

Etude d'un renvoi conique d'aéronautique

1. Introduction :

Pour assurer le démarrage d'un réacteur d'avion, plusieurs solutions de principe peuvent être envisagées :

- Le réacteur peut être « auto-démarrant »
- Le démarrage peut être assuré par un démarreur interne à l'avion
- Le démarrage peut être assuré par un démarreur externe à l'avion

D'une façon générale, deux types de contraintes principales peuvent être prises en compte : la rapidité du démarrage et la légèreté de la solution retenue.

Pour cela, dans la majorité des cas et pour l'exemple étudié, une solution utilisant un démarreur à air comprimé est retenue.

D'autre part, pour assurer le contrôle et la commande de l'appareil, il est nécessaire de disposer d'énergie électrique et hydraulique. Ces deux types d'énergie sont générés à partir de l'énergie mécanique délivrée par le réacteur par deux familles d'accessoires : des pompes hydrauliques et des génératrices électriques.

Deux fonctions techniques peuvent ainsi être mises en évidence :

- Lors du lancement du réacteur : transmettre du démarreur au réacteur la puissance et la vitesse nécessaires et suffisantes au démarrage du réacteur.
- Lors du fonctionnement du réacteur : transmettre aux accessoires (génératrice à courant continu, alternateur, pompe hydraulique de commande, groupe carburant, module de lubrification) la puissance et la vitesse nécessaires à leur bon fonctionnement.

Ces deux fonctions sont réalisées par un même ensemble mécanique appelé boîtier de transfert de puissance qui est généralement implanté sous le réacteur (figure 1, document I).

Le but de l'étude proposée est de réaliser l'avant projet du boîtier de renvoi conique transmettant une partie de la puissance du réacteur à l'entrée du boîtier de transfert.

2. Cahier des charges :

Environnement du boîtier de renvoi conique :

Différentes architectures définissant la position relative des axes du réacteur, du démarreur et des accessoires peuvent être envisagées. Pour cette étude, l'architecture suivante sera retenue :

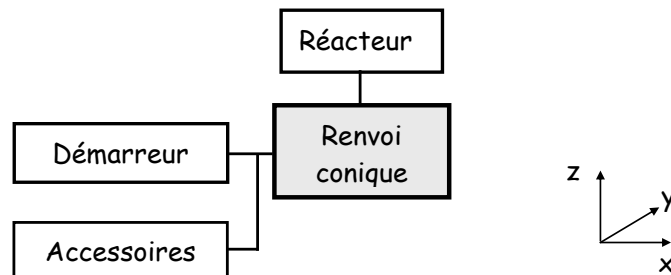


Schéma d'architecture

- Ce matériel destiné à l'aéronautique doit avoir une puissance massique maximale avec un encombrement minimisé.
- La température peut varier de -60°C à 125°C .
- Le moment quadratique polaire minimal pour les deux arbres est de 40000 mm^4 .
- Le moment quadratique polaire minimal par rapport à tout axe orthogonal à \vec{x} et coupant l'axe (O, \vec{x}) pour le carter est de 6.10^6 mm^4 .
- La puissance à l'entrée et à la sortie du boîtier est transmise par les arbres tubulaires à extrémités cannelées définies sur la trame (document II).
- Les brides et les extrémités du carter sont définies sur le document II.
- Le carter est en alliage d'aluminium.

Engrenage conique :

- Pignon d'entrée : 31 dents.
- Pignon de sortie : 40 dents.
- L'encombrement du couple est défini sur le document II.
- Les pignons sont en acier, moulés et arbrés.

Prescriptions fonctionnelles de l'engrenage conique :

- La distance entre les axes de rotation des deux pignons doit être inférieure à 0,03 mm.
- L'angle entre les angles de rotation doit être égal à $90^{\circ} \pm 3$ minutes.
- Les sommets des cônes primitifs doivent être « confondus ».
- La rigidité axiale des pivots doit être importante.

Prescriptions fonctionnelles pour les liaisons pivots :

- Fréquence maximale d'entrée : 9000 tr/min.
- Implantation des roulements donnée sur la figure 2 (document I).
- Les roulements seront choisis à partir de documents mis en ligne par les fabricants.
- La lubrification des roulements et des pignons n'est pas à étudier, elle est réalisée sous pression par des injecteurs non représentés dans cet avant projet d'étude...

3. Travail demandé

3.1. Partie I : Etude de la liaison pivot L₂₀

L'objectif de cette première partie est de dimensionner la liaison L₂₀ entre les solides 2 et 0 (figure 2) en considérant trois cas :

- La liaison est réalisée par un roulement rigide à billes et un roulement à rouleaux cylindriques.
- La liaison est réalisée par deux roulements à billes à contacts obliques.

Modélisation du problème :

Le solide 2, constitué de l'arbre et du pignon, distribue une partie de la puissance fournie par le réacteur à la pompe hydraulique et à l'ensemble « groupe de lubrification-pompe de carburant ».

L'étude approfondie d'un cycle de vol permet de définir un cycle simplifié constitué de 4 configurations élémentaires. Pour chacune d'elles, un calcul a permis de déterminer les charges sur les roulements implantés en A et en B.

D'une façon générale, le torseur des efforts transmis à l'arbre par chaque roulement est de la forme :

$$T_A = \begin{Bmatrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{Bmatrix}_{(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad T_B = \begin{Bmatrix} X_B & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{Bmatrix}_{(B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Les résultats numériques pour les efforts, les pourcentages d'utilisation, les fréquences de rotation, la somme algébrique $Z_A + Z_B$, issue de l'équation de résultante traduisant l'équilibre du solide 2 en projection sur l'axe \vec{z} , sont précisées dans le tableau suivant :

Phases d'utilisation	Durée (s)	Utilisation (%)	Fréquence (tr/min)	Fr_A (N)	Fr_B (N)	$Z_A + Z_B$ (N)
Roulage avant décollage	240	4,3	3300	437	766	-142
Décollage Montée Croisière	4860	87,6	6000	841	1475	-273
Descente Atterrissage	270	4,9	3900	1173	1903	-240
Roulage après atterrissage	180	3,2	3600	1217	1843	-130

$Fr_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ et $Fr_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$ sont les efforts radiaux transmis par chaque roulement.

Une étude de dimensionnement utilisant les critères de résistance en contrainte, de déplacement maximal et de puissance massique maximale a permis de définir un diamètre de 50 mm pour les deux roulements.

La durée de vie souhaitée est de 10000 heures. Ce composant, destiné à l'aéronautique nécessite une fiabilité de 99% ce qui correspond à adopter un coefficient de sécurité de 5 pour la durée de vie.

• 1^{er} cas d'étude

La liaison pivot est réalisée par un roulement rigide à billes et un roulement à rouleaux cylindriques.

- Précisez en justifiant l'implantation de ces roulements.
- Choisissez en expliquant clairement votre démarche des roulements à partir des documentations et notices fournis par les fabricants.

• 2^{ème} cas d'étude

La liaison pivot est réalisée par deux roulements à billes à contact oblique (série B ou BE, angle de contact 40°).

- Précisez le type de montage adopté pour cette liaison en décrivant les différents critères envisagés.

- b) Schématisez le montage adopté.
- c) Choisissez des roulements à partir des documentations et notices fournis par les fabricants.

- **Conclusion**

Dressez un bilan des deux cas d'étude. Que conclure à la suite de l'étude de ces montages ? Expliquez clairement votre choix en précisant par ordre de prépondérance les critères de choix retenus.

3.2. Partie II : Etude de l'avant projet

Les roulements doivent supporter les vitesses de rotation imposées, une majoration de 15% de ces vitesses limites admissibles est autorisée compte tenu du type de lubrification.

Les roulements placés en A et en B sont ceux choisis à partir de l'étude précédente. Une autre étude a été menée pour le choix des roulements en D et E :

- En D : roulement à billes à 4 points de contact, diamètre intérieur de 50 mm, diamètre extérieur de 90 mm.
- En E : roulement à galets cylindriques, avec le même diamètre intérieur et une charge dynamique de base minimum de 84200N.

3.3. Réaliser l'avant projet du renvoi conique à l'aide de SolidWorks en définissant :

- Les liaisons pivots en respect des prescriptions fonctionnelles.
- Le type de roulement et leurs références pour chaque arbre.
- Les liaisons entre chaque composant mécanique.
- Les carters et boîtiers de roulements.
- Les spécifications fonctionnelles utiles au bon fonctionnement de l'ensemble.