 (voir Document DT 7)

Hypothèse : En première approximation, les efforts dynamiques ne sont pas pris en compte.

Données :

- Diamètre de la vis : $d = 10 \text{ mm}$
- Résultante aérodynamique exercée sur la vis en O_2 : $R_{\text{aéro/rotor}} = 5000 \text{ N}$
- Limite élastique en traction $R_{pe} = 100 \text{ MPa}$
- Limite élastique au cisaillement $R_{pg} = 50 \text{ MPa}$

1.2.5 : Quelle est la sollicitation prépondérante s'exerçant sur cette vis?

1.2.6 : Vérifier la résistance de cette vis, conclure.

1.3. Analyse de la liaison L1 chape porte pales / vé de commande

Pour générer de la portance, il faut que le rotor tourne (voir FAST sur document DT 5)

Le but de cette partie est d'analyser le guidage en rotation du rotor par rapport au vé de commande (liaison L1 sur DT6).

Le concepteur propose un dessin à main levée de la liaison L1, commenté par des remarques faisant apparaître les contraintes fonctionnelles à respecter (voir Document DR2).

Travail demandé : Répondre sur feuille de copie et sur document réponse DR 2.

1.3.1 : Décrire la solution constructive retenue pour réaliser la liaison pivot L1 entre la chape porte pales et le vé de commande. (Voir documents DT 7 et DR 2). Justifier rapidement le choix du type de roulement.

1.3.2 : Analyse du montage de roulement :

- Sachant que la charge est fixe par rapport au Vé de commande, identifier la bague tournante par rapport à la charge et indiquer le type d'ajustement des 2 bagues.
- Le roulement est arrêté en translation par quatre arrêts axiaux du roulement (repérés A, B, C et D sur le croquis à main levée). Indiquer les types de solutions constructives retenues par le constructeur pour réaliser ces arrêts (compléter le tableau du document DR2).

1.3.3 : Tracer les chaînes de cotes relatives aux cotes conditions J_A et J_B portées sur le croquis à main levée.

1.3.4 : Définition géométrique du centreur 24.

Pour définir le centreur à l'aide d'un modèleur volumique, le concepteur doit définir une esquisse.

Pour faciliter les modifications et garantir une construction « robuste » de la maquette numérique, le concepteur désire que les cotes pilotant cette esquisse soient en priorité des cotes fonctionnelles garantissant le bon fonctionnement du mécanisme.

Travail demandé : (répondre sur Document réponse DR 2)

En se limitant à l'étude des 3 fonctions suivantes :

- F1 : Fonction maintien en position de la bague intérieure du roulement par rapport au centreur 24 (jeu J_B)
 - F2 : Fonction mise en position du roulement par rapport au Vé de commande 21 :
 - S1 perpendiculaire à S2
 - Condition de non contact (jeu J_A)
 - F3 : Fonction de montage du roulement : ajustements A_{j1} et A_{j2} ainsi que les spécifications dimensionnelles du montage de roulement (voir document constructeur du catalogue de roulement sur le document DR2)
-
- Dessiner l'esquisse permettant d'obtenir le centreur 24 ;
 - Définir l'opération volumique permettant de créer la pièce à partir de cette esquisse ;
 - Dessiner à main levée la perspective de la pièce obtenue ;
 - Indiquer sur l'esquisse :
 - les cotes fonctionnelles pilotant l'esquisse ;
 - les contraintes géométriques relatives permettant de respecter les conditions F1, F2 et F3.

2. Etude de la fonction FT 3 : piloter

Le pilotage de l'autogire se fait en partie grâce au manche qui permet de commander la tête de rotor. Le but de cette partie est d'analyser le mécanisme de commande et de vérifier une partie du cahier des charges.

Pour modifier son altitude, le pilote tire ou pousse le manche. Pour virer, il le déplace vers la droite ou la gauche. Ces mouvements sont possibles grâce (se référer au document DR3):

- à la liaison pivot d'axe $F\vec{u}$ entre le manche et le palonnier (pour les virages);
- à la liaison pivot d'axe $D\vec{y}$ entre le palonnier et le châssis (pour l'altitude).

2.1. Vérification du débattement du manche

Dans un premier temps, on se propose de vérifier que le débattement du manche est acceptable pour le confort du pilote :

Données :

- Les normes de navigabilité imposent un débattement angulaire α du rotor / châssis compris entre 0 et 20°
- Le document DR 3 représente le système dans la position $\alpha = 10^\circ$ (position du rotor / châssis)
- Par rapport à cette position intermédiaire, le débattement angulaire β du manche ne doit pas excéder + ou $- 10^\circ$ autour de l'axe ($D\vec{y}$).
- On se place dans le cas d'un mouvement de montée/descente.

Travail demandé : Répondre sur feuille de copie et sur le document réponse DR 3 en laissant visibles les traits de construction.

2.1.1 : Lors d'un changement d'angle d'incidence, définir le mouvement du vé de commande par rapport au châssis ?

2.1.2 : En déduire la trajectoire du point B \in Vé de commande par rapport au châssis. Tracer celle-ci ainsi que les positions limites du point B.

2.1.3 : Définir le mouvement du manche par rapport au châssis ?

2.1.4 : En déduire la trajectoire du point C \in manche par rapport au châssis. Tracer celle-ci ainsi que les positions limites du point C.

2.1.5 : Déterminer le débattement angulaire du manche et vérifier que le cahier des charges est respecté.

2.2. Vérification de l'effort sur le manche

On se propose de vérifier que l'effort sur le manche est acceptable pour le confort du pilote.

Hypothèses :

- Le mécanisme admet le plan (O_3, \vec{z}, \vec{x}) comme plan de symétrie ;
- L'action manuelle du pilote en E au niveau du manche doit être inférieure à 5 daN ;
- On suppose le système en équilibre et les liaisons parfaites ;
- Les poids des différentes pièces sont négligés vis-à-vis des autres actions mécaniques.

Données :

- Le document DR 4 représente le système dans la position $\alpha = 10^\circ$
- La résultante aérodynamique calculée pour cet angle est inclinée d'un angle de $12,6^\circ$ par rapport à la verticale et a un module de $\|\vec{R}_{\text{aéro/rotor}}\| = 2536 \text{ N}$. Elle s'exerce au point O_2 .

Travail demandé : Répondre sur feuille de copie et sur document réponse DR 4.

2.2.1 : Isoler la bielle de commande et démontrer que les actions mécaniques appliquées en B et C se réduisent à 2 forces dirigées suivant le support (BC).

2.2.2 : Isoler l'ensemble $\Sigma = \{\text{Vé de commande} + \text{Chape porte pales} + \text{porte pales} + \text{pales}\}$
En appliquant le **principe fondamental de la statique** à Σ , déterminer l'action mécanique en B.

2.2.3 : Isoler l'ensemble $\{\text{manche} + \text{palonnier}\}$. En déduire, l'action manuelle sur le manche en E.

2.2.4 : Conclure par rapport au cahier des charges.

2.2.5. L'action mécanique en O_2 est décalée de 13 mm par rapport au point O_3 . Quel est l'intérêt, pour le pilote, d'un tel désaxage ?

3. Etude de la fonction FT 211 : prélaner

Au démarrage, il est nécessaire de prélaner le rotor pour obtenir la portance suffisante au décollage. Dans certains cas, ce pré lancement se fait manuellement.

Afin d'éviter cette opération fastidieuse, on envisage d'implanter sur l'autogire un démarreur.

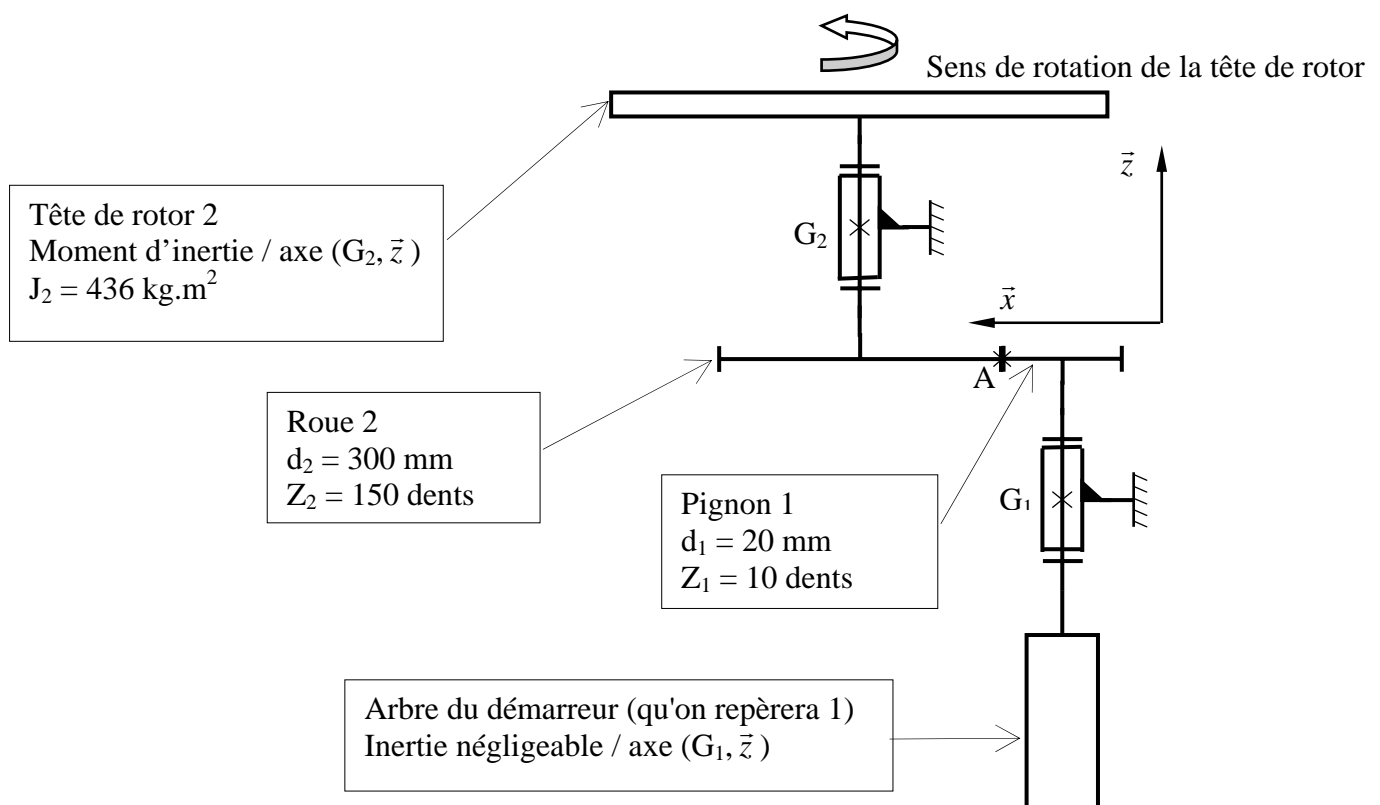
Le but de cette partie est de vérifier puis implanter un démarreur électrique pour réaliser cette fonction.

3.1. Vérification du choix du démarreur

Pour cela, il faut calculer le couple moteur nécessaire à la mise en rotation de la tête de rotor (qu'on repèrera 2) (Répondre sur feuille de copie)

Hypothèses et données : voir schéma ci-dessous et DT 8

- Le mouvement de rotation est supposé uniformément accéléré
- Le cahier des charges impose un temps maximum de 60s pour obtenir une vitesse de rotation de la tête de rotor 2 de 150 tr/min
- Les liaisons sont supposées parfaites



3.1.1 : Calculer l'accélération angulaire minimum de la tête de rotor 2 respectant les données du cahier des charges.

3.1.2 : Isoler la tête de rotor 2. En lui appliquant le **principe fondamental de la dynamique** (équation du moment dynamique suivant $G_2 \vec{z}$), déterminer la composante tangentielle $\vec{T}_{1/2}$.

3.1.3 : Isoler l'arbre du démarreur 1. En appliquant le **principe fondamental de dynamique** à 1 (équation du moment dynamique suivant $G_1 \vec{z}$), déterminer le couple moteur C_m nécessaire au démarreur pour pré lancer le rotor.

3.1.4 : Conclure quant au choix fait de ce modèle de démarreur, pour le critère que l'on vient de calculer.

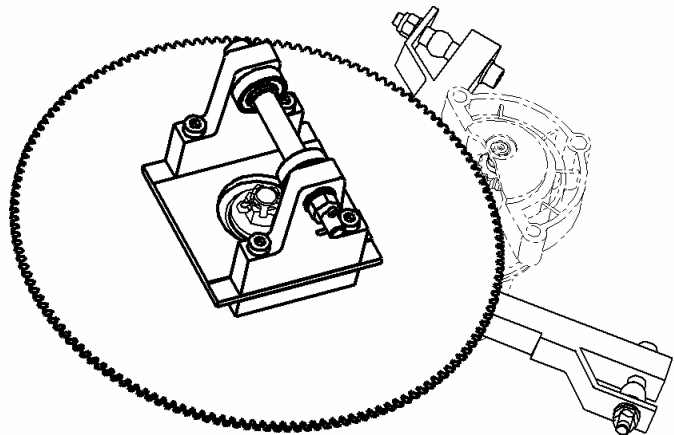
3.2. Implantation d'un démarreur électrique

Le fabriquant décide d'implanter un démarreur d'automobile pour pré lancer le rotor.

Ce dernier ne peut être implanté que sur le vé de commande de la tête de rotor.

Le but de cette partie est de réaliser cette liaison encastrement

Données : voir DT 8 et DR 5



Remarques :

- *Le démarreur, représenté en trait mixte fin sur le document réponse DR5, est déjà positionné dans l'espace par rapport au vé de commande ;*
- *La liaison entre le vé de commande et le démarreur sera réalisé par l'intermédiaire d'une plaque support d'alliage d'aluminium d'épaisseur 5mm environ ;*
- *La fixation du démarreur sur la plaque support sera réalisée à l'aide d'éléments normalisés.*

Sur feuille de copie :

3.2.1 : Proposer un principe de solution constructive permettant la mise en position du démarreur par rapport à la plaque support.

3.2.2 : Définir une solution constructive permettant le maintien en position du démarreur par rapport à la plaque support.

Sur document DR 5

3.2.3 : Définir à main levée ou aux instruments, en complétant et en commentant si nécessaire, au choix, tout ou partie des 3 vues planes et de la perspective :

- Les formes de la plaque support du démarreur ;
- La liaison encastrement démontable entre le démarreur et la plaque support (indiquer les éléments normalisés utilisés);
- La liaison encastrement entre la plaque support et le vé de commande.