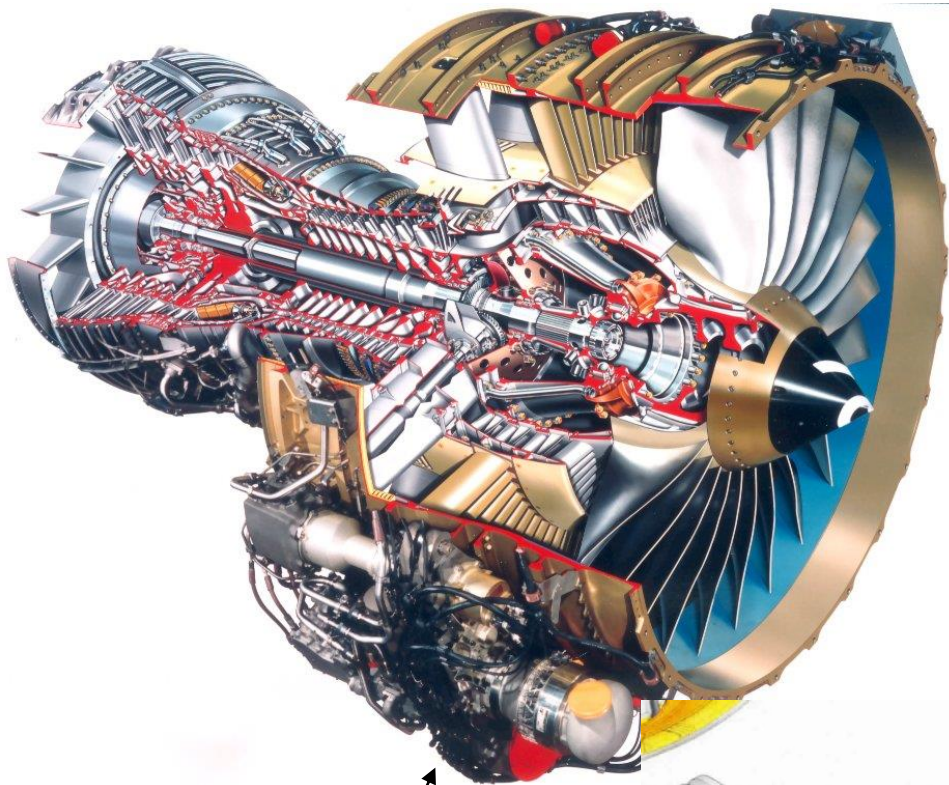
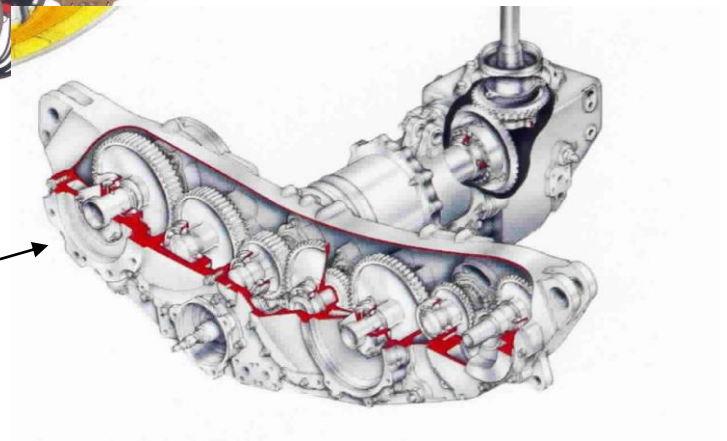


BOITIER D'ACCESSOIRES POUR REACTEUR D'AVION



BOITIER D'ACCESSOIRES



Présentation du contexte de l'étude

En aéronautique, le besoin énergétique est important outre la propulsion, les énergies dites de servitudes sont indispensables car elles permettent d'assurer les performances de l'appareil, la sécurité du transport et le confort des passagers.

Pour les avions de taille importante, la seule force de l'homme ne suffit pas pour réaliser ces actions, d'autres sources d'énergies sont donc indispensables.

Il faut, par exemple, actionner les commandes de vol pour diriger l'avion ou mettre en place le train d'atterrissage ou l'escamoter pendant le vol. Ensuite, il faut assurer l'alimentation de tous les équipements électroniques nécessaires à la navigation, les instruments de contrôle, les systèmes de pressurisation, de climatisation et d'éclairage de la cabine. Enfin, pour le confort des passagers, il est nécessaire de proposer des systèmes audio-visuels et les appareils nécessaires à la restauration des passagers qui requièrent également une énergie conséquente.

Tous ces systèmes embarqués imposent le recours à différents types de sources d'énergies, hydraulique, électrique et pneumatique.

La génération de ces différentes énergies est réalisée grâce à l'adjonction, aux moteurs, d'un certain nombre d'accessoires.

Le « Boîtier d'accessoires » appelé également « Relais d'accessoires »

Pour assurer le contrôle et la commande de l'avion, il faut produire de l'énergie électrique et de l'énergie hydraulique. Ces énergies sont générées à partir de l'énergie mécanique du réacteur par des pompes hydrauliques, des pompes de carburant, par une génératrice ou un alternateur.

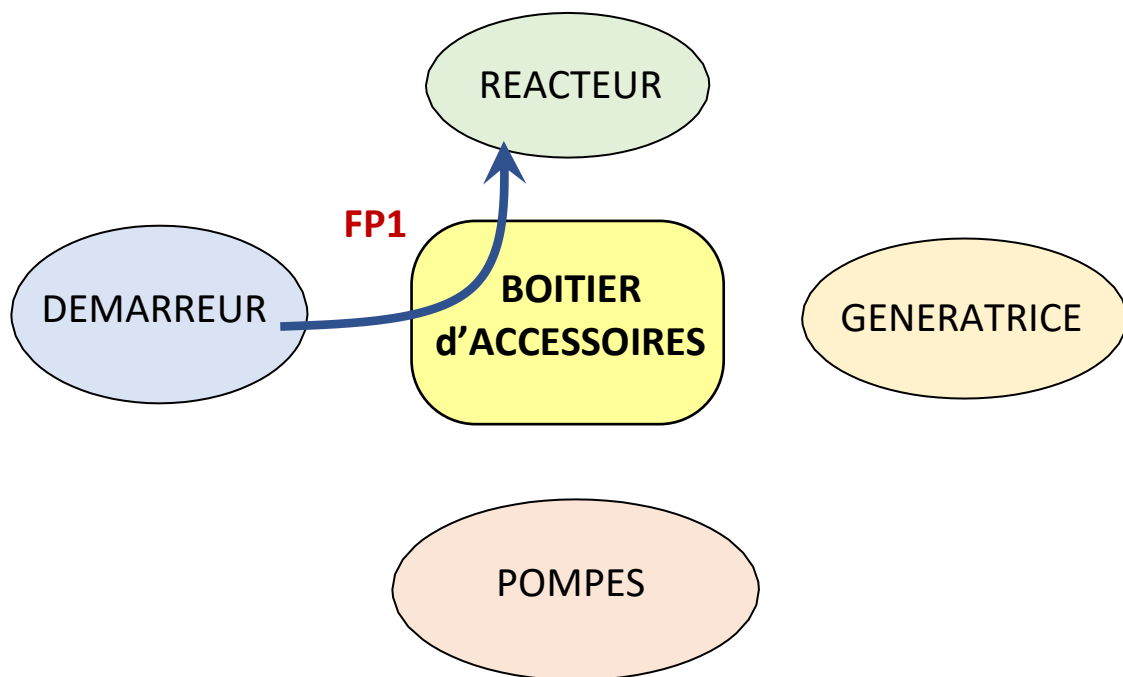
Pour démarrer un réacteur d'avion, il est le plus souvent fait appel à un démarreur pneumatique à turbine. Son alimentation en air comprimé est obtenue soit à partir d'un groupe de parc lorsque l'appareil est au sol, soit un groupe auxiliaire embarqué ou encore à partir d'un autre réacteur en fonctionnement sur un avion multi moteurs.

Tous ces accessoires sont montés sur un boîtier (ou relais) d'accessoires qui assure les fonctions suivantes (voir également le diagramme sur la page suivante) :

- Transmettre du démarreur au réacteur la puissance et la vitesse nécessaires et suffisantes au démarrage du réacteur (**FP1**).
- Transmettre du réacteur vers la pompe la puissance et la vitesse nécessaires et suffisantes à l'alimentation du circuit hydraulique (**FP2**).
- Transmettre du réacteur vers la génératrice la puissance et la vitesse nécessaires et suffisantes à l'alimentation du circuit électrique (**FP3**).

Phase « démarrage »

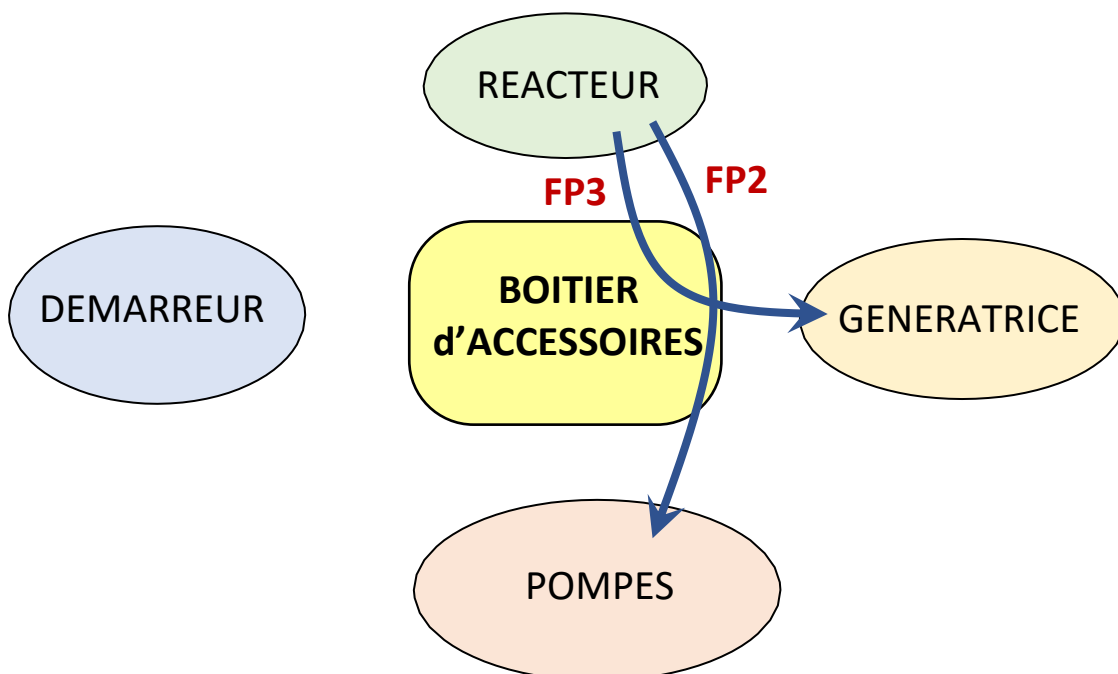
FP1 : Lancer le réacteur jusqu'à sa phase d'allumage



Phase « nominale » ou de fonctionnement normal

FP2 : Entraîner la pompe à la vitesse de fonctionnement nominal

FP3 : Entraîner la génératrice à la vitesse de fonctionnement nominal



BUT DE L'ÉTUDE

Concevoir un prototype d'un boîtier d'accessoires pour l'entraînement d'une génératrice, d'un démarreur et de 2 pompes hydrauliques en respectant les étapes suivantes :

- ✓ Etablir le schéma cinématique en fonction d'une configuration imposée.
- ✓ Valider une solution respectant les éléments du cahier des charges.
- ✓ Dimensionner complètement une partie de la chaîne de transmission de puissance (arbres, cannelures, roulements et pignons).

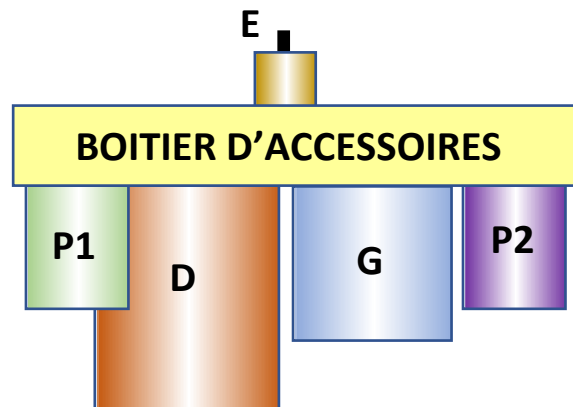
CONFIGURATION DU BOÎTIER d'ACCESSOIRES à CONCEVOIR

Le relais à concevoir supportera 4 accessoires entraînés par le réacteur par l'entrée notée E :

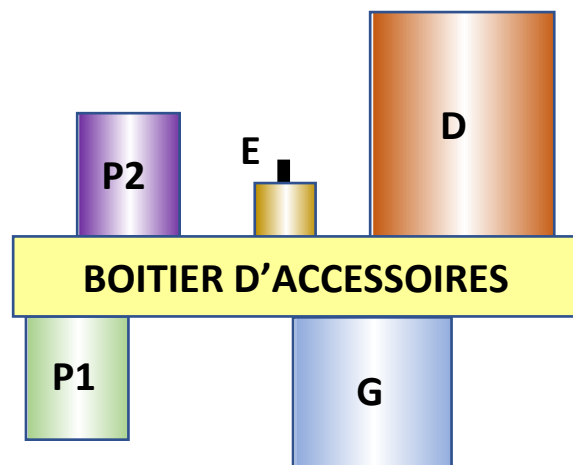
- Une pompe hydraulique, notée P1,
- Une pompe à carburant, notée P2,
- Une génératrice, notée G
- Un démarreur, noté D

L'architecture est à arbres parallèles à l'axe du réacteur, les éléments étant distribués selon deux architectures différentes.

Architecture n°1



Architecture n°2



Les schémas ci-dessus n'imposent pas l'ordre des éléments, mais leur répartition, c'est-à-dire, tous les accessoires du même côté ou répartis à raison de 2 accessoires par côté.

Pour l'architecture 2, une enveloppe cylindrique de diamètre 100 mm doit rester libre autour de l'arbre d'entrée E.

Le relais d'accessoires a la forme d'une « banane » afin d'épouser au mieux le profil du réacteur de rayon extérieur 0,8 m.

Les différentes configurations retenues sont :

Configurations	Architecture	Démarreur	Génératrice	Pompe 1	Pompe 2
A1 et A2	1 ou 2	D1	G1	P4	P5
B1 et B2	1 ou 2	D2	G2	P1	P4
C1 et C2	1 ou 2	D3	G3	P2	P4
D1 et D2	1 ou 2	D4	G4	P3	P4
E1 et E2	1 ou 2	D5	G5	P2	P3

Pour chaque configuration, l'encombrement devra être optimisé sous la contrainte des dimensions extérieures des quatre accessoires.

CARACTERISTIQUES DEMANDÉES ET CONTRAINTES IMPOSÉES

Vitesses d'entrées et de sorties des accessoires (voir annexes 1 à 3)

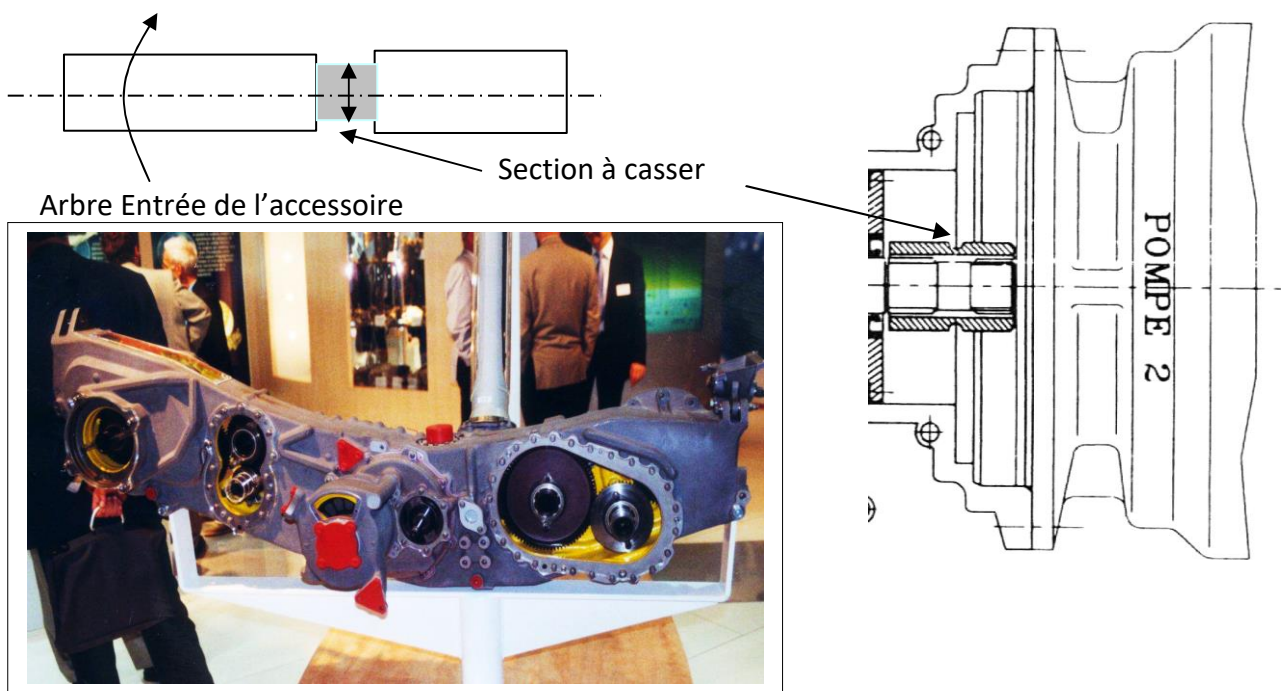
Les vitesses des accessoires à entraîner sont données dans les annexes 1 à 3.

La vitesse de rotation de l'entrée du boîtier d'accessoires est imposée par la vitesse de rotation du réacteur. Elle est de 9000 tr/min dans le sens inverse horaire (SIH).

Sécurité pour tous les accessoires :

Les arbres d'entrées et de sorties sont reliés au mécanisme interne par des sections à casser, appelé également « limiteur de couple à rupture ».

Pour le dimensionnement, on prendra le couple de rupture des sections à casser égal à 2 fois le couple nominal de l'accessoire considéré.



En cas de rupture d'un arbre et afin d'éviter la détérioration de l'ensemble, il faudra prévoir le maintien en place des deux parties cassées.

Sécurité supplémentaire pour le démarreur :

Après le lancement du réacteur un débrayage doit intervenir. Il s'effectuera au quart de la vitesse nominale de l'arbre d'entrée relié au réacteur et à la puissance maximale du démarreur.

Ce système de débrayage ne fait pas partie de l'étude.

Les liaisons des accessoires :

Les puissances seront transmises par des solutions à cannelures. Les accessoires étant des appareils spécifiques, les sorties d'arbres cannelés seront déterminées selon les besoins.

Les carters des accessoires seront fixés sur le boîtier par des liaisons appui plan + centrage court.

Contraintes techniques générales :

- ☑ Les engrenages sont cylindriques à dentures droites,
- ☑ Diamètre maxi de pignons : **150 mm**, nombre de dents mini des pignons : **13 dents**,
- ☑ Module mini des roues dentées : **1 mm**,
- ☑ Coefficient de largeur de denture : $k = 10 = \frac{b}{m_o}$
- ☑ Respect des vitesses à **± 5% près**.
- ☑ Coefficient de sécurité **$S_F = 2$** pour le dimensionnement des arbres.
- ☑ Les parties du carter du prototype sont en alliage léger,
- ☑ Les pignons en acier trempé, cémenté ou nitruré (voir liste ci-dessous).
- ☑ Les roulements auront une durée de vie minimale de **2000 heures** de vol.
- ☑ Les matériaux retenus pour des arbres de transmission sont donnés sur l'**annexe 4**.

Matériaux retenus pour les pignons, les roues dentées :

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------|
| ■ 30 CrNiMo 8 nitruré : | Rm = 1250 MPa ; Re = 1050 MPa ; | E = 206 GPa. |
| ■ 34 CrMo 4 : | Rm = 1000 MPa ; Re = 800 MPa ; | E = 206 GPa. |
| ■ 42 CrMo 4 trempé : | Rm = 1100 MPa ; Re = 900 MPa ; | E = 206 GPa. |
| ■ 18 CrNiMo 7-6 cémenté : | Rm = 1200 MPa ; Re = 850 MPa ; | E = 206 GPa. |

TRAVAIL DEMANDÉ

PHASE I :

Il est demandé de proposer un schéma cinématique de la transmission en précisant les diamètres primitifs des pignons tout en respectant :

- La configuration imposée et les contraintes citées,
- Les rapports de transmission par engrenage compris entre 1 et 2,
- Sens de rotation (SH, SIH),
- Les contraintes de dimensionnement des pignons ($D_a < 150$ mm) afin d'optimiser la masse et l'encombrement du boîtier.

PHASE II:

Il est demandé d'effectuer le calcul d'avant-projet de l'arbre d'entrée, c'est à dire le dimensionnement :

- Des **engrenages** aux critères de vitesses et de résistance,
- Des **roulements** au critère de durée de vie ,
- Des **cannelures** selon la méthode normalisée ,
- Des **arbres de transmission** au critère de résistance.

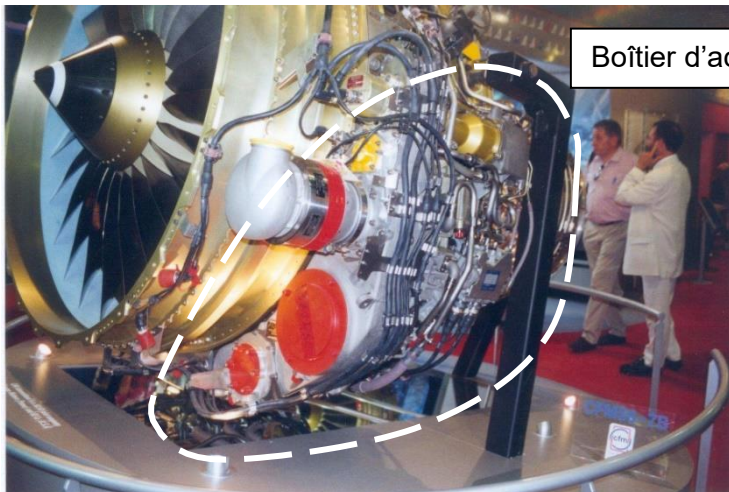
Le résumé de ces calculs est à rendre sous forme d'une notice de calculs au format PDF.

PHASE III:

Proposer une conception sur feuille de l'arbre d'entrée répondant aux calculs de phase II. On fera une coupe longitudinale de l'arbre d'entrée. On précisera les ajustements.

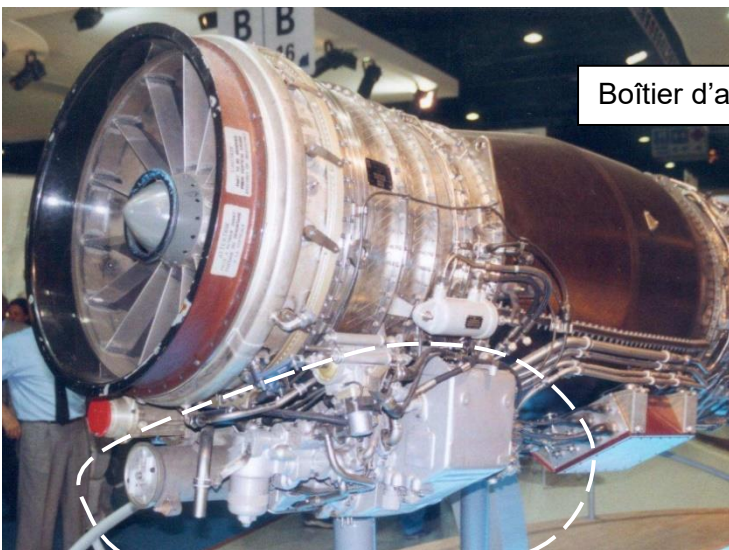
PHASE IV :

Sur le logiciel **SolidWorks**, créer les différentes pièces puis réaliser l'assemblage de votre conception de l'arbre d'entrée du boîtier d'accessoires.



Boîtier d'accessoires du moteur SNECMA CFM

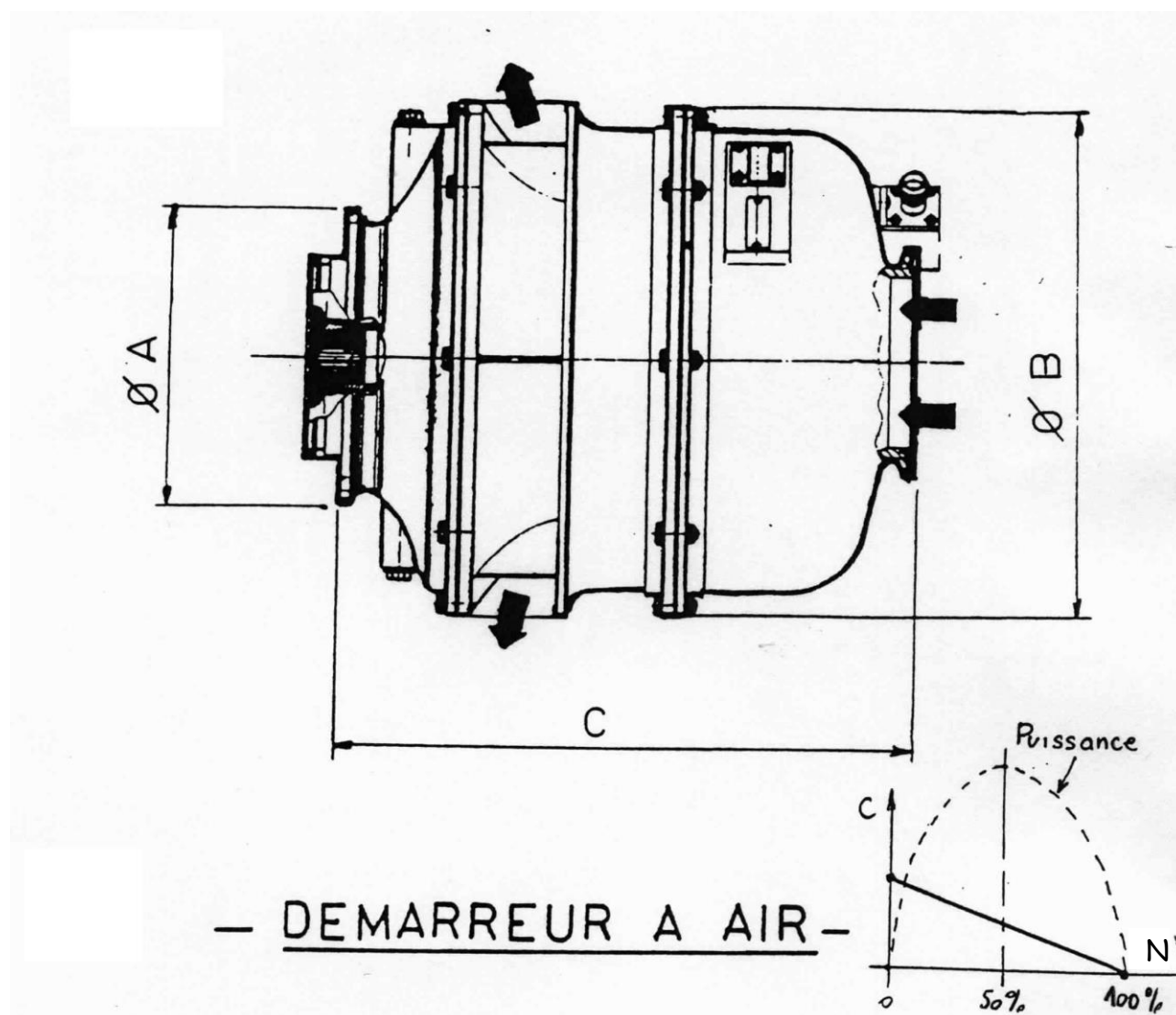
sur BOEING et AIRBUS



Boîtier d'accessoires du moteur SNECMA M88

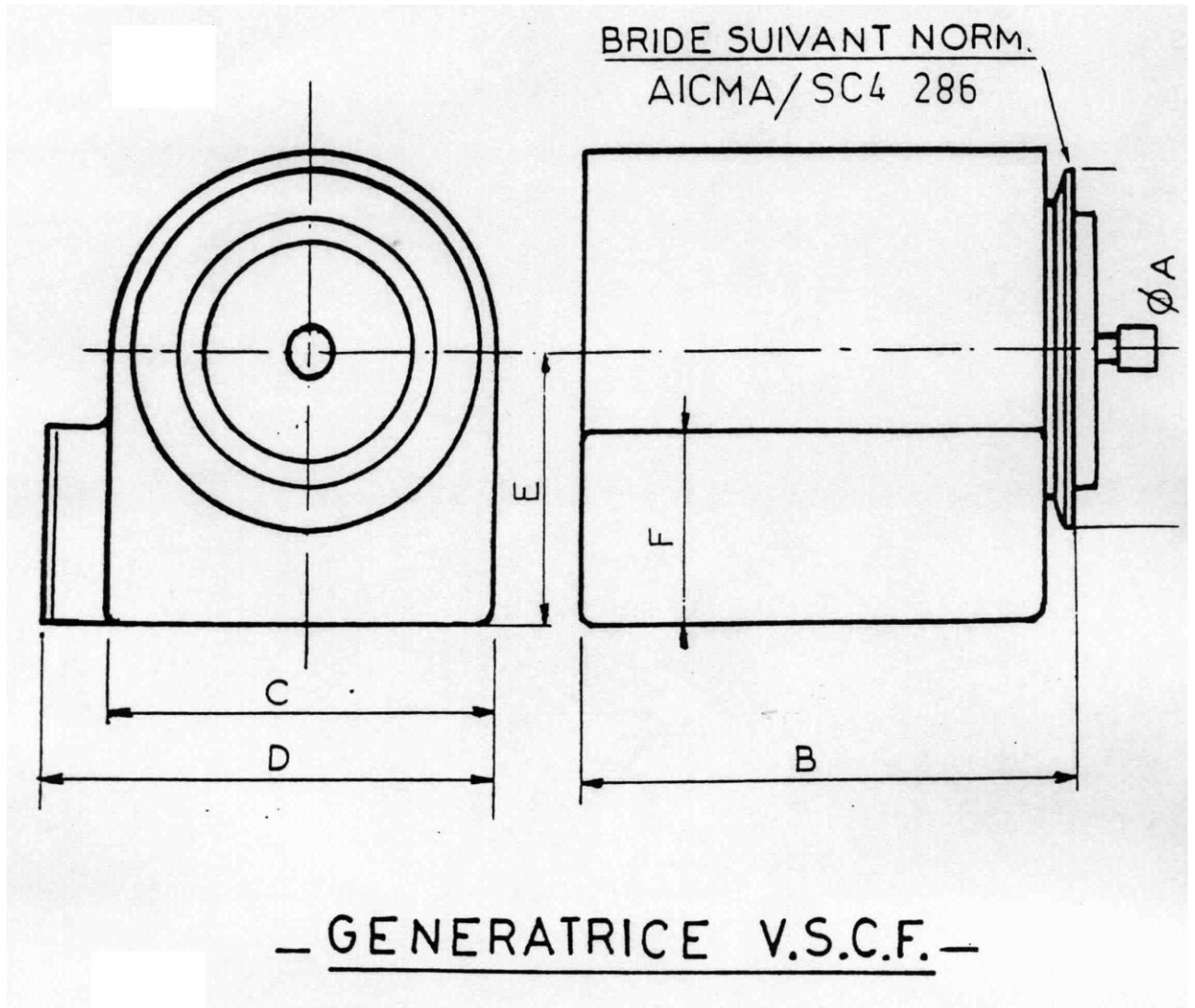
sur avion RAFALE

Annexe 1 : Démarreur pneumatique



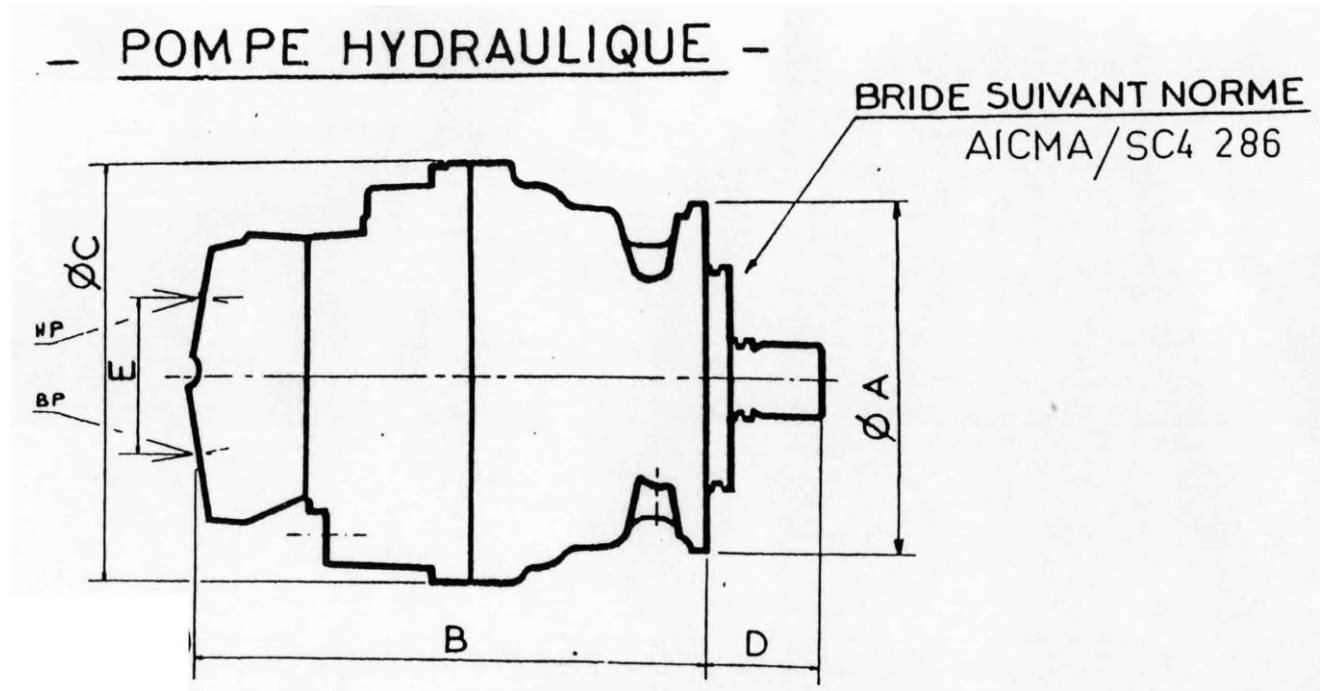
Réf.	ØA	ØB	C	Vitesse à couple nul en tr/min	Puissance maximale en kW	Sens de rotation
D1	112	167	253	11000	28	SH
D2	125	182	295	10000	40	SIH
D3	140	205	330	9500	42	SH
D4	160	253	357	8700	45	SIH
D5	180	287	385	8000	50	SH

Annexe 2 : Génératrice électrique



Réf.	ØA	B	C	D	E	F	Puissance kW	Vitesse tr/min
G1	140	207	162	185	94	75	20	18850
G2	160	247	180	215	118	95	30	21650
G3	200	378	244	305	172	145	45	25750
G4	224	420	263	327	187	158	60	27300
G5	250	450	285	343	195	171	75	28650

Annexe 3 : Pompe hydraulique



Réf.	Vitesse nominale tr/min	Cylindrée cm ³ /tr	Débit nominal l/min	Pression maxi (bars)	Masse kg	$\varnothing A$	B	$\varnothing C$	D	E
P1	7000	2,7	19	250	2,2	112	145	100	25	40
P2	5800	27	157	210	7,2	140	178	152	76	45
P3	3750	52,5	197	190	8,5	160	170	165	51	61
P4	3685	16,3	60	170	7,7	125	195	148	30	52
P5	2800	4,3	12	200	3,8	100	156	114	29	45

Le rendement mécanique de ces pompes est pris égal à 0,9

Annexe 4 : Matériaux des arbres de transmissions

Nuances normalisées		Module d'élasticité E	Coefficient de Poisson ν	Masse volumique ρ	Résistance à la rupture à la traction Rr	Limite élastique à la traction Re
		(MPa)		(Kg/m ³)	(MPa)	(MPa)
Aciers et Fontes :	Aciers d'usage général - structures minces (tôles et profilés)					
	S 235	205000	0,3	7800	340	235
	S 335	205000	0,3	7800	490	355
	Aciers de construction mécanique					
	E 295	205000	0,3	7800	470	295
	S 355	205000	0,3	7800	490	355
	Aciers faiblement alliés (aucun élément d'addition ne dépasse 5% en masse)					
	34 Cr Mo 4	205000	0,3	7800	700 à 1100	450 à 750
	36 Ni Cr Mo 16	205000	0,3	7800	1000 à 1750	800 à 1250
	Aciers fortement alliés (acier inoxydable)					
	X 2 Cr Ni 19-11	205000	0,3	7800	440 à 640	185
	Fonte à graphite sphéroïdal					
	FGS 400-15	165000	0,3	7200	400	250
Métaux non ferreux :	Alliages d'aluminium					
	EN AW - 2017	70000	0,3	2800	470	295
	A - S13	70000	0,3	2800	250	100
	A - G 6	70000	0,3	2800	180	100
	Alliages de cuivre					
		125000	0,3	8800	470	295
	Alliages de titane					
	T - A 6 V	105000	0,3	4400	1250	1110
	Alliages de magnésium					
	G - A 9 Z	44000	0,3	1800	170	90