

ETUDE DU ROTOR ARRIERE D'UN HELICOPTERE DAUPHIN



Figure 1 – Photo Eurocopter

A - Cahier des Charges Fonctionnel (Extraits)

A.1 - Présentation du problème

A.1.1 - Le contexte

Parmi les appareils que conçoit et commercialise le groupe Eurocopter, le Dauphin 365 est un des produits phares intervenant à la fois dans le domaine civil et militaire. Equipé de deux moteurs de type TURBOMECA ARRIEL 2C développant une puissance maximale de 717 kW chacun, cet appareil peut atteindre la vitesse maximale de 287 km/h et emporter jusqu'à 4300 kg de chargement, pour des missions très variées en conditions climatiques parfois sévères.

Le fonctionnement de l'appareil s'appuie sur un rotor principal quadri-pale et un rotor de queue caréné de type FENESTRON® présentant 10 pales. L'ensemble est alimenté par le bloc moteur par l'intermédiaire d'un étage sortie-moteur et d'arbres de transmission, qui transmettent la puissance à la boîte de transmission principale (BTP) et à la boîte de transmission arrière (BTA), comme indiqué sur la **Figure 2**.

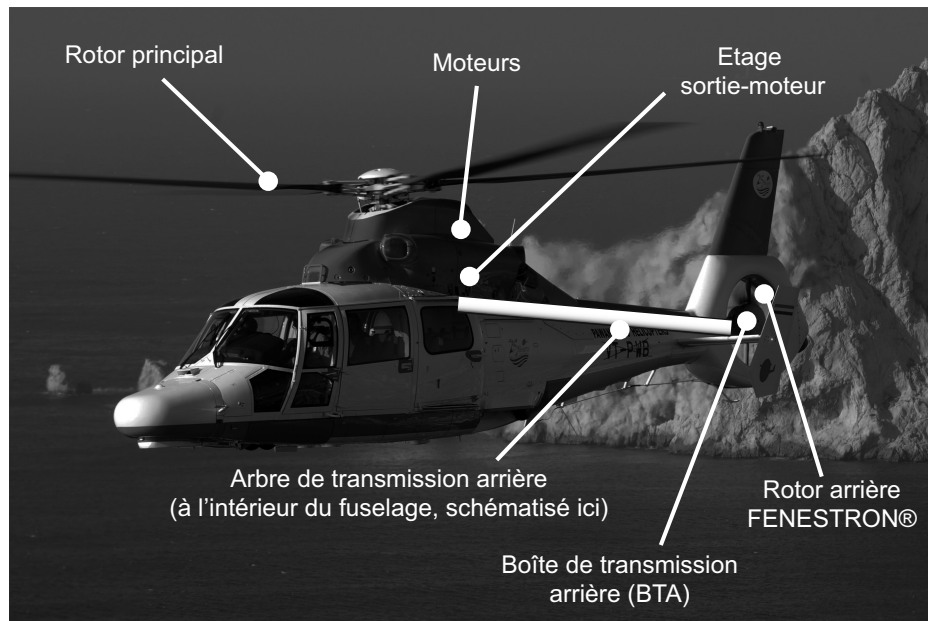


Figure 2 – Eléments de la transmission de puissance dans l'hélicoptère

A.1.2 - Le produit à concevoir

Le support de l'étude est constitué de la boîte de transmission arrière (BTA) et du rotor arrière. En vol stationnaire, la fonction du rotor arrière est de créer un effort latéral en bout de queue permettant de compenser le moment dû aux forces de traînée dans le rotor principal.

Pour simplifier l'explication, on ne s'intéresse qu'au cas d'un vol stationnaire de l'appareil, sans vent extérieur, représenté sur la Figure 3. Dans ce cas, la résultante de ces efforts de portance \vec{F}_{pi} sur les pales du rotor principal est une force de sustentation s'opposant au poids de l'appareil. Les forces de traînée \vec{F}_{ti} sont de résultante nulle, mais créent un moment autour de l'axe vertical de l'appareil. Afin d'éviter que ce moment n'entraîne l'appareil en rotation, le rotor de queue crée, du fait des forces de portance sur ses propres pales, un effort \vec{F}_{ra} contrant le moment du rotor principal.

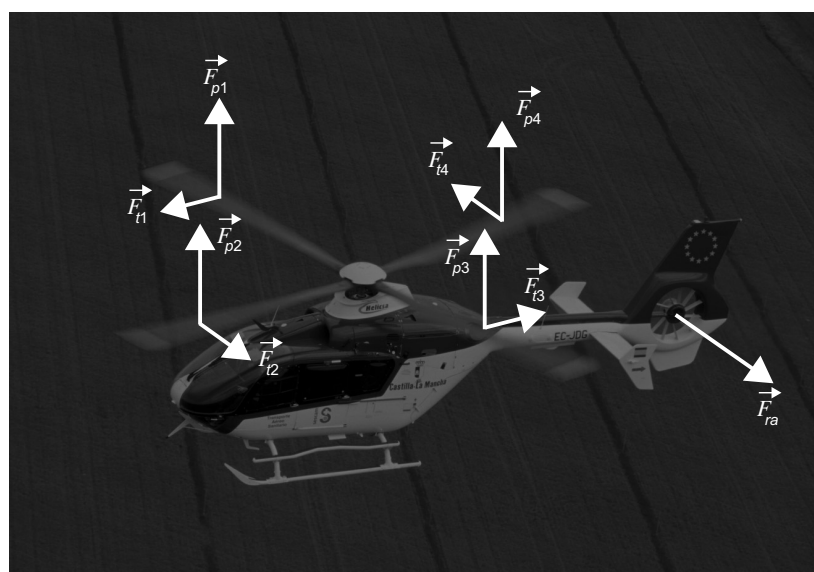


Figure 3 – Forces aérodynamiques sur le rotor principal et rôle du rotor de queue

C.3 - Dessin d'étude de construction mécanique

C.3.1 - Présentation du support de travail

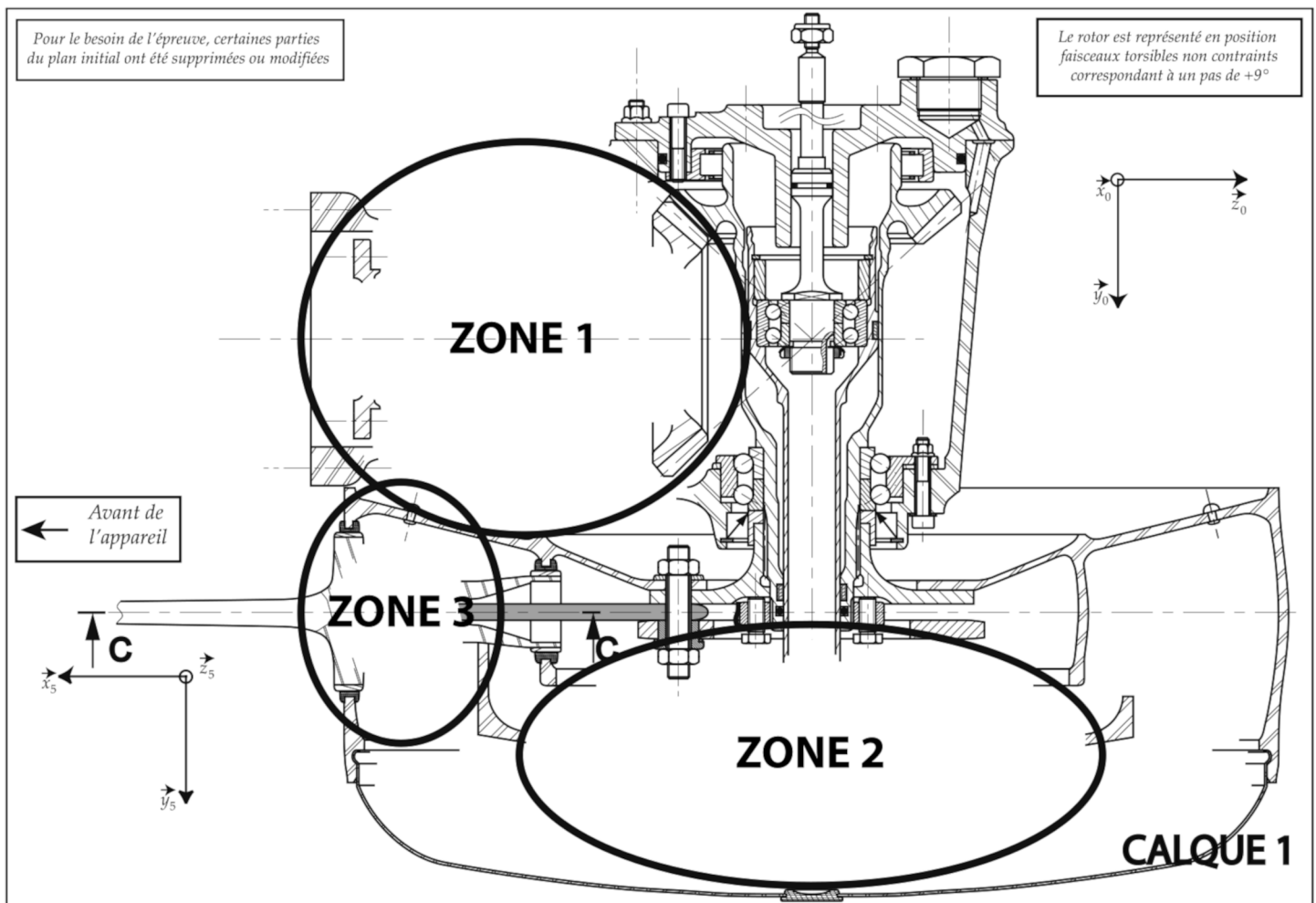
Consignes spécifiques

Pour cette partie de l'étude, il est demandé de compléter le **calque 1** fourni avec le sujet.

La **zone 1** du **calque 1** est destinée à la conception du guidage en rotation de l'arbre d'entrée **7** de la BTA par rapport au carter **1** (C.3.3) Echelle 3:4.

La **zone 2** du **calque 1** est destinée à la conception de l'encastrement entre l'axe de commande **6** et le plateau de commande de pas **27** (C.3.4) Echelle 3:4.

La **zone 3** du **calque 1** est destinée à la conception de la liaison entre le pied de la pale **20** et le faisceau **29** (C.3.5) Echelle 3:4.



C.3.2 - Consignes spécifiques aux travaux graphiques

Les dessins sont à exécuter aux instruments, avec pour l'essentiel mise au net au crayon respectant les épaisseurs de traits normalisées et les exigences d'une bonne lisibilité ; seuls les axes et les écritures seront tracés à l'encre noire. Les tracés de couleur ne sont pas admis. Les normes AFNOR seront respectées.

Les principales conditions fonctionnelles relatives aux liaisons représentées seront clairement indiquées en respectant les règles normalisées AFNOR.

Les éléments normalisés dessinés par le candidat autres que ceux fournis dans le sujet, seront dessinés approximativement en respectant au mieux leurs proportions.

C.3.3 - Conception du guidage en rotation de l'arbre d'entrée

Il s'agit ici de concevoir le guidage en rotation de l'arbre d'entrée **7** de la BTA par rapport au bâti **1**. On envisage une solution de type guidage par roulements à rouleaux coniques montés en « O ». Les caractéristiques des roulements sont celles rappelées au **Tableau 1** page D 8/11. En particulier le **Document 10** page D 8/11 donne une représentation de ces roulements à l'échelle du **calque 1** (3:4).

Données :

Toutes les pièces ou parties de pièces déjà représentées ne doivent pas être modifiées. L'accouplement avec l'arbre d'entraînement en amont de l'arbre d'entrée **7** ne sera pas traité.

Position de représentation :

Le mécanisme sera dessiné dans la position suivante : vue en coupe de la BTA passant par le plan contenant les axes des deux pignons coniques **7** et **5** définie **zone 1** du **calque 1**.

Q38 *Inscrire votre réponse dans la zone 1 du calque 1 de format A3.*

Dessiner aux instruments, sur la vue prédéfinie, vos propositions de solutions pour répondre aux spécifications demandées par le constructeur :

- **Guidage en rotation de l'arbre d'entrée 7 par rapport au bâti 1 à l'aide des deux roulements dont les caractéristiques sont données dans le tableau 1 page D 8/11.**
- **Réglage (au montage) de la position axiale du pignon conique : pour cela le carter sera réalisé en deux parties encastrées l'une à l'autre.**
- **Lubrification des éléments roulants et étanchéité vis-à-vis du milieu extérieur.**
- **Réduction de la masse embarquée.**

C.3.4 - Conception de l'encastrement entre l'axe de commande 6 et le plateau de commande de pas 27

Il s'agit ici de concevoir la liaison encastrement entre l'axe de commande 6 et le plateau de commande de pas 27. Compte tenu des efforts transmis, une étude préalable a permis de retenir le principe d'une solution par emmanchement conique.

Données :

Toutes les pièces ou parties de pièces déjà représentées ne doivent pas être modifiées. Le plateau de commande est moulé en alliage d'aluminium, l'axe de commande est en acier.

Position de représentation :

Le mécanisme sera dessiné dans la position suivante : vue en coupe du rotor de queue dans le plan horizontal de l'hélicoptère définie **zone 2** du **calque 1**.

Q39 *Inscrire votre réponse dans la **zone 2** du **calque 1** de format A3.*

Dessiner aux instruments, sur la vue prédéfinie, vos propositions de solutions pour répondre aux spécifications demandées par le constructeur:

- Solution par emmanchement conique pour transmettre les efforts entre l'axe de commande 6 et le plateau de commande 27.***
- Possibilité de réglage (au montage) de la position axiale du plateau de commande 27 par rapport à l'axe de commande 6.***
- Réduction de la masse embarquée.***

C.3.5 - Conception de la liaison entre le pied de la pale 20 et le faisceau 29

Il s'agit ici de concevoir la liaison entre le pied de la pale 20 et le faisceau flexible 29. Compte tenu des matériaux de la pale et du faisceau (composite), ceux-ci ne peuvent pas être filetés. Seuls des perçages peuvent être réalisés. Le principe retenu pour la liaison est celui d'un entraînement par adhérence, assuré par boulons, à l'image de celui proposé pour la liaison entre le faisceau et l'axe rotor.

Données :

Toutes les pièces ou parties de pièces déjà représentées ne doivent pas être modifiées. Le faisceau et la pale sont en matériau composite stratifié.

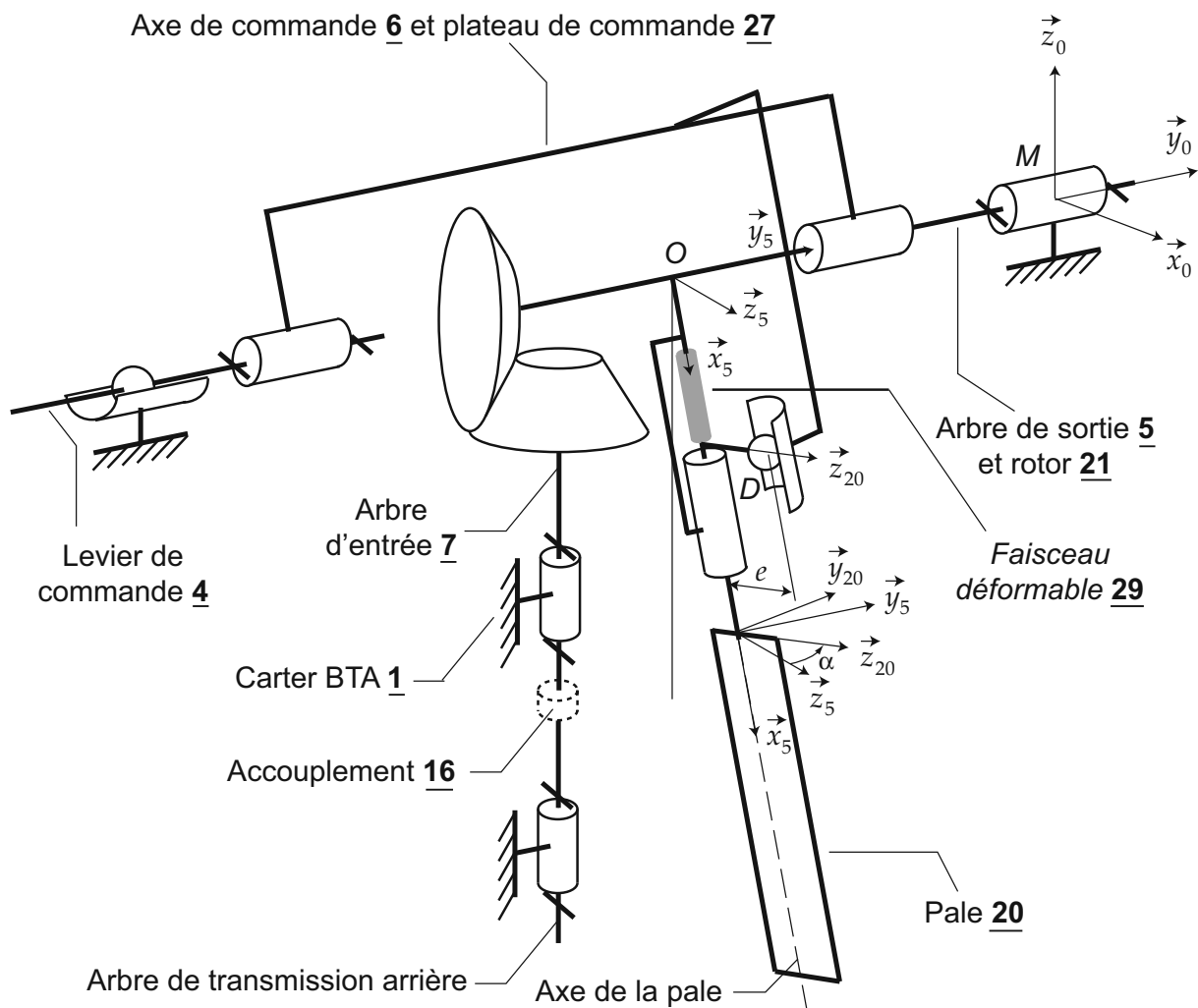
Positions de représentation :

Le mécanisme sera dessiné dans les positions suivantes : vue en coupe du rotor arrière dans le plan horizontal de l'hélicoptère définie **zone 3** du **calque 1**.

Q40 *Inscrire votre réponse dans la zones 3 du calque 1 de format A3.*

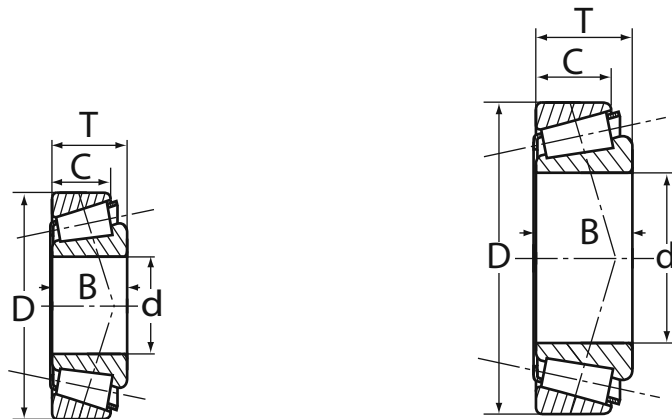
Dessiner aux instruments, sur les deux vues prédéfinies, vos propositions de solutions pour répondre aux spécifications demandées par le constructeur :

- Liaison entre le pied de la pale et le faisceau***
- Réduction de la masse embarquée.***



Ce schéma cinématique comprend une pièce déformable, le faisceau 29, et présente les bases associées aux pièces. La base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est liée au fuselage-bâti, la base $(\vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$ est liée à l'axe rotor, la base $(\vec{x}_{20}, \vec{y}_{20}, \vec{z}_{20})$ est liée à la pale.

Document 1 – Modélisation simplifiée de la BTA.



Document 10 – Dessin des roulements à rouleaux coniques E (à gauche) et F (à droite) à l'échelle du calque 1 format A3 (échelle 3:4) respectant les caractéristiques données au Tableau 1.

Caractéristiques	d (mm)	D (mm)	T (mm)	C (kN)	C_0 (kN)	e	Y
Roulement E	17	40	13,25	8	7	0,35	1,7
Roulement F	30	55	17	30	45	0,43	1,4

Rappel : si $\frac{F_Z}{F_R} > e$ alors la charge équivalente vaut $P = 0,4F_R + Y.F_Z$; si $\frac{F_Z}{F_R} < e$ alors la charge équivalente vaut $P = F_R$.

Tableau 1 – Caractéristiques des roulements à rouleaux coniques retenus : d diamètre intérieur, D diamètre extérieur, T largeur totale, C charge statique de base, C_0 charge dynamique de base.

Numéro	Nombre	Désignation	Matériau
1	1	Carter	Alliage d'aluminium
2	1	Boîtier d'entrée BTA	Alliage d'aluminium
3	1	Couvercle	Alliage d'aluminium
4	1	Levier de commande de pas	Acier
5	1	Arbre de sortie BTA (Z=35)	Acier
6	1	Axe de commande de pas	Acier
7	1	Arbre d'entrée BTA (Z=32)	Acier
8		Vis	Acier
9	1	Joint torique	
10	1	Roulement à rouleaux cylindriques	
11	1	Roulement à deux rangées de billes	
12	1	Roulement à deux rangées de billes	
13	1	Joint à lèvre	
14		Vis (non représentée)	Acier
15		Vis	Acier
16	1	Joint d'accouplement avec arbre de transmission arrière	
17	1	Bouchon	
20	10	Pale	Composite
21	1	Rotor	Alliage d'aluminium
22	10	Rondelle	Acier
23	10	Axe	Acier
24	1	Pièce de liaison BTA/rotor	Acier
25	1	Anneau élastique	Acier
26	10	Bague de guidage	
27	1	Plateau de commande	Alliage d'aluminium
28	10	Bague de guidage	
29	10	Faisceau déformable	Composite
30	1	Carénage	
31	1	Pièce de fixation	Acier
32	1	Ecrou	Acier
33		Vis de blocage	Acier
34	10	Ecrou	Acier
35	10	Bague	Acier
40	10	Rondelle	Acier
41	10	Vis	Acier
42	10	Entretoise	Acier
43	10	Rondelle	Acier
44	10	Ecrou	Acier
45	10	Rotule	Acier

Tableau 3 – Nomenclature