

DOSSIER SUJET

Moteur GP 7200 pour l'airbus A380

On considérera que l'étude de cas qui suit est réalisée pendant la période de développement de l'avion avant sa certification.

La problématique :

À l'atterrissage d'un vol d'essai, pendant la phase de freinage, le pilote a constaté de fortes vibrations en fin de phase d'utilisation des inverseurs de poussée ainsi qu'un temps de sortie des reverses trop long.

Certains avions de ligne sont équipés de réacteurs, leur configuration aérodynamique est optimisée pour une vitesse de croisière de 800 à 900 Km/h. Leur vitesse d'atterrissage étant assez élevée (250 km/h), ils disposent de trois dispositifs pour ralentir l'avion sur la piste : les freins mécaniques dans les roues, les spoilers sur la voilure et les inverseurs de poussée sur les réacteurs. L'étude portera sur un airbus A380 équipé de propulseurs GP 7200.

Les freins mécaniques:

Leur fonctionnement repose sur la dissipation de l'énergie cinétique en énergie thermique, c'est un système à dissipation de chaleur.

Les spoilers :

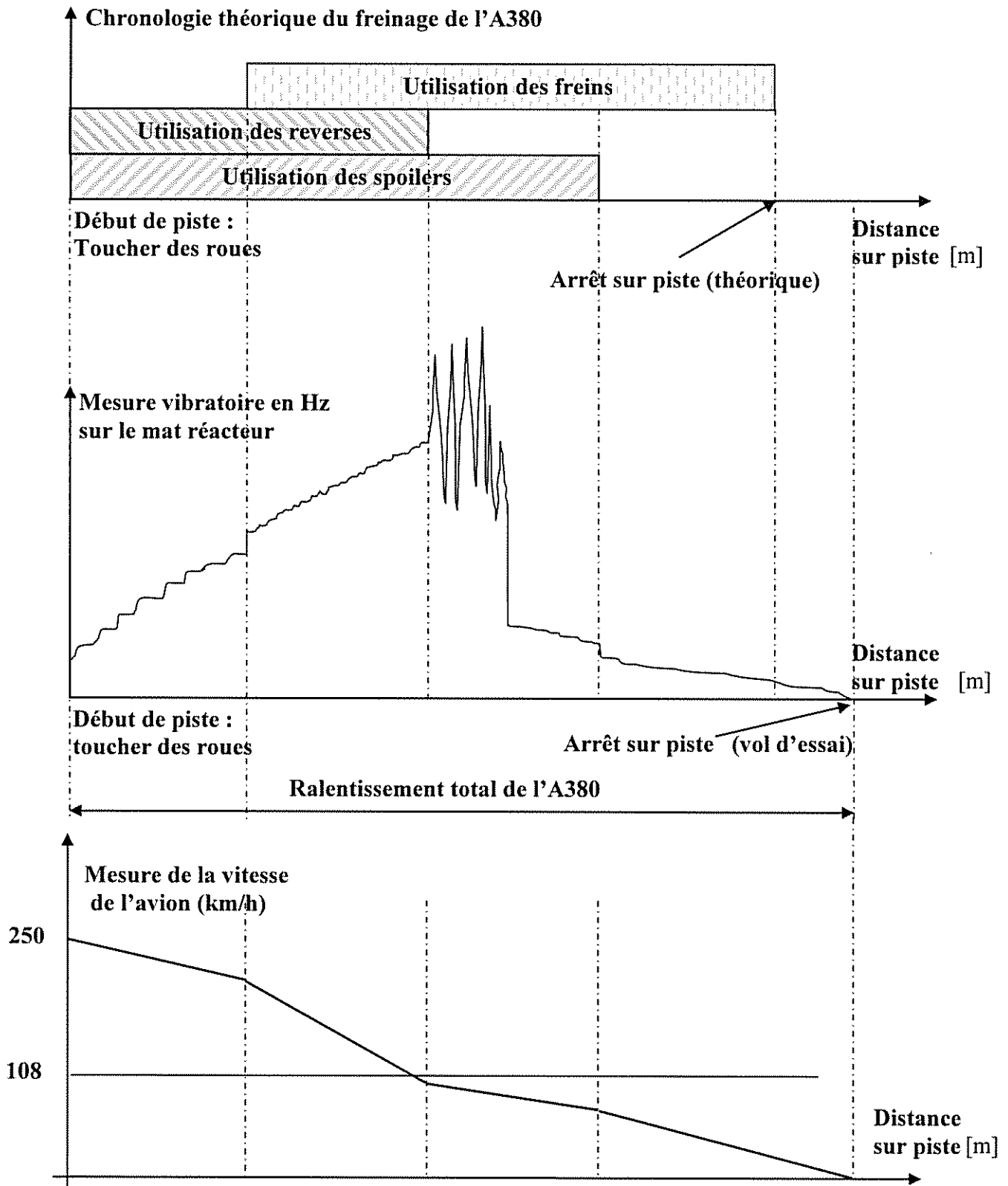
C'est un dispositif générateur de turbulences aérodynamiques servant à augmenter la traînée et à diminuer la portance.

Les inverseurs de poussée :

Une fois que l'avion est au sol après le toucher des roues, on déploie les inverseurs tout en augmentant le régime du moteur pour recréer de la poussée qui sera dirigée vers l'avant et ralentira l'avion. Toutefois, il est recommandé de ne pas utiliser les inverseurs de poussée à une vitesse inférieure à 60 nœuds (108 km/h) (Risque de pompage du générateur de gaz).

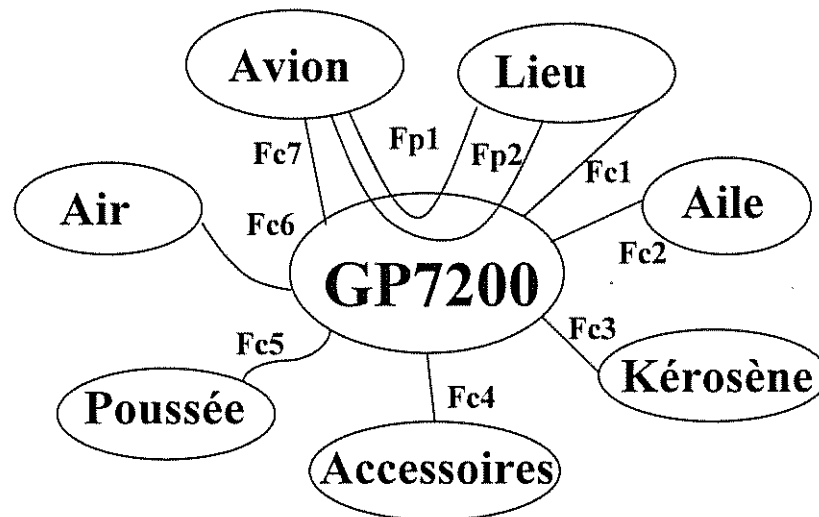
BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT DS 1/14

Moteur GP 7200 pour l'airbus A380



Objectif : Analyser les paramètres environnant le système pour faire une hypothèse sur la solution à apporter à la problématique du pilote.

Données : - le graphe des interacteurs ci-dessous.



Graphe d'association

Les fonctions de service

- Fp1 : Déplacer un avion dans différents environnements.
- Fp2 : Ralentir l'avion à l'atterrissage.
- Fc1 : S'adapter à l'environnement.
- Fc2 : Se fixer sur l'aile.
- Fc3 : Accepter le kérosène.
- Fc4 : Produire de l'énergie pour les accessoires.
- Fc5 : Délivrer suffisamment de poussée.
- Fc6 : S'adapter aux caractéristiques de l'air ambiant.
- Fc7 : Dialoguer avec l'avion.

Documents : Dossier technique : DT 1, DT 2.
Dossier réponse : DR 1, DR 2

Hypothèses de travail :

Respecter les normes : NF X 50-150, NF X 50-151, NF X 50-153.

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT DS 3/14

Question 101:*(DR 1)*

Proposer sur le document réponse **DR 1**, un diagramme SADT A-0 du groupe propulseur GP 7200, en **phase de vol**.

Question 102:*(DR 2)*

À l'aide de la description donnée par le sujet, compléter le diagramme FAST partiel du document réponse **DR 2**, en précisant la solution constructive ainsi que les fonctions techniques manquantes.

Question 103:*(Feuille de copie)*

Quelles sont les différentes solutions technologiques permettant de mesurer la vitesse de rotation d'une turbomachine ?

Question 104:*(Feuille de copie)*

Donner une solution technologique permettant de mesurer la poussée d'un propulseur.

Question 105:*(Feuille de copie)*

Citer deux principes d'ouverture des inverseurs de poussée.

Question 106:*(Feuille de copie)*

Donner les avantages et les inconvénients d'un système de reverses sur un propulseur d'avion.

Question 107:*(Feuille de copie)*

D'après le dossier technique fourni, relever quels sont le ou les types d'énergies utilisées dans le fonctionnement des inverseurs de poussée sur l'A380.

Question 108:*(Feuille de copie)*
DS1, DS2

En analysant les diagrammes des mesures vibratoires et de vitesse de l'avion (**DS 2**) ainsi que le constat du pilote (**DS 1**), donner les origines possibles du problème.

L'analyse suivante concerne les liaisons mécaniques entre les déviateurs de flux et les reverses.

Objectif :

Vérifier le dimensionnement des liaisons reliant les déviateurs de flux aux reverses, car elles peuvent être des générateurs de vibrations.

Extrait du cahier des charges :

Fonction contrainte	Critère	Niveau
Supporter le déviateur	- Diamètre de l'axe - Module de l'action mécanique dans l'axe	D = 25 mm R _f = 17000 N

Documents :

Dossier technique : DT 2, DT 19, DT 24

Hypothèses de travail :

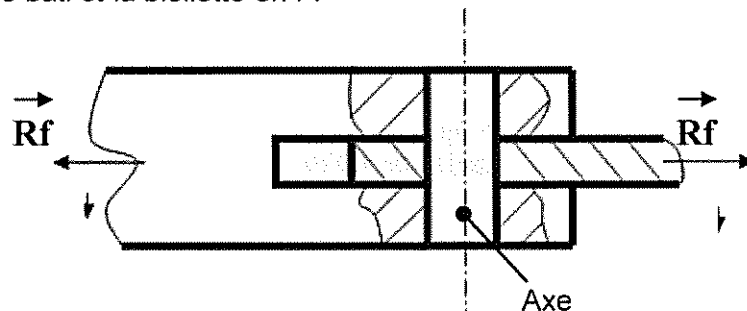
- Le repère d'étude R=(O, \vec{x} , \vec{y} , \vec{z}) est supposé Galiléen.
- Le problème est supposé plan et admettra pour plan de symétrie (O, \vec{x} , \vec{y}).
- Les liaisons sont supposées parfaites.
- Les pièces sont supposées indéformables.
- Le poids de toutes les pièces sera négligé.
- La poussée unitaire du réacteur sur un déviateur en G a pour résultante :

$$\vec{P}_0 = P_0 \sin \alpha \vec{x} + P_0 \cos \alpha \vec{y}$$

- Le torseur modélisant la poussée (P) sur un déviateur (2) pourra donc s'écrire au point G :

$${}_G \{ \tau_{P/2} \} = \begin{Bmatrix} \bar{R}_{P/2} \\ \bar{M}_{G(P/2)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_0 \cos \alpha & 0 \\ P_0 \sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

- α est l'angle d'ouverture du déviateur de flux.
- L'action du bâti moteur sur la biellette en F sera modélisée par un glisseur de composante X_F suivant l'axe des abscisses et Y_F suivant l'axe des ordonnées, la résultante sera notée \vec{R}_F .
- On négligera l'action entre la reverse 3 et le bâti moteur au point H.
- L'action de la vis à billes sur la reverse en B sera modélisée par un glisseur de composante B suivant l'axe des abscisses uniquement.
- La liaison entre le bâti et la biellette en F est réalisée à l'aide d'un axe et d'un montage en chape.
- Le dessin ci-dessous représente la modélisation graphique du montage en chape de la liaison entre le bâti et la biellette en F.



- Le module de l'effort appliqué sur la chape est R_f en Newton ; le matériau utilisé pour réaliser l'axe est du 25CD4 et on prendra comme coefficient de sécurité: s = 3.

Question 201:*(Feuille de copie)*
DT19Après avoir pris connaissance du document **DT 19**, donner les noms normalisés des liaisons entre les groupes de pièces cinématiquement équivalents 1 et 2, puis 3 et 0.**Question 202:***(Feuille de copie)*
DT19On isole l'ensemble **S = {1,2,3}**, faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures agissant sur **S**.**Question 203:***(Feuille de copie)*
DT19Écrire les torseurs associés aux actions mécaniques extérieures agissant sur **S**.**Question 204:***(Feuille de copie)*
DT19Écrire tous les moments au point **G** et réécrire tous les torseurs au point de réduction **G**.**Question 205:***(Feuille de copie)*Le système étudié **S** se déplaçant à vitesse constante dans un repère supposé Galiléen, appliquer le Principe Fondamental de la Statique pour l'ensemble **S**, au point **G**.**Question 206:***(Feuille de copie)*

Écrire les équations algébriques issues du Principe Fondamental de la Statique.

Question 207:*(Feuille de copie)*Après résolution des équations, exprimer X_F , Y_F et B en fonction de α et P_0 .**Question 208:***(Feuille de copie)*Écrire le module R_F de la résultante du bâti moteur sur la biellette en fonction de α et P_0 puis faire l'application numérique pour $\alpha = 45^\circ$ et $P_0 = 15000\text{N}$.**Question 209:***(Feuille de copie)*Donner la sollicitation à laquelle est soumise l'axe dans la liaison en **F** entre le bâti et la biellette.**Question 210:***(Feuille de copie)*
DT24

Écrire la condition de résistance correspondant à cette sollicitation, en tenant compte du coefficient de sécurité imposé.

Question 211:*(Feuille de copie)*
DT24Vérifier si le diamètre de l'axe convient. (On prendra $R_F = 17000\text{ N}$)**Question 212:***(Feuille de copie)*La condition de résistance est-elle respectée ?
Est-ce que les vibrations proviennent de la liaison entre le bâti et la biellette en **F**.

Objectif :

Suite à l'incident rencontré à l'atterrissage, le moteur est passé au banc d'essai afin de vérifier si les performances du turboréacteur GP 7200 n'ont pas été modifiées.
L'objectif est donc de calculer la poussée, au point fixe, du turboréacteur GP 7200 et sa consommation spécifique.

Extrait du cahier des charges

Fonction contrainte	Critère	Niveau
Générer de la poussée	- poussée totale - consommation spécifique de carburant	$F_T = 311 \text{ KN} \pm 2\%$ $C_s = 0,305 \text{ kg.h}^{-1}.\text{daN}^{-1}$

Documents : Dossier technique : DT 3, DT 4, DT 5, DT 6, DT 7.
Dossier réponse : DR 3, DR4.

Notations :

$T_{i,n}$: température d'arrêt dans le plan n,
 $P_{i,n}$: pression d'arrêt dans le plan n,
Les plans du moteur sont repérés dans le DT 3,
Caractéristiques du moteur : DT 4,
Description thermodynamique : DT 5,
Formulaire de thermodynamique : DT 6.

Hypothèses de travail :

On fera l'étude dans le cas d'un essai au point fixe donc $M_0 = 0$.

Données :

Les conditions ambiantes sont $P_0 = 101300 \text{ Pa}$, $T_0 = 288 \text{ K}$,
Le débit de carburant D_c ne sera pas négligé devant D_0 ,
La constante de Mayer est $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$,
Le rapport des chaleurs spécifiques $C_p/C_v = \gamma$ vaut :

$\gamma_{CBP} = 1,4$ dans le compresseur Basse Pression et le fan,
 $\gamma_{CHP} = \gamma_{TBP} = 1,35$ dans le compresseur Haute Pression et la turbine Basse Pression,
 $\gamma_{CC} = \gamma_{THP} = 1,3$ dans la chambre de combustion et la turbine Haute Pression,
ainsi qu'après post combustion.

Relevé de température au banc d'essai

$T_{13F} - T_{12}$	$T_{13} - T_{12}$	$T_{14} - T_{13}$	T_{16}	$T_{16} - T_{17}$
40 K	150 K	200 K	1505 K	445 K

La détente dans la turbine Basse Pression se fait jusqu'à une pression P_{17} telle que $P_{17}/P_0 = 1,34$.

Question 301 :*(Feuille de copie)*

Le moteur GP 7200 est un turboréacteur double flux à fort taux de dilution. Quels sont les avantages de ce type de moteur ?

Question 302 :*DR 3 et DT7*

À l'aide du document DT 7, compléter le document DR 3 en indiquant dans les flèches les codes couleurs correspondant aux relations entre les différents composants.

Pour les questions qui suivent la rédaction des calculs se fera sur une feuille de copie. Vous reporterez ensuite tous vos résultats sur le document réponse DR4.

Question 303 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT4*

Calculer la consommation instantanée D_c à partir de la consommation horaire affichée en régime de décollage à pleine poussée (TOGA).

Question 304 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT3, DT5 et DT6*

En régime stabilisé, nous avons équilibre des puissances entre la Turbine Basse Pression et l'ensemble FAN + Compresseur Basse Pression ; calculer le taux de dilution correspondant à cet équilibre et vérifier la conformité avec le cahier des charges.

(Attention : C_p dépend de γ)

Question 305 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT3, DT5 et DT6*

En prenant en compte le taux de compression du Fan, démontrer que $T_{10F} = 310$ K.

Question 306 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT3, DT5 et DT6*

Calculer la vitesse d'éjection de l'air en 10_F (sortie flux froid).

Question 307 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT3, DT5 et DT6*

Calculer la vitesse d'éjection des gaz en 10_P (sortie flux chaud).

Question 308 :*(Feuille de copie+ DR 4)
DT6*

Calculer la poussée totale du moteur (tuyère adaptée) ainsi que sa consommation spécifique.

La contrainte du cahier des charges est-elle vérifiée ?

Nota : On prendra $v_{10F} = 190$ m/s et $v_{10P} = 394$ m/s.

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT DS 8/14

Objectif : Vérifier si la vitesse de sortie des reverses est suffisante.

Extrait du cahier des charges

Fonction contrainte	Critère	Niveau
Déplacer les reverses	Puissance fournie par l'actionneur.	$P_e = 3 \text{ kW}$
	Vitesse de déplacement mini des reverses	$V_{r \text{ mini}} = 0,65 \text{ m/s}$

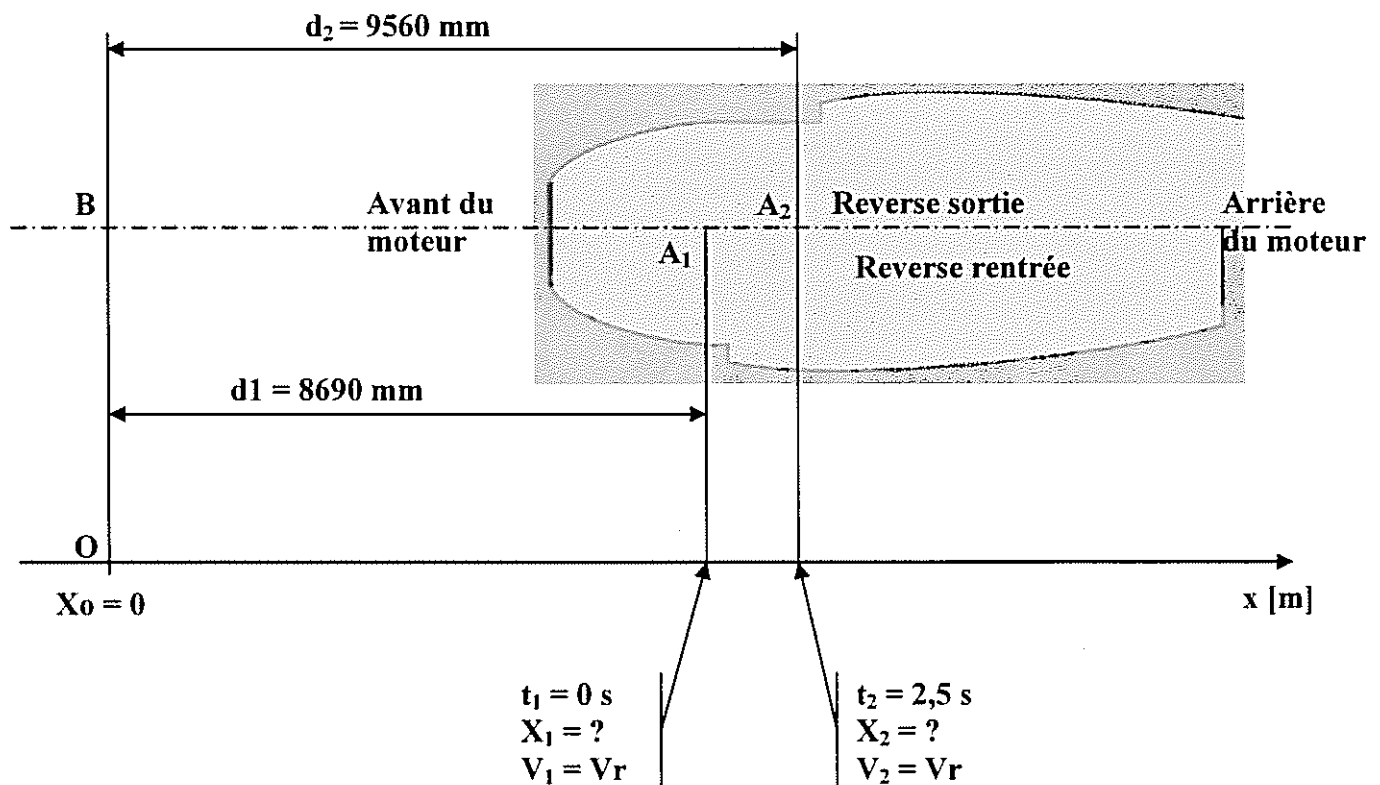
Documents : Dossier technique : DT 19

Hypothèse :

Les reverses se déplacent à **vitesse constante** : V_r (3/bât)

Mesure d'essai : (Protocole)

- avion calé,
- désignation d'un point géométrique fixe O au sol ($X_0 = 0 \text{ m}$),
- repérage d'un point de référence sur les reverses : A_1 ,
- mesure de la distance entre le point géométrique fixe et le point de référence, reverse fermé (d_1) = BA_1 ,
- mise en route du propulseur et stabilisation à une vitesse constante,
- sortie des reverses,
- mesure de la distance entre le point géométrique fixe et le point de référence, reverse ouverte (d_2) = BA_2 ,



Question 401: Que représente d_2-d_1 ?

(Feuille de copie)

Question 402 : Identifier la nature du mouvement du reverse par rapport au bâti moteur. En déduire la trajectoire du point A appartenant au reverse dans son mouvement par au bâti moteur.

(Feuille de copie)
DT19

Question 403 : Écrire les équations générales des positions $X(t)$, des vitesses $V(t)$ et des accélérations $a(t)$ pour le mouvement des reverses. On prendra pour constantes caractéristiques du mouvement : X_{cte} et V_{cte} .

(Feuille de copie)

Après avoir calculé ces constantes, en déduire la vitesse V_r de sortie des reverses.

La vitesse mesurée V_r est-elle suffisante au regard du cahier des charges ?

Objectifs : Dans cette partie on vérifiera :

- que la distribution électrique permet l'alimentation du système d'inversion de poussée ETRAS,
- que la commande du moteur électrique limite les perturbations de couple moteur dues aux courants parasites,
- que le moteur électrique est capable d'entraîner l'actionneur des reverses,
- que la communication entre l'ETRAC et l'EEC permet d'indiquer le déblocage des PLS.

Documents : Dossier technique : DT16, DT17 et DT18.

Étude de l'architecture électrique du système ETRAS

Le schéma fonctionnel de la distribution électrique donné en DR 5 a été obtenu par simplification du document DT16 représentant le câblage du harnais ETRAS.

Ainsi, le faisceau de câbles repéré WTL01 sur DT16 correspond sur le schéma fonctionnel simplifié (DR 5) à l'annotation « 115 VAC 3 phases ».

Question 501: Repérer sur le schéma fonctionnel simplifié les faisceaux de câbles WTL05 et WTL07.
(DT16 et DR 5)

Le TRPU permet principalement de transformer le réseau alternatif triphasé en une tension continue à l'aide d'un transformateur TR et d'un redresseur à 12 diodes RED.

Question 502:

(DR 5)

- Repérer, sur le schéma structurel de l'alimentation du moteur du PDU (DR5), les deux sous-ensembles TR et RED.
L'ETRAC comporte un onduleur qui permet de générer un système triphasé de tensions à partir d'une tension continue.
- Repérer le bloc fonctionnel correspondant à l'ETRAC.
- Repérer les faisceaux de câbles WTL01, WTL05 et WTL07.

Question 503:

(DR 6)

On a représenté, sur DR 6, les chronogrammes de tensions attendus sur certains fils des câbles WTL01, WTL05 et WTL07.
Placer, sur DR6, les légendes suivantes en regard de l'oscillogramme correspondant :

- **Tension de sortie de l'onduleur de l'ETRAC**
- **Tension d'alimentation du TRPU**
- **Tension de sortie du TRPU**

Question 504:

(Feuille de copie)

Comment appelle-t-on la commande qui génère la tension «découpée» fournie par l'onduleur de l'ETRAC ?

Le document DR 7 est un relevé du spectre des courants en sortie de l'onduleur lors d'un essai. Nous retrouvons une raie à la fréquence de 150 Hz due aux courants alimentant le moteur synchrone à aimants permanents, puis un ensemble de « raies parasites » à plus hautes fréquences générées par l'onduleur de l'ETRAC, qui sont à l'origine de perturbations du couple moteur.

Question 505:

(DR 7)

Repérer clairement dans le spectre sur DR7, la raie correspondant à l'alimentation du moteur synchrone à aimants permanents en portant l'indication : « **Courant 150 Hz** ».

Question 506:

(DR 7)

Repérer, en reportant l'indication « **F₁** » sur DR7, la fréquence fondamentale des parasites introduits par le découpage de la tension en sortie de l'onduleur.
Indiquer la valeur numérique de la fréquence F₁.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DS 11/14

- Question 507:** Repérer sur DR7, les harmoniques des parasites introduits par le découpage de la tension en sortie de l'onduleur :
- (DR 7)
- en portant l'indication « F_2 » pour l'harmonique de rang 2.
 - en portant l'indication « F_3 » pour l'harmonique de rang 3.
- Indiquer la valeur numérique de leur fréquence respective F_2 et F_3 .

Étude du moteur à courant continu sans balai du PDU

L'ensemble onduleur (ETRAS), moteur synchrone à aimants permanents (PDU) et résolveur (PDU) constitue un moteur à courant continu sans balai (DT17).

- Question 508:** À partir du document DT17, déterminer la puissance nominale d'entrée du moteur à courant continu sans balai P_{an} .
- (Feuille de copie)
DT17

- Question 509:** Déterminer le nombre de paires de pôles p du moteur synchrone à aimants permanents du PDU.
- (Feuille de copie)
DT17

- Question 510:** Quel est le couple utile nominal C_{un} développé par le moteur synchrone à aimants permanents ?
- (Feuille de copie)

Pour rappel 1 inch-Pounds = 0,113 Nm 1 Horse Power (HP) = 0,736 kW

- Question 511:** Quelle est la vitesse de rotation nominale Ω_n du moteur synchrone exprimée en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ puis en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$?
- (Feuille de copie)
DT17

- Question 512:** Calculer la puissance utile nominale P_{un} disponible sur l'arbre de sortie.
- (Feuille de copie)

- Question 513:** Le résultat précédent est-il cohérent avec l'indication de puissance utile nominale indiquée dans le DT17 ?
- (Feuille de copie)
DT17

- Question 514:** Déterminer le rendement du moteur sans balai DCBL.
- (Feuille de copie)

- Question 515:** Pour que le moteur synchrone à aimants permanents tourne à la vitesse nominale Ω_n , quelle doit être la fréquence F_m des courants alimentant ce moteur ?
- (Feuille de copie)

Étude de la communication entre l'ETRAC et l'EEC

Lors du déblocage des PLS (Primary Lock System), le module ETRAC signale que le déblocage est en cours en envoyant une trame ARINC429 à l'EEC. Les bits 16 et 17 de cette trame sont alors mis au niveau logique haut.

- Question 516:** À partir la trame fournie sur le document DT 18, déterminer la durée d'un bit de transmission et en déduire le débit binaire de cette transmission ARINC.
- (Feuille de copie)
DT18

- Question 517:** Les huit premiers bits correspondent au label codé en octal.
Quel est le numéro (en binaire et en octal) du label utilisé pour indiquer le déblocage des PLS ?
- (Feuille de copie)
DT18

- Question 518:** Indiquer si cette trame transmet un signalement du déblocage des PLS.
- (Feuille de copie)
DT18

BTS AÉRONAUTIQUE	Code : AE4EMPT	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques		DS 12/14

Objectif :

À partir de l'étude de la chaîne de transmission de puissance, faire l'inventaire des solutions technologiques permettant d'augmenter la vitesse de sortie des reverses et ainsi de diminuer le temps de sortie des reverses.

Extrait du cahier des charges

Fonction contrainte	Critère	Niveau
Déplacer les reverses	Puissance disponible en entrée de la chaîne cinématique	$P_e = 3 \text{ kW}$
	Vitesse de déplacement $_{\text{mini}}$	$V_{S \text{ mini}} = 0,65 \text{ m/s}$
	Charge dynamique axiale sur la vis à billes.	$C_{\text{dyn}} = 900 \text{ N}$
	Encombrement axial maximal de l'écrou de la vis à billes	$l_{\text{max}} = 110 \text{ mm}$

Documents : Dossier technique : DT 9 à DT 15, DT 19 à DT 23 et DT25.

Données :

Quelques soient les résultats trouvés précédemment, on prendra pour la puissance nécessaire à la mise en mouvement du déviateur : $P_s = 1000 \text{ W}$.

La vitesse de sortie des reverses mesurée lors du vol d'essai sera notée $V_s = V_r = 0.35 \text{ m/s}$.

- Rendement du système vis à billes : $\eta_1 = 0,95$
- Rendement d'un engrenage: $\eta_2 = 0,98$
- Rendement d'un guidage en rotation (coussinets ou roulements): $\eta_3 = 0,98$
- Rendement d'un guidage en translation: $\eta_4 = 0,95$

Question 601:

(Feuille de copie)
DT9 à DT15

Chacun des moteurs intérieurs GP 7200 de l'A380 est équipé de 2 capots de reverses qui sont commandées par trois vis à billes assurant des fonctions complémentaires et distinctes.

Indiquer les fonctions complémentaires assurées par chacune de ces trois vis à billes.

Question 602:

(DR 8)
DT10, DT12,
DT20 à DT23

Compléter sous forme de diagramme l'architecture de la chaîne de transmission de puissance assurant la mise en mouvement **d'un capot de reverse (DR 8)**.

Partir du moteur électrique (PDU) et préciser les énergies mises en jeu conformément aux consignes données sur le DR8 ainsi que les éléments mécaniques assurant la transmission et la transformation des énergies.

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT DS 13/14

Question 603:*(Feuille de copie)*
DT11

À partir du document **DT11**, donner le nom de l'élément qui empêche le problème de survitesse de sortie des reverses dans le cas d'une perte de contrôle de la vitesse du moteur.

Question 604:*(Feuille de copie)*
DT23

On s'intéressera maintenant à un seul des 3 actionneurs.
À l'aide du document **DT23**, écrire l'expression littérale puis calculer la valeur numérique du rendement global η_{glo} de la chaîne de transmission de puissance du reverse.

Question 605:*(Feuille de copie)*

En déduire la puissance nécessaire en entrée de la chaîne cinématique pour commander le déviateur de flux et la mise en mouvement du volet reverse.
La puissance fournie est-elle suffisante ?

Question 606:*(Feuille de copie)*
DT23

À partir du document **DT23**, calculer le rapport de transmission r du réducteur renvoi d'angle à 2 étages.

Question 607:*(Feuille de copie)*

Établir la relation littérale liant la vitesse linéaire des reverses V_s et la vitesse angulaire en entrée de l'actionneur ω_e .
Dans le résultat littéral, vous ferez apparaître les différents paramètres et préciserez les unités de V_s et ω_e .

Question 608:*(Feuille de copie)*

Après analyse du vol d'essai, il est apparu que la sortie des reverses était trop lente, ce qui a retardé la mise en action des inverseurs de poussée par le pilote. En vous aidant de la relation établie à la question **607**, proposez plusieurs modifications (solutions technologiques) permettant d'augmenter la vitesse de sortie des reverses. Laquelle vous paraît la plus simple à mettre en œuvre ? (Justifier)

Question 609:*(Feuille de copie)*
DT23, DT25

À l'aide des données techniques et des documents **DT 23** et **DT 25**, choisir une nouvelle vis à billes permettant une augmentation de la vitesse de sortie des reverses. Vous donnerez la référence de la nouvelle vis à billes en justifiant votre choix.

Question 610:*(Feuille de copie)*

Afin de valider la modification envisagée, calculer la nouvelle vitesse théorique de sortie des reverses $V's$. (La vitesse en entrée ω_e n'est pas modifiée)
Calculer la puissance nécessaire en entrée d'actionneur pour entraîner les reverses à cette vitesse $V's$.
La puissance disponible en entrée de l'actionneur est-elle suffisante ?
Conclure quant à la validité de la modification.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DS 14/14

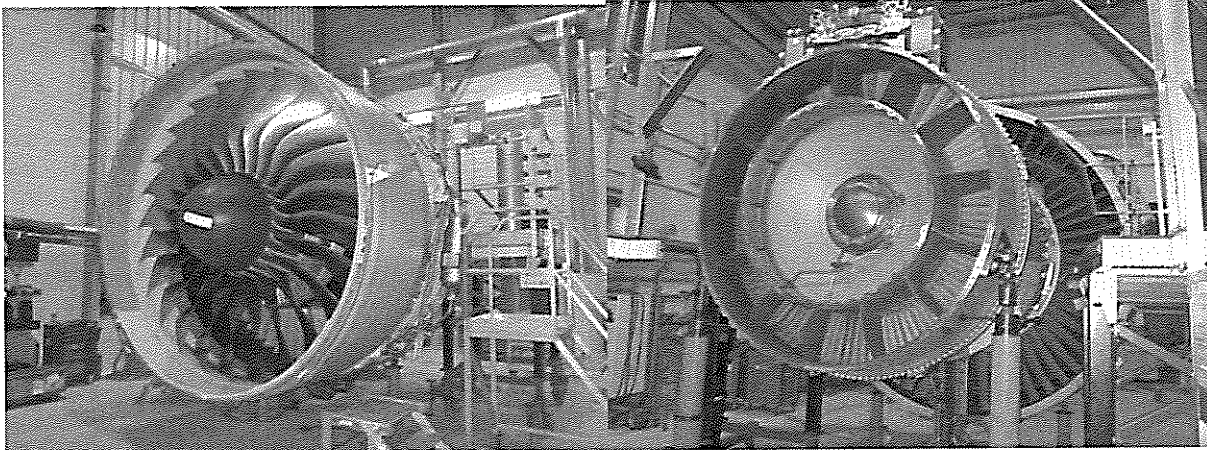
DOSSIER TECHNIQUE

Contenu du dossier

- Présentation du moteur GP 7200	DT 1
- Présentation des reverses	DT 2
- Plans de coupe du GP 7200	DT 3
- Caractéristiques moteurs GP	DT 4
- Description thermodynamique du GP 7200	DT 5
- Formulaire de thermodynamique	DT 6
- Système de distribution du carburant	DT 7
- Architecture des inverseurs de poussée	DT 8 à DT 14
- Schéma électrique de commande des reverses	DT 15
- Câblage du harnais ETRAS	DT 16
- Caractéristiques du moteur à courant continu sans balai	DT 17
- Rappels de la norme ARINC 429	DT 18
- Modélisation des déviateurs de flux et des reverses	DT 19
- Structure de l'actionneur central	DT 20 à DT 22
- Cinématique de commande des reverses	DT 23
- Ressources matériaux	DT 24
- Notice vis à billes	DT 25

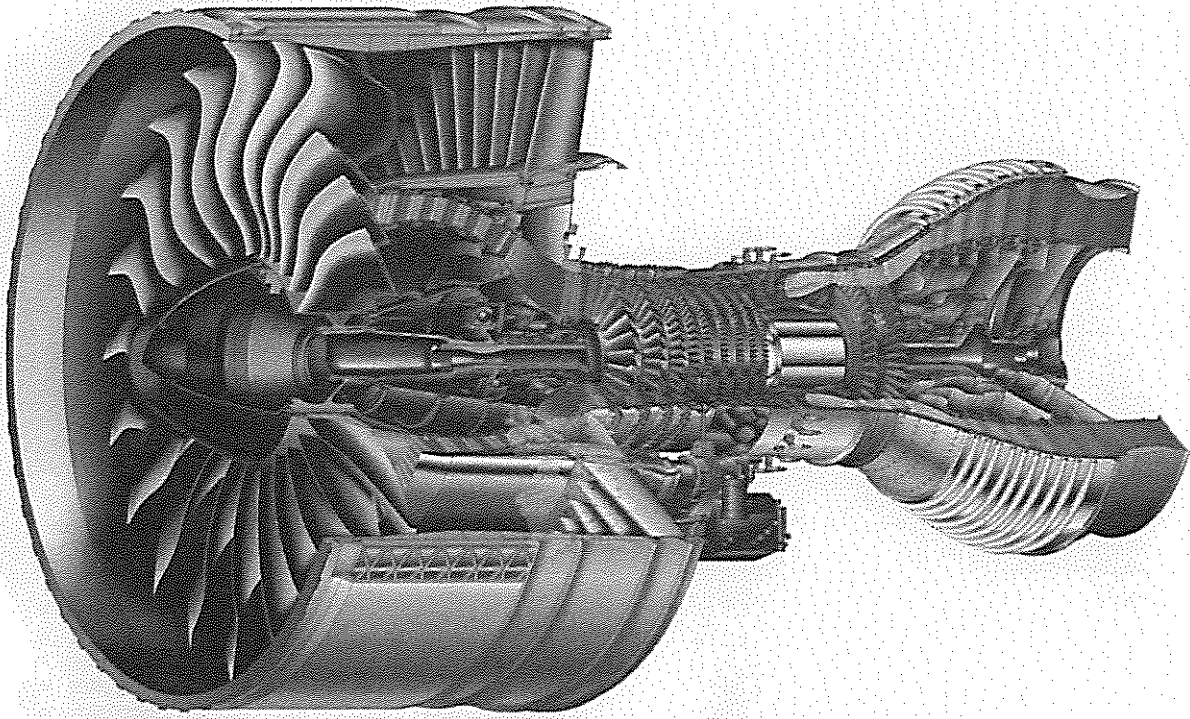
PRESENTATION DU MOTEUR GP7200

Airbus produit un avion de ligne civil gros-porteur long-courrier quadriréacteur à double pont : l'A380. L'A380 peut être équipé de deux types de moteurs : le Trent 900 fabriqué par Rolls-Royce ou le GP7200 fabriqué par Engine-Alliance. L'étude suivante portera uniquement sur les A380 équipés du moteur GP7200. Ces réacteurs sont conçus pour produire une poussée de 311 kN pour la version passagers, cette motorisation permet de voler à plus de 900 km/h, seuls les deux moteurs intérieurs sont équipés d'inverseurs de poussée.



Vue $\frac{3}{4}$ avant du moteur GP7200

Vue $\frac{3}{4}$ arrière du moteur GP7200

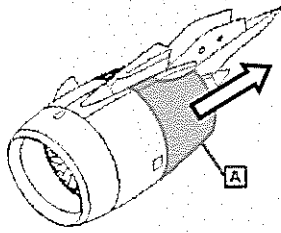


Représentation du moteur GP7200

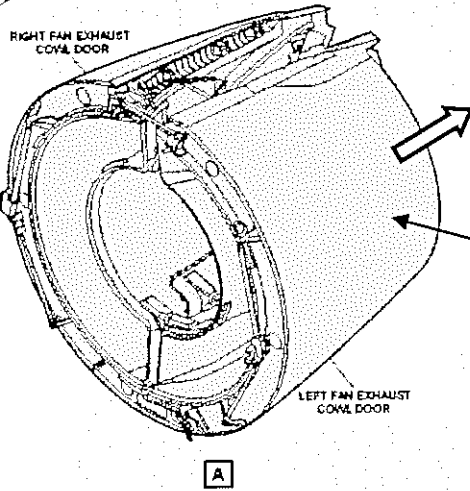
BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT 1/25

PRESENTATION DES REVERSES

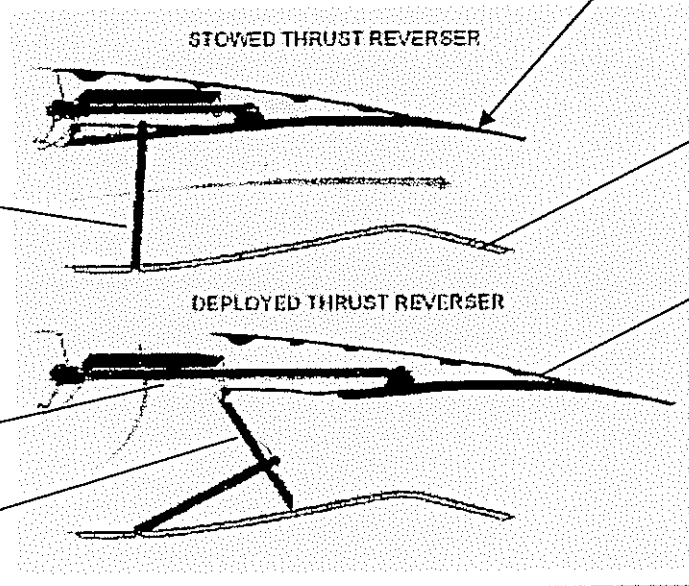
Les reverses ou inverseurs de poussée sont des dispositifs permettant d'orienter vers l'avant la poussée exercée dans le but de ralentir l'avion et de réduire les distances de freinage lors de l'atterrissage. Sur un turboréacteur, des éléments mobiles sont déplacés de façon à obturer plus ou moins la tuyère, ce qui dévie vers l'avant le flux des gaz sur les moteurs à simple flux et l'air du flux secondaire sur les moteurs à double flux.



Le détail A désigne les reverses sur la nacelle des moteurs GP7200 de l'A380



Les capots de reverse se translatent lors de la mise en œuvre des inverseurs de poussée



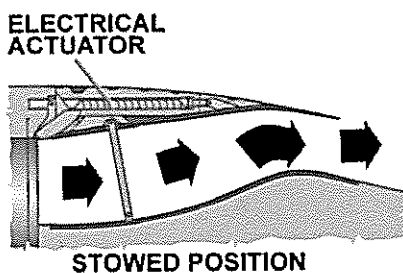
Bâti moteur

Biellette

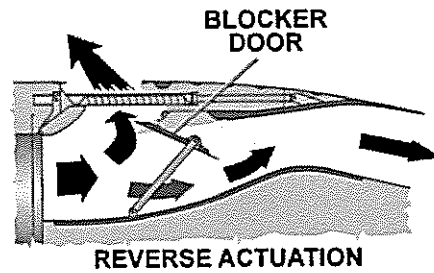
Reverse

Vis à billes

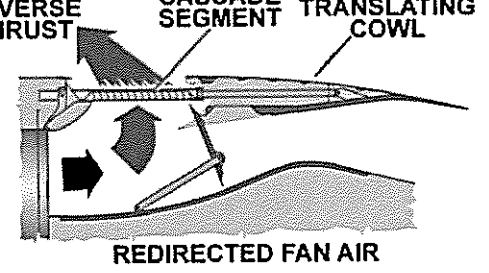
Déviateur de flux



STOWED POSITION



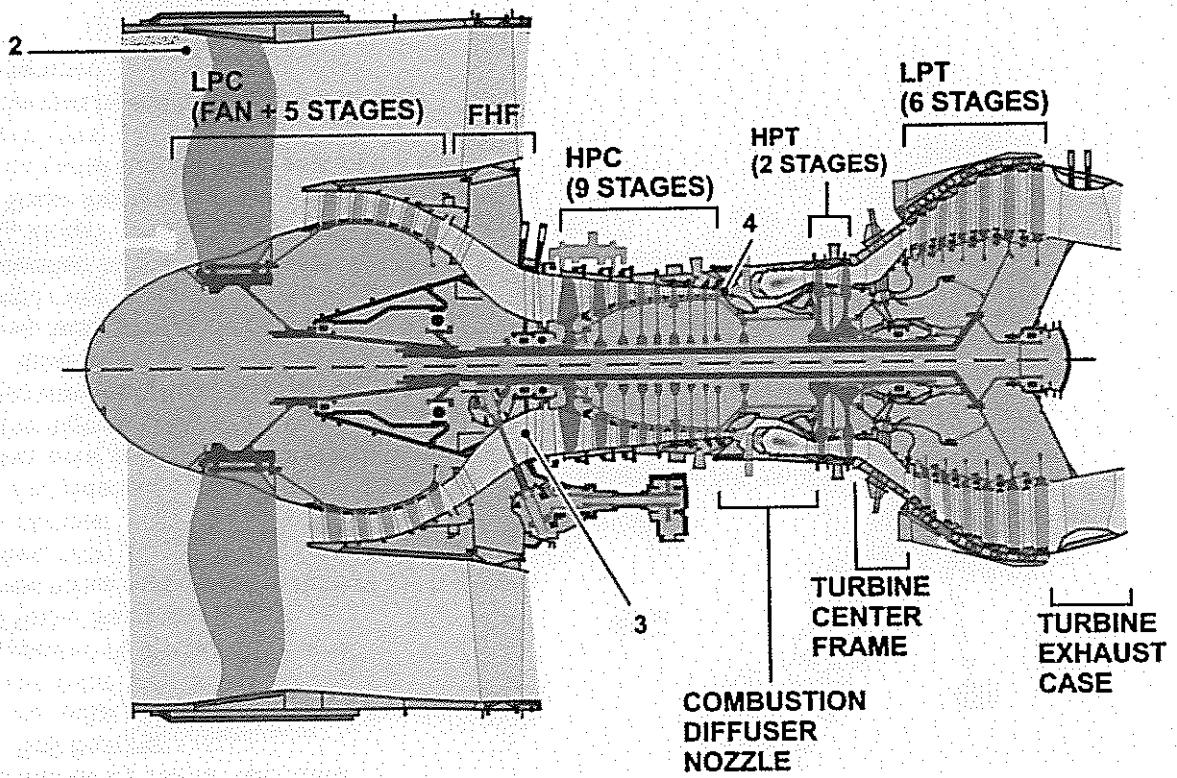
REVERSE ACTUATION



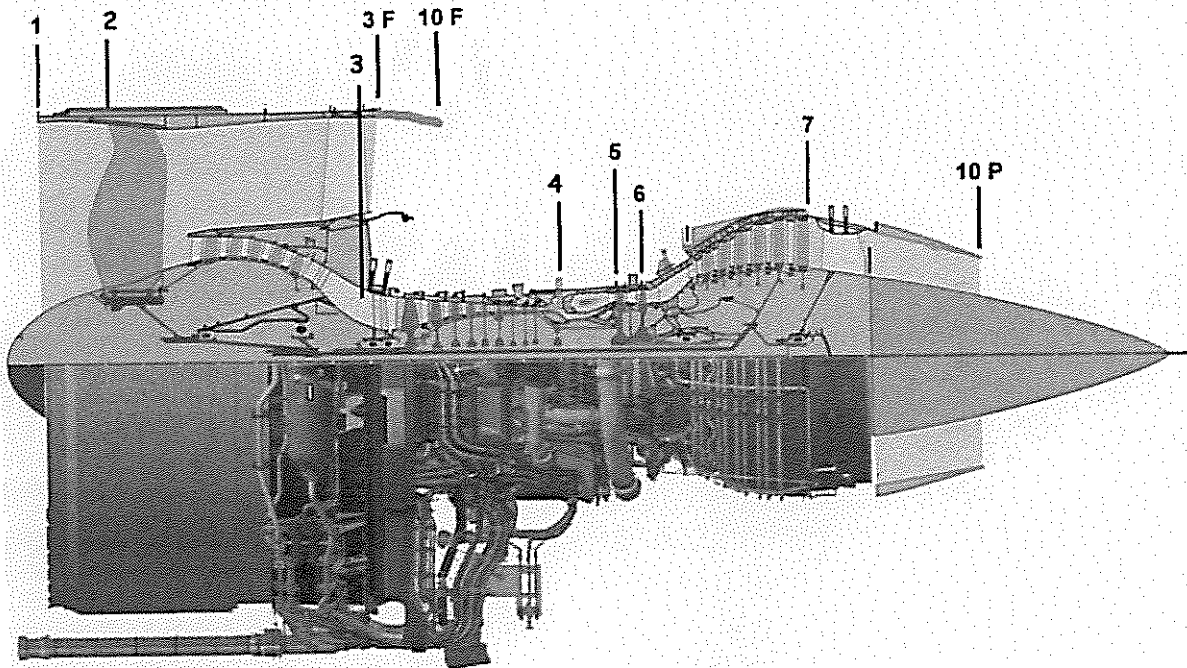
REDIRECTED FAN AIR

Structure et Principe de fonctionnement des reverses

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT DT 2/25



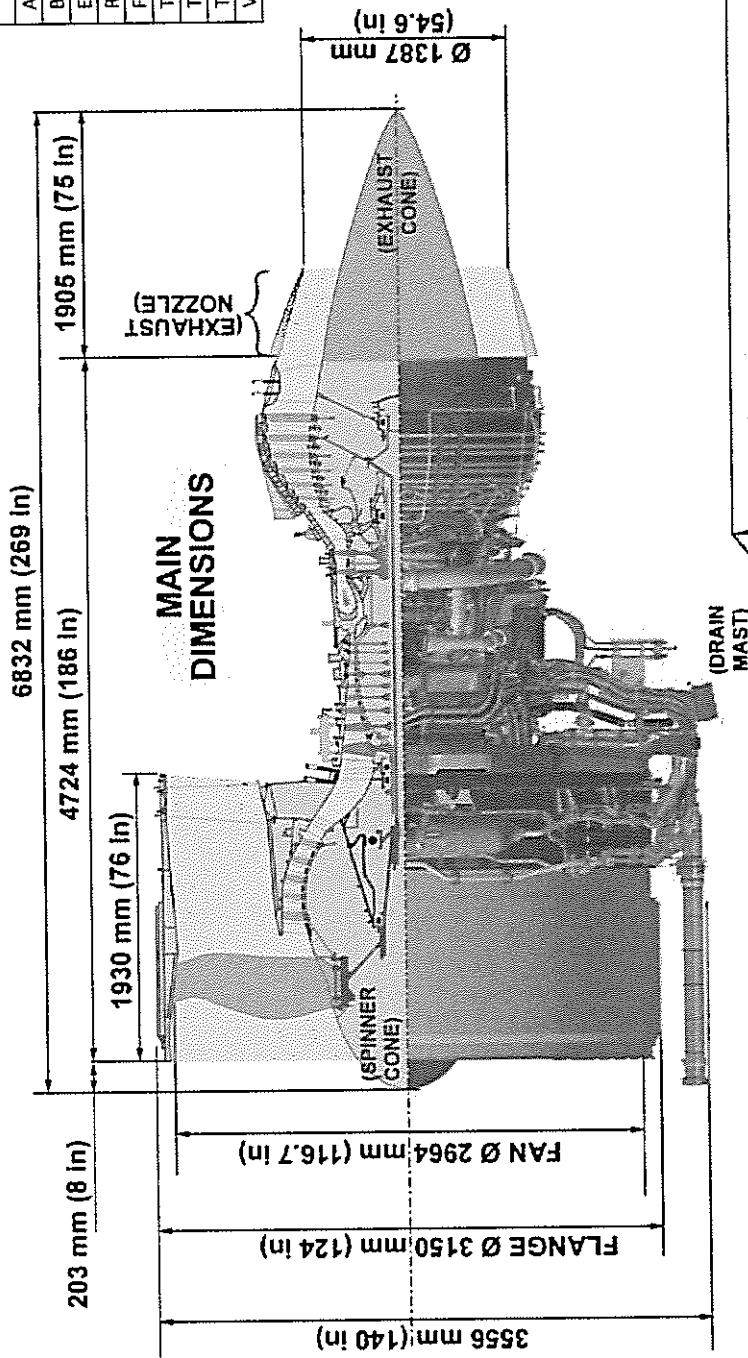
Architecture interne du moteur



Repérage des plans de mesure et de calcul

CARACTERISTIQUES DU MOTEUR GP 7200

ANGLAIS	FRANCAIS
AIR FLOW	Débit d'air
BYPASS RATIO	Taux De dilution
EXTENDED	Sorti
RETRACTED (STOWED)	Reintré
FUEL FLOW	Débit carburant
TAKEOFF	Décollage
TOGA (Take Off Go Around)	Décollage à pleine puissance
THRUST	Poussée
VELOCITY	Vitesse



MAIN DIMENSIONS

MAIN CHARACTERISTICS:

- TAKEOFF THRUST SET BY DATA ENTRY PLUG (DEP)
- BYPASS RATIO : 1 / 8.7
- PRESSURE RATIO (P12/P3) : 1 / 43.9
- APPROXIMATE WEIGHT OF THE DRESSED BASIC ENGINE (DRY) : 6218 kg (13710 lb)
- FUEL FLOW AT TOGA : ~ 9500 kg/h

ENGINE MARK	TAKEOFF THRUST (KN)	TAKEOFF THRUST (lb)	FLAT RATING TEMP	AIRCRAFT MODEL
GP 7270	311.17	70000	ISA+16°C (88°F)	A380-861
GP 7270E	311.17	70000	ISA+19°C (83°F)	A380-861
GP 7277	340.07	76600	ISA+15°C (86°F)	A380-862

Le générateur de gaz ou corps Haute Pression :

Le générateur de gaz admet un débit d'air $D_0 = 150$ kg/s et le comprime dans le compresseur Haute Pression de P_3 à P_4 avec un rendement polytropique de compression $\eta_{CHP} = 0,90$.
Le flux d'air D_0 s'échauffe alors de T_3 à T_4 .

Une autre caractéristique technologique du générateur de gaz est la température maximale T_{i5} que peut tolérer le distributeur de turbine Haute Pression. Cette température T_{i5} est obtenue par la combustion d'un débit qc de carburant possédant un pouvoir calorifique P_c de 44×10^6 J/kg.

Lors de cette combustion, dans la chambre, la pression d'arrêt subit une perte de charge relative de $\epsilon_4 = 5\%$ donc $P_5/P_4 = 0,95$. Les gaz de combustion sont alors détendus dans la turbine Haute Pression de P_{i5} à P_{i6} avec un rendement polytropique de détente $\eta_{THP} = 0,9$. Ces gaz sont refroidis de T_{i5} à T_{i6} .

La manche d'entrée :

La manche d'entrée est calculée pour délivrer devant la soufflante un écoulement homogène et stable. Cependant, elle y engendre une perte de charge relative de $\epsilon_1 = 3\%$ donc $P_{i2}/P_{i1} = 0,97$.

$$\epsilon_{A2} = 3\% \cdot \frac{P_{i2}}{P_{i1}} = 0,97$$

La soufflante ou fan :

La soufflante admet le débit total $(1+\lambda) \cdot D_0$, où λ est le taux de dilution. Le débit $\lambda \cdot D_0$ est comprimé de P_{i2} à P_{i3F} avec un rendement polytropique de compression $\eta_F = 0,90$. Il subit alors l'échauffement de T_{i2} à T_{i3F} .
On note :

$$\tau_F = P_{i3F}/P_{i2} : \text{taux de compression fan} = 1,258 .$$

$$\Delta T_F = T_{i3F} - T_{i2} : \text{échauffement fan} = 40 \text{ K} .$$

Le flux froid, $\lambda \cdot D_0$, court-circuite le générateur de gaz.

Le compresseur BP ou booster :

Le compresseur admet le débit D_0 qu'il comprime jusqu'à P_{i3} .
Le débit primaire D_0 subit donc une élévation globale de pression qui le mène de P_{i2} à P_{i3} avec un rendement polytropique de compression $\eta_{CBP} = 0,9$.

La turbine Basse Pression :

La turbine Basse Pression détend les gaz de combustion de P_{i6} à P_{i7} avec un rendement polytropique de détente $\eta_{TBP} = 0,90$. Ils sont refroidis de T_{i6} à T_{i7} .
La détente dans la turbine Basse Pression se fait jusqu'à une pression P_{i7} telle que $P_{i7}/P_o = 1,34$.

Les tuyères :

Les tuyères détendent chaque flux jusqu'à P_o (tuyères adaptées), avec une perte de charge ϵ_{10} que l'on négligera.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT 5/25

FORMULAIRE DE THERMODYNAMIQUE

Notation :

P_1 : pression initiale	P_2 : pression finale	P : pression statique	P_i : pression d'arrêt
T_1 : température initiale	T_2 : température finale	T_0 : température infini amont	
T_i : température d'arrêt	T : température statique	F_p : poussée	
γ : rapport cp/cv	η : rendement	ρ : masse volumique	
M : Nombre de mach	p_{ci} : pouvoir calorifique carburant	C_p : chaleur massique à $P = cte$	
W : Travail	h : enthalpie	S : entropie	
Q : Chaleur	Q_1 : chaleur échangée avec SF	Q_2 : chaleur échangée avec SC	
V : Volume	v_0 : vitesse infini amont	v_{10} : vitesse éjection des gaz	
P_p : Puissance propulsive	P_{cal} : Puissance calorifique	P_{tr} : Puissance thermique réelle	
P_{10} : pression statique en 10	P_0 : pression statique infini amont	C_{sp} : consommation spécifique	
D_0 : débit d'air interne	D_c : débit carburant	r : constante des gaz parfaits	
S_{10} : Section de sortie tuyère primaire			

Relation entre pression et température pour un compresseur / pour une turbine

$$\frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \left(\frac{T_{i2}}{T_{i1}} \right)^{\left(\frac{\gamma \cdot \eta_{comp}}{\gamma - 1} \right)}$$

$$\frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \left(\frac{T_{i2}}{T_{i1}} \right)^{\left(\frac{\gamma}{(\gamma - 1) \cdot \eta_{turb}} \right)}$$

Relation de Saint Venant :

$$T_i = T \cdot \left[1 + 0,5 \cdot (\gamma - 1) \cdot M^2 \right] = cte$$

$$T_i = T + \frac{v^2}{2 \cdot C_p} = cte$$

Premier principe de la thermodynamique pour un système ouvert:

$$W + Q = \Delta h \quad (h : \text{enthalpie}) \text{ avec } \Delta H = C_p \Delta T \text{ pour 1 kg.}$$

Second principe de la thermodynamique:

$$\frac{dQ_1}{T_1} + \frac{dQ_2}{T_2} = dS \quad \text{avec } dS = 0 \text{ (en isentropique)}$$

Ti et Pi :

$$T_i = T \cdot \left(1 + \left(\frac{\gamma - 1}{2} \right) \cdot M^2 \right)$$

$$P^{1-\gamma} \cdot T^\gamma = P_i^{1-\gamma} \cdot T_i^\gamma$$

(Valable dans le plan d'éjection de chaque tuyère)

$$P_i = P \cdot \left(1 + \left(\frac{\gamma - 1}{2} \right) \cdot M^2 \right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} \right)}$$

Continuité :

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dS}{S} + \frac{dv}{v} = 0$$

Constantes : $r = 287 \text{ J.Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$C_p = \frac{\gamma \cdot r}{\gamma - 1}$$

Gaz parfait :

$$P = \rho \cdot r \cdot T \quad \frac{PV}{T} = cte$$

$$P^{(1-\gamma)} \cdot T^\gamma = cte \quad (\text{en adiabatique})$$

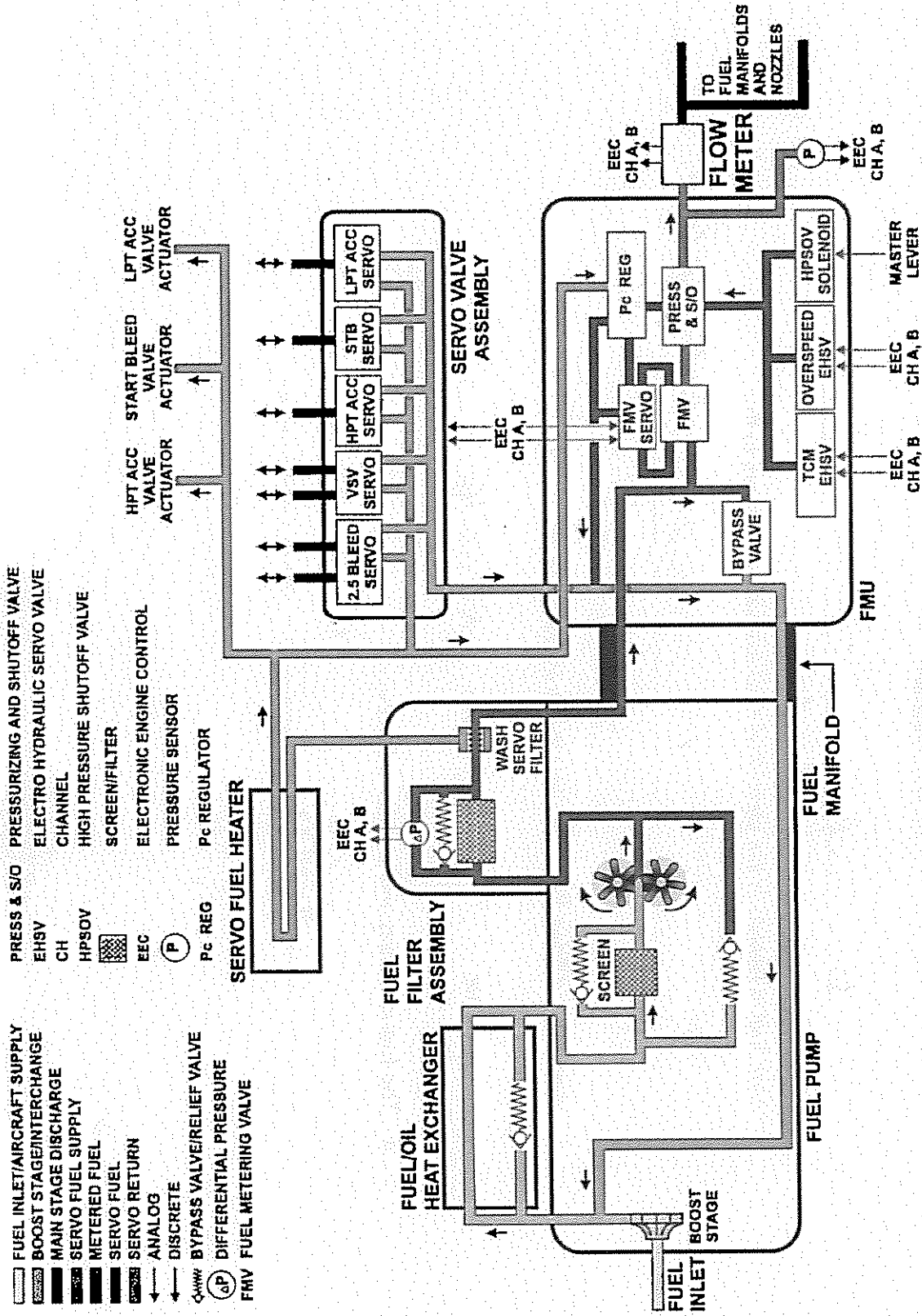
Rendements :

$$\eta_{global} = \frac{P_p}{P_{cal}} = \frac{3600 \cdot v_0}{C_{sp} \cdot P_{ci}} \quad ; \quad \eta_{propulsion} = \frac{P_p}{P_{tr}} = \frac{2 \cdot v_0}{(v_{10} + v_0)} \quad (\text{en simple flux})$$

Poussée simple flux :

$$F_p = D_0 \cdot (v_{10} - v_0) + D_c \cdot v_{10} + (P_{10} - P_0) \cdot S_{10}$$

SYSTEME DE DISTRIBUTION DU CARBURANT



- FUEL INLET/AIRCRAFT SUPPLY
- BOOST STAGE DISCHARGE
- MAIN STAGE DISCHARGE
- SERVO FUEL SUPPLY
- METERED FUEL
- SERVO RETURN
- ANALOG
- DISCRETE
- BYPASS VALVE/RELIEF VALVE
- DIFFERENTIAL PRESSURE
- FMV FUEL METERING VALVE

- PRESS & S/O
- EHSV
- CH
- HPSOV
- SCREEN/FILTER
- EEC
- PRESSURE SENSOR
- Pc REGULATOR
- SERVO FUEL HEATER
- START BLEED VALVE ACTUATOR
- HPT ACC VALVE ACTUATOR
- LPT ACC VALVE ACTUATOR

- PRESSURIZING AND SHUTOFF VALVE
- ELECTRO HYDRAULIC SERVO VALVE CHANNEL
- HIGH PRESSURE SHUTOFF VALVE
- ELECTRONIC ENGINE CONTROL
- PRESSURE SENSOR
- Pc REGULATOR
- SERVO FUEL HEATER
- START BLEED VALVE ACTUATOR
- HPT ACC VALVE ACTUATOR
- LPT ACC VALVE ACTUATOR

FUEL DISTRIBUTION SYSTEM

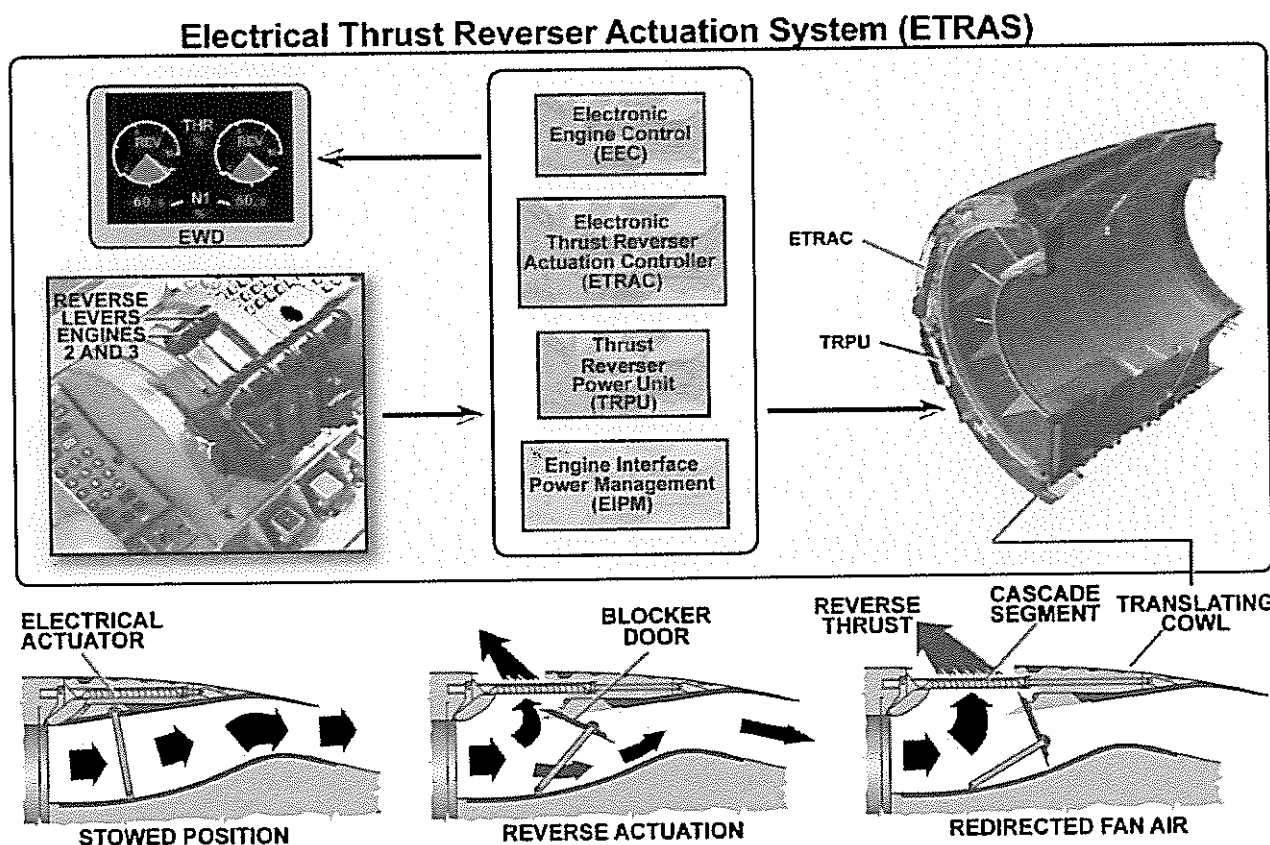
BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 7/25

Généralités

The thrust reverser of the A380 is an Electrical Thrust Reverser Actuation System (ETRAS). The thrust reverser is only installed on the inboard position nacelles.

The Thrust Reverser structure has two translating cowls.

In forward thrust configuration the translating cowl is in the forward, stowed position, covering the cascade vanes. The blocker doors are faired into the inner acoustic panel of the translating cowl in stowed position. In reverse thrust, the translating cowl moves backwards to uncover the cascade vanes, while the blocker doors rotate inward to blank the fan flow duct. The reverse thrust is obtained by redirection forward of the engine fan flow



Architecture des inverseurs de poussée

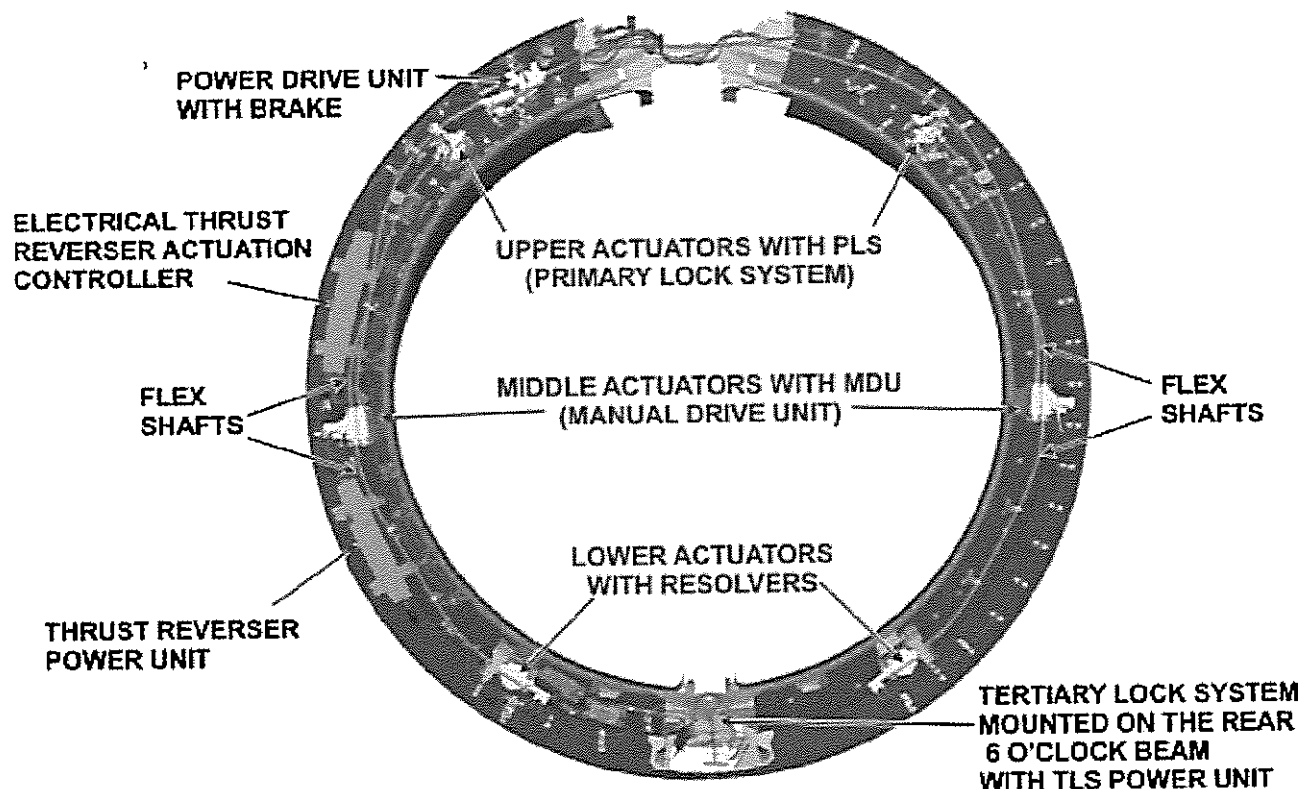
Architecture

The Electrical Thrust Reverser Actuation System (ETRAS) architecture is the way to deploy and stow the two mechanically linked transcowl sleeves.

The ETAS includes:

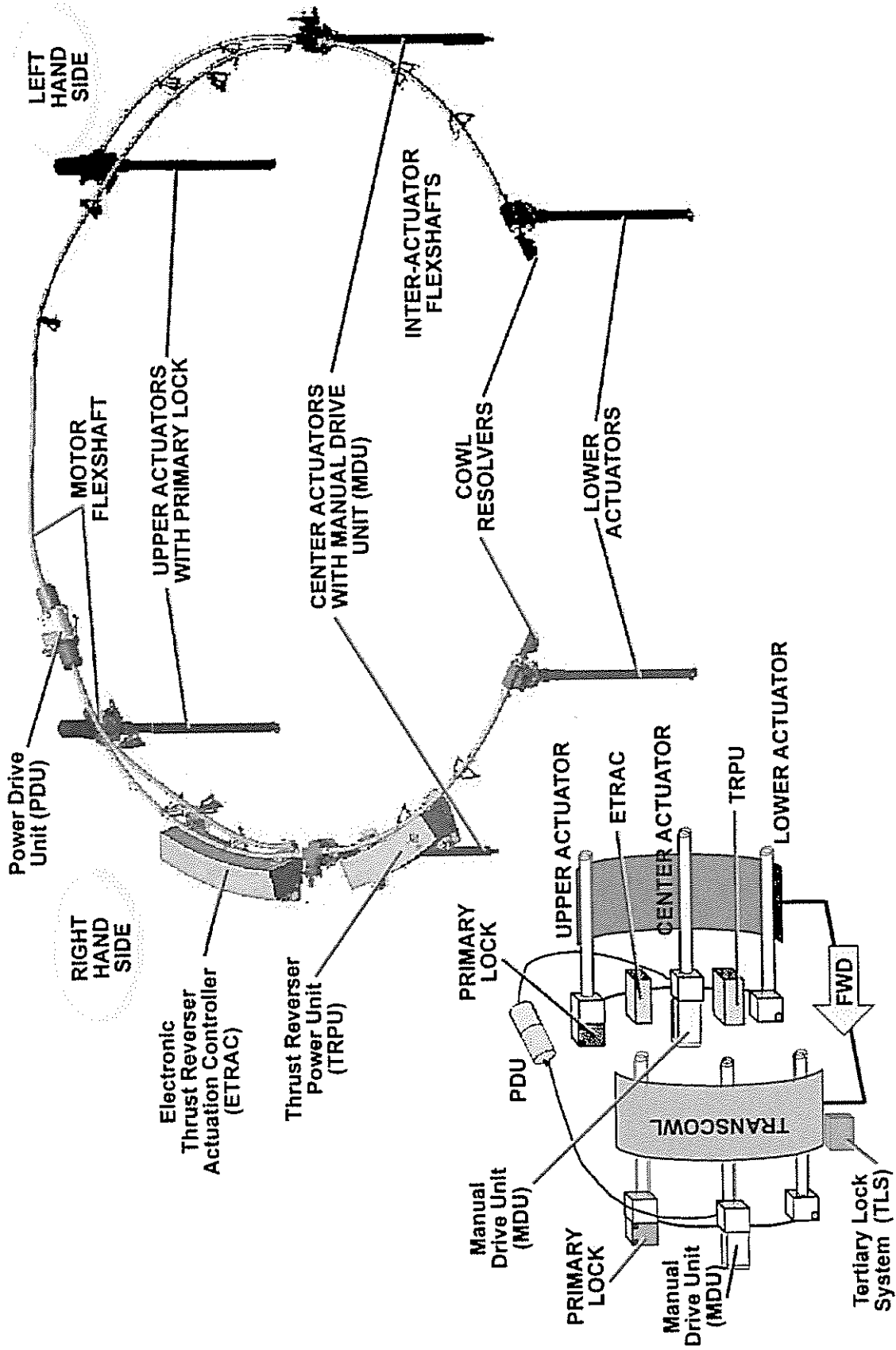
- Electrical Thrust Reverser Actuation Controller (ETRAC),
- Thrust Reverser Power Unit (TRPU),
- Power Drive Unit (PDU) electrical motor,
- Flexshafts,
- Actuators (2 lowers, 2 centers, 2 uppers),
- Primary Locks, integrated into the upper actuators,
- Manual Drive Units (MDU), integrated into the middle actuators,
- Tertiary Lock System (TLS),
- Electrical Harnesses (Power and control/monitoring).

Thrust Reverser is locked by mechanical means inside the upper actuators named Primary Lock System (PLS) and supplemented by an electrical TLS.



Architecture des inverseurs de poussée

ARCHITECTURE DES INVERSEURS DE POUSSEE



BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 10/25



THRUST REVERSER DESCRIPTION (EA) (3)

Power Drive Unit

Purpose

The Power Drive Unit (PDU) distributes mechanical power to the middle ballscrew actuators.

Location

The PDU is on right forward frame at 12:30 o'clock.

LRUs

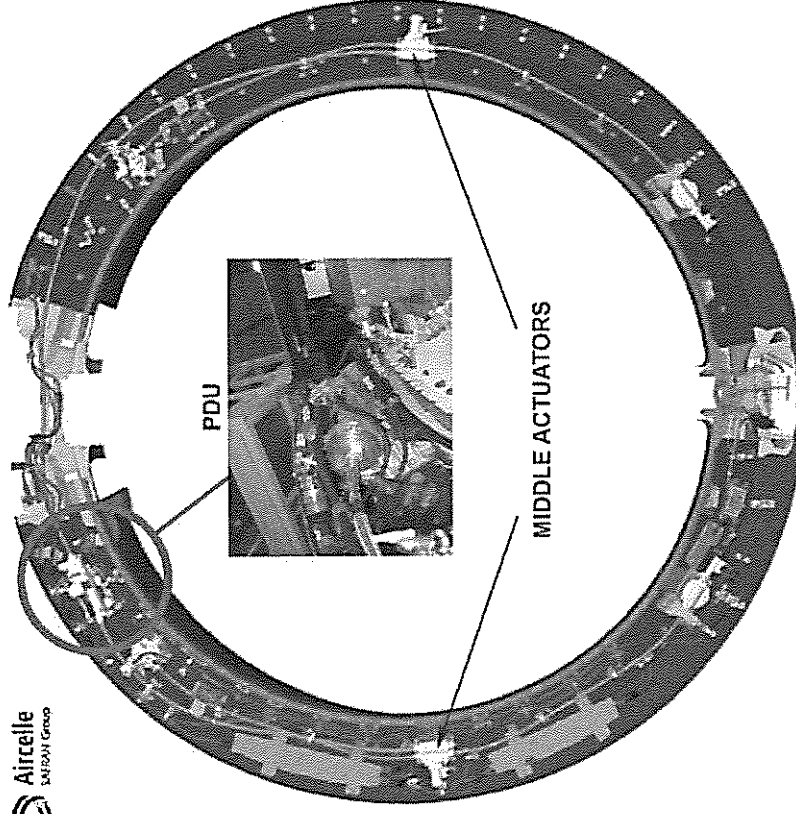
PDU

Description and Operation

The PDU power is transferred to the center actuators through two flexshafts, and then from the center actuators to the upper and lower actuators through four flexshafts.

The PDU contains the motor and the brake.

The brake provides overspeed protection in case of loss of motor speed control.



BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 11/25

ARCHITECTURE DES INVERSEURS DE POUSSEE

Actuators and Flexshafts

Purpose

The actuators deployed and stowed the transcowl, provide position feedback to the EEC and ETRAC and lock the thrust reverser transcowls when stowed.

The flexshafts transfer the mechanical power from the PDU to the actuators

Location

Actuators are mounted on the forward frame at 8, 9, 10, 2, 3, and 4 o'clock.

The flexshafts are statically mounted on the forward frame with brackets

LRUs

6 Flexshafts,

6 Actuators.

Description and Operation

Flexshafts convey mechanical power from the PDU output to a gear set mounted on the center actuators

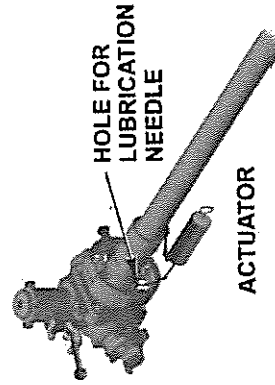
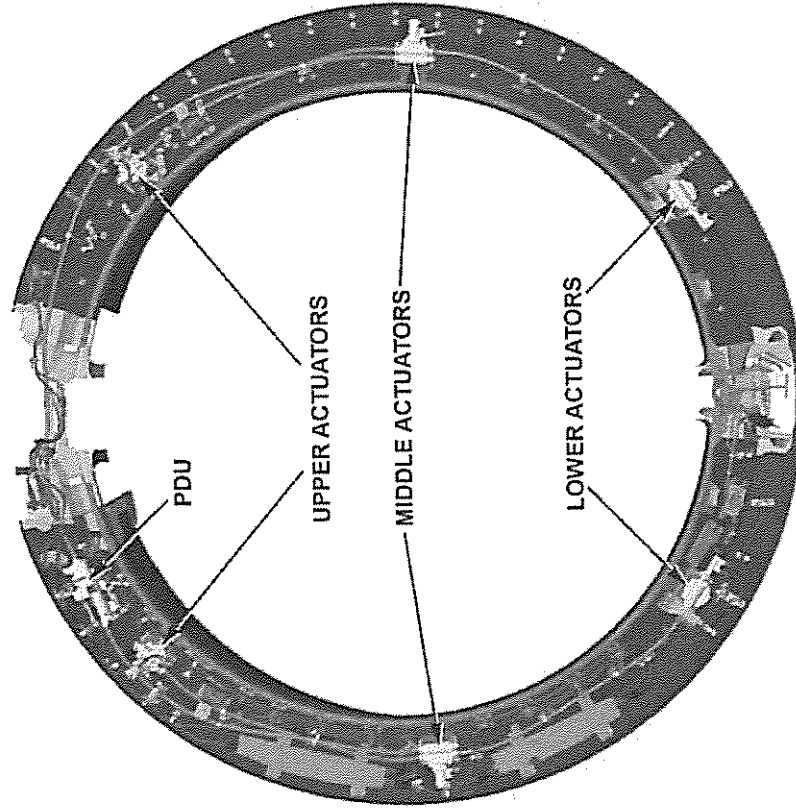
- 4 flexshafts, 2 on the left and 2 on the right nacelle distribute mechanical power from each center actuator to the corresponding upper and lower actuators on each transcowl

- The 2 center actuators incorporate a Manual Drive Unit (MDU)

- The 2 upper actuators incorporate the Primary Lock System (PLS)

- The 2 lower actuators incorporate resolvers

- There are 2 holes on each actuator for servicing.



CTC34722.20081121

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 12/25

Manual Drive Unit (MDU)

Purpose

Manual drive units provide manual deployment and stowage of the transcowls for maintenance.

Location

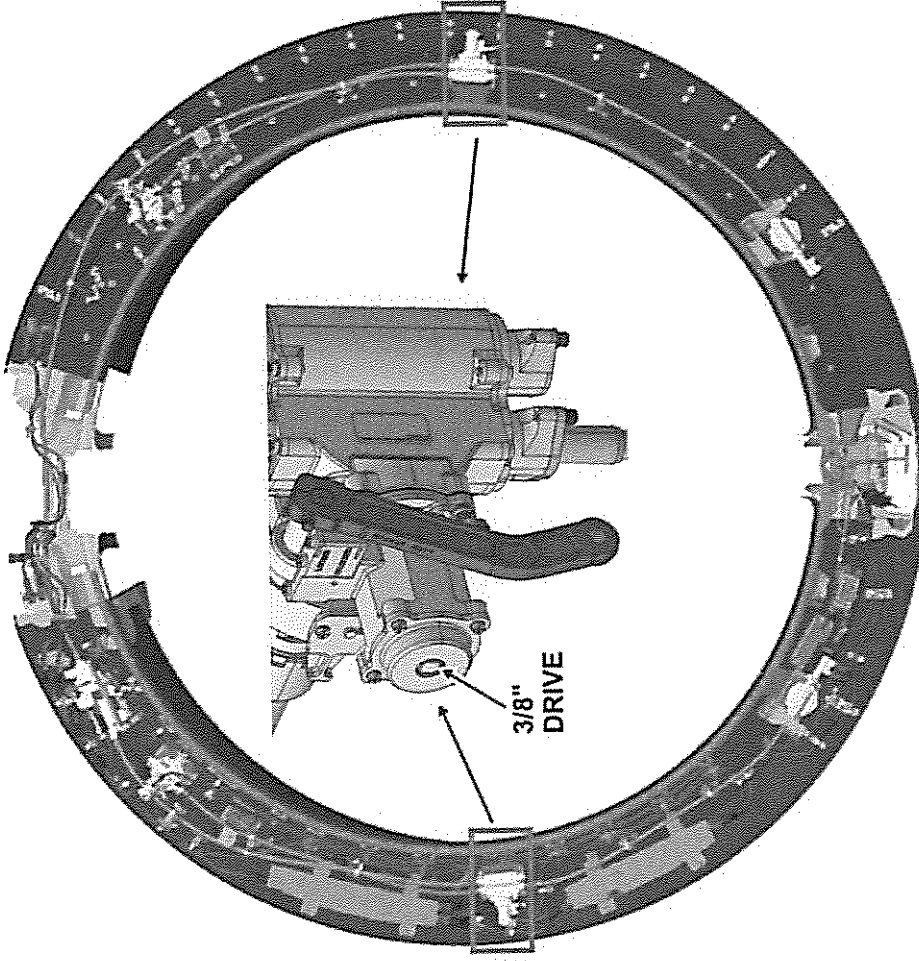
A manual drive unit is located on each middle actuator.

Description and Operation

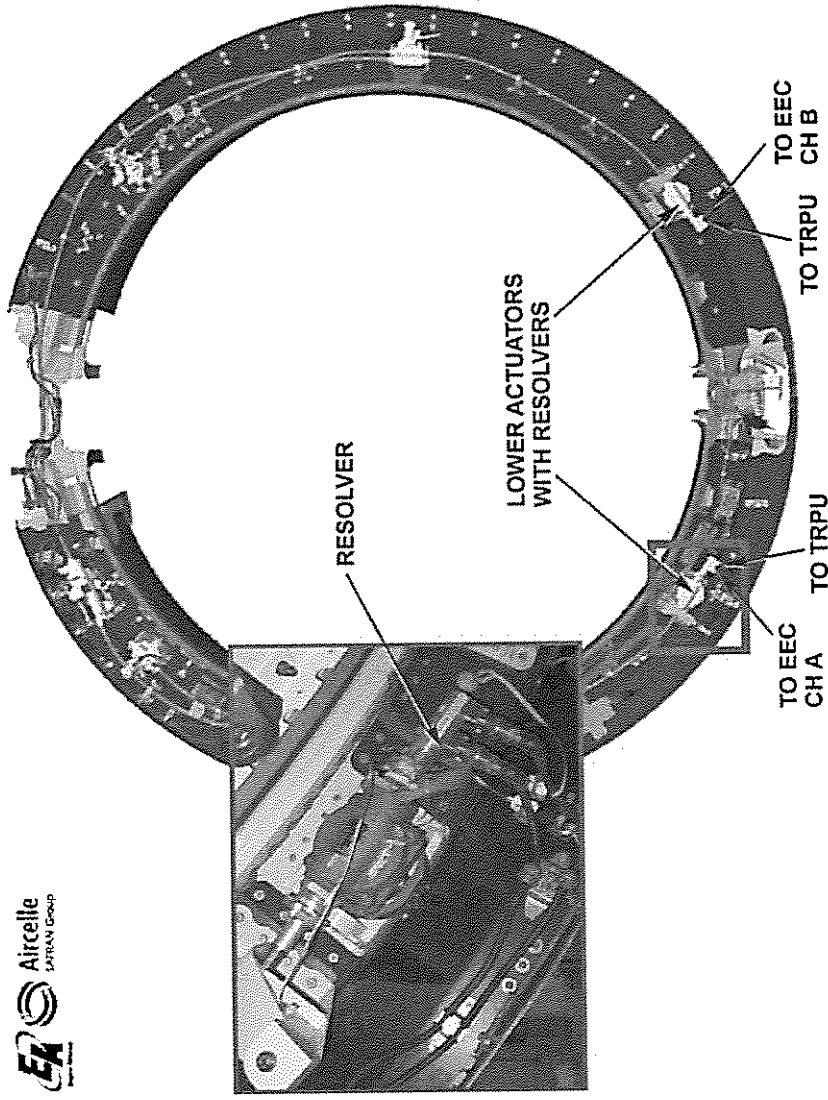
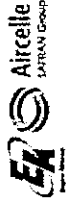
On each MDU, there is a 3/8" square drive to put a power wrench or a speed wrench.

On each MDU, a handle provides locking of the transcowls.

If the lock handle is in the locked position, it is returned to the active position automatically when the fan cowl doors are closed. A stiffener on the fan cowl door contacts the lock handle when the cowl door is closed.



BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 13/25



Resolvers

Purpose

Two resolvers on each actuator monitor the position of the transcovis and send the signal to the ETRAC and to the EEC.

Location

The resolvers are mounted on the lower actuators.

Description and Operation

One resolver signal is provided to the ETRAC for electrical motor control.

One resolver signal is provided to the corresponding EEC channel for monitoring.

- Left side actuator resolver to Channel B
- Right side actuator resolver to Channel A

BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 14/25

SCHEMA ELECTRIQUE DE COMMANDE DES REVERSES

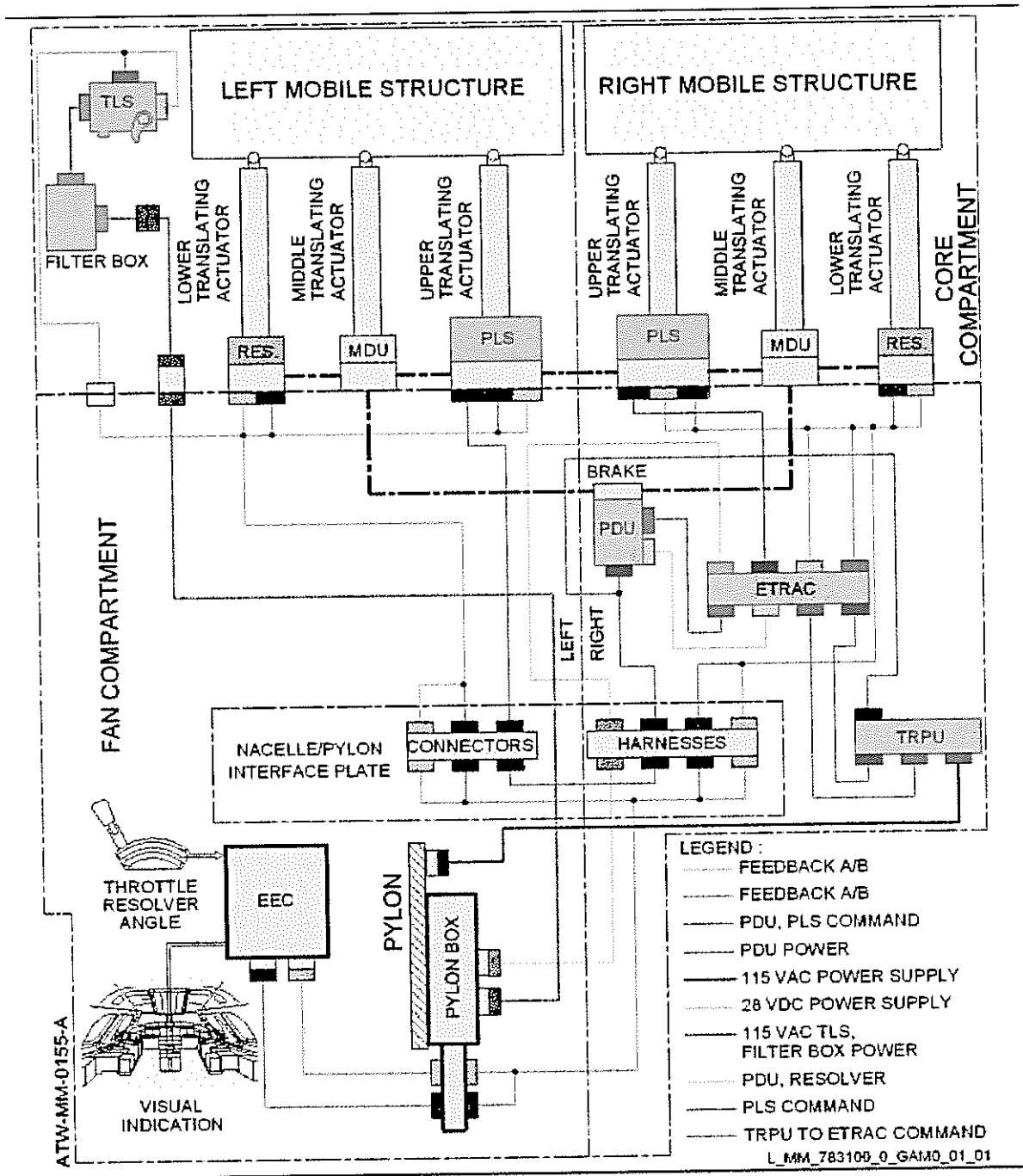
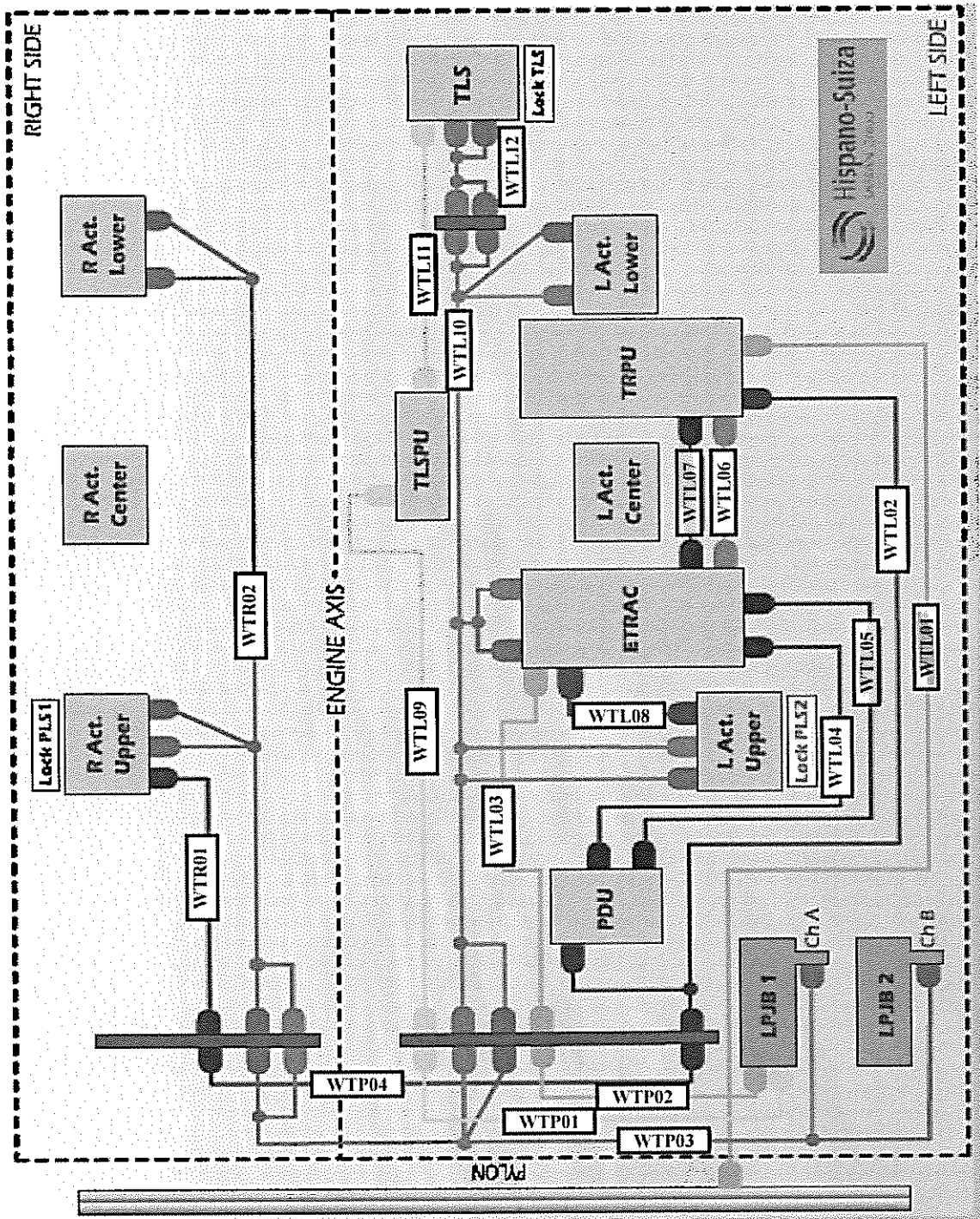


Schéma électrique de commande des reverses

CABLAGE DU HARNAIS ETRAS

Description :

WTR01 : TR primary lock cmd engine	WTL05 : PDU power supply engine	WTL11 : Filter to Tertiary lock cmd engine
WTR02 : TR feedback engine	WTL06 : TRPU to ETRAC cmd engine	WTL12 : Tertiary lock feedback engine
WTL01 : TRPU 115 VAC supply engine	WTL07 : TRPU to ETRAC engine	WTP01 : Tertiary lock cmd pylon
WTL02 : TR primary lock brake cmd engine	WTL08 : TR primary lock cmd engine	WTP02 : TR 28VDC supply pylon
WTL03 : ETRAC 28VDC supply engine	WTL09 : Tertiary lock cmd engine	WTP03 : TR feedback chan A and B pylon
WTL04 : TR PDU feedback engine	WTL10 : TR feedback engine	WTP04 : TR primary lock cmd pylon

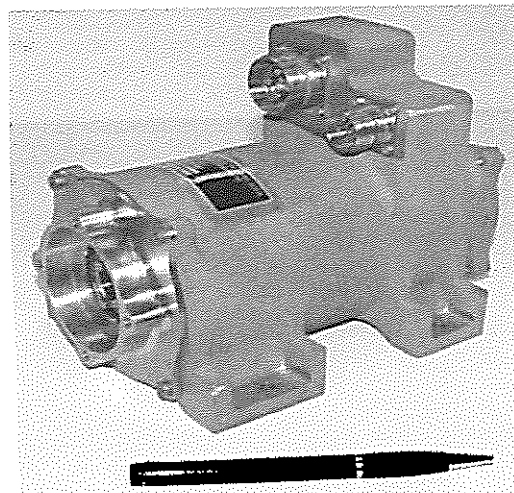


**Woodward
Engineered Components**

Product Specification
BLDC Motor, Size 40 ETRAS

This very powerful resolver-commutated 270-Volt Brushless DC Motor powers the central power drive unit for the electric thrust reversers for the world's largest and only ETRAS system. It is based upon a 3 phases, 4 poles, permanent magnet AC synchronous electrical motor.

DC Voltage: 270 V
DC Current: 100 A
Rated Velocity: 13 500 RPM
Rated Torque: 150 Inch-Pounds
Nominal Power: 32 HP
Body Diameter: 4.0"
Body Length: 8.0"
Weight: 21 Lbs



• Structure d'une frame ARINC 429

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
P		SSM		DATABITS																		SDI		LABEL							

4.1. LE LABEL

- Le label est défini du bit 1 au bit 8.
- Le label permet d'identifier la nature du paramètre transmis.

4.2. LE SDI ; SOURCE DESTINATION IDENTIFIER

- Le SDI est défini du bit 9 au bit 10.
- Des paramètres de même nature (label), peuvent être de sources différentes (Ex N1 mot 1 et N1 mot 2).
- Le SDI permet donc de différencier les sources de ces paramètres.

4.3. LA DATA : DONNÉE

- La data est définie du bit 11 au bit 29.
- Ces 19 bits permettent de représenter la valeur des paramètres à transmettre.
- La data peut être codée sous 5 formes différentes:
 - Binaire : Données de calcul (bin signé)
 - BCD : Affichage du paramètre au poste
 - Fréquence Radio
 - Discrets : Chaque bit représente une info discrète (ex: L/G up = 0 L/G down=1)
 - Dialogues : Protocole de communication entre calculateurs.

4.4. LE SSM : STATUS SIGN MATRIX

- Le SSM est défini du bit 30 au bit 31.
- Le SSM donne une information complémentaire à la donnée.

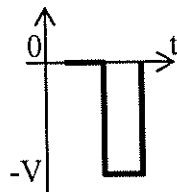
4.5. LE BIT DE PARITÉ

- Le Bit 32 est le bit de parité.
- Le bit de parité permet au récepteur de contrôler la validité de la transmission.

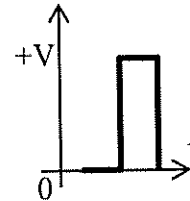
On rappelle que l'octet correspondant au label est le premier à être transmis, en commençant par le bit de poids le plus fort. Les autres bits sont ensuite envoyés tels quels, en commençant par le bit de poids le plus faible. Ce qui donne concrètement : 8,7,6,5,4,3,2,1,9,10,11.....,31,32

• Chronogrammes du signal ARINC 429.

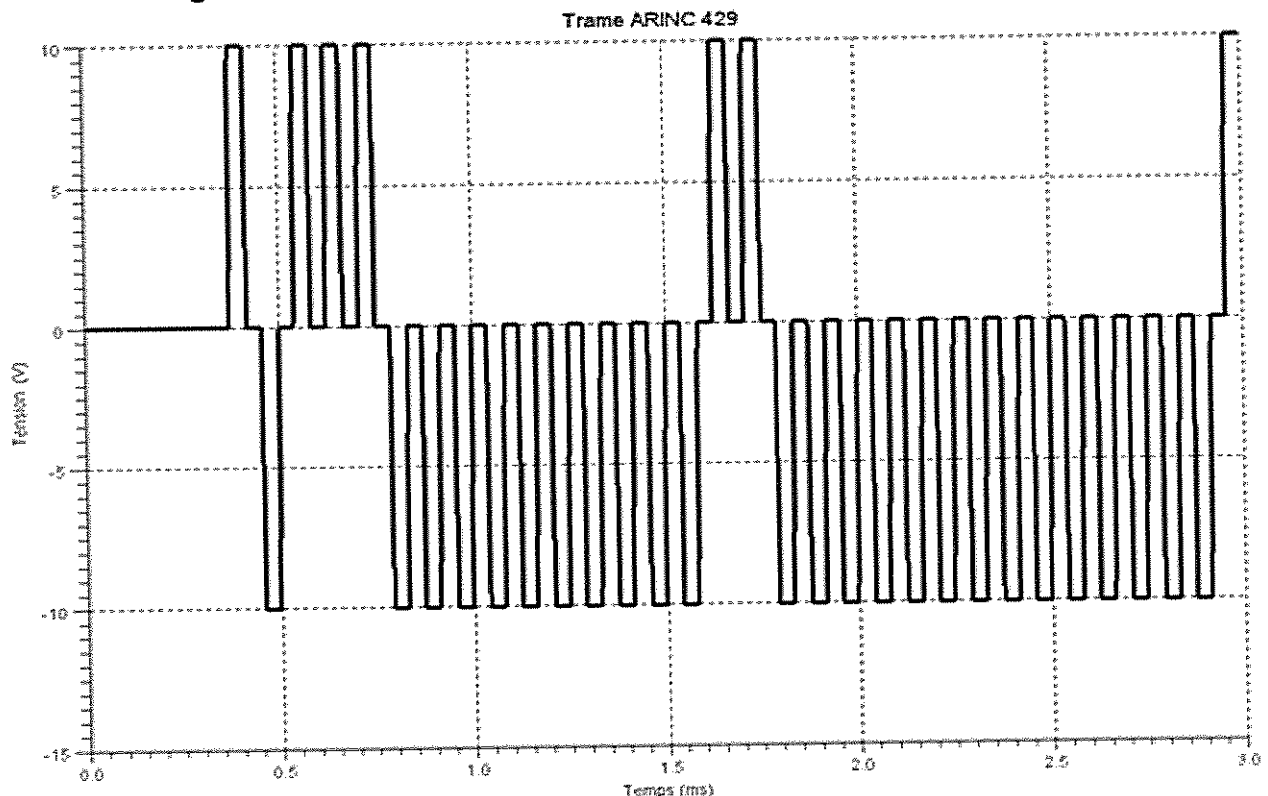
Un niveau logique 0 génère le motif ci-dessous :



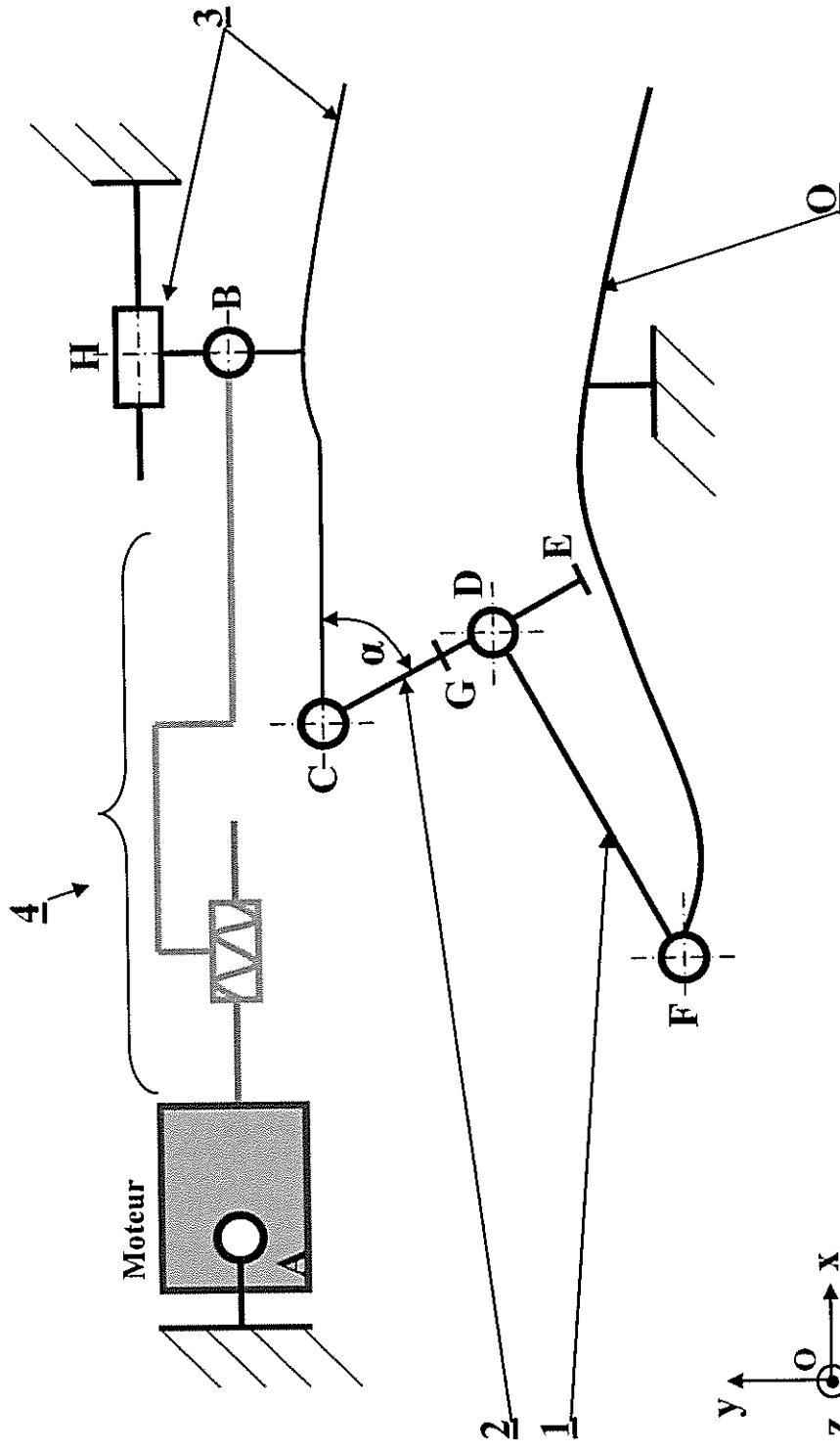
Un niveau logique 1 génère le motif ci-dessous :



Trame de signalisation de déblocage des PLS



MODELISATION DES DEVIATEURS DE FLUX ET DES REVERSES



- 0 : bâti moteur
- 1 : bielle
- 2 : déviateur de flux
- 3 : reverse
- 4 : vis à billes

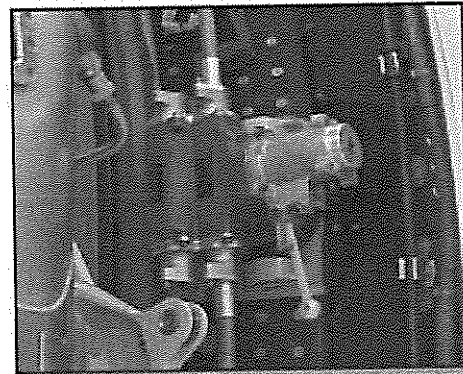
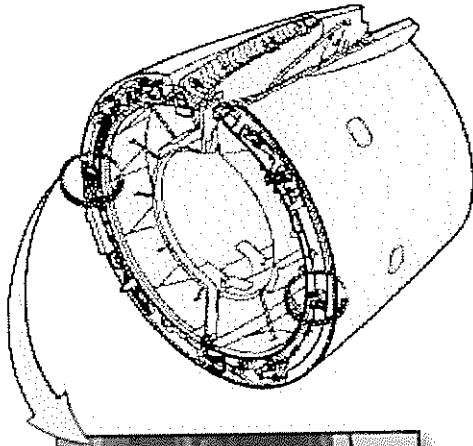
Echelle géométrique : FD représente 0,9 m
 $\vec{GB} = 0,72\vec{x} + 0,54\vec{y}$ (en m)
 $\vec{GF} = -0,72\vec{x} - 0,54\vec{y}$ (en m)

Axe du rotor du GP 7200

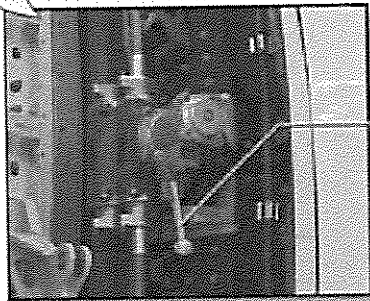
BTS AÉRONAUTIQUE	Session : 2014
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT
	DT 19/25

STRUCTURE DE L'ACTIONNEUR CENTRAL

L'actionneur central comprend la commande à main (MDU) qui permet d'assurer la sortie des reverses en phase de maintenance. Les documents DT17, DT 18 et DT19 présentent des photos, une perspective de l'actionneur assemblé ainsi qu'une perspective éclatée.

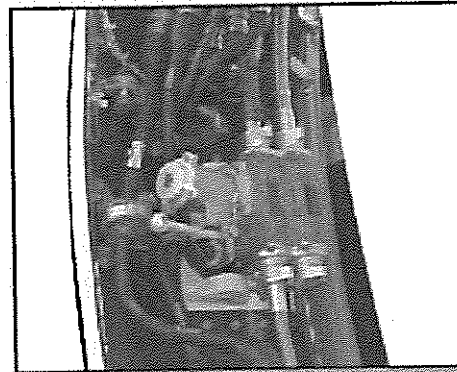


MDU LEVER ON THE "ACTIVE" POSITION

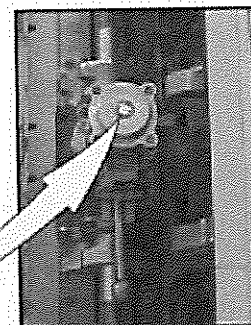
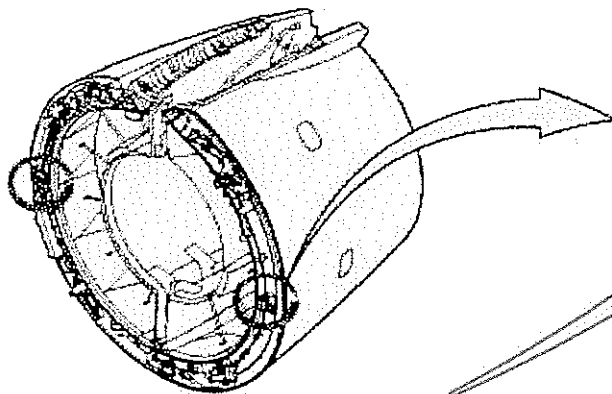


MDU LEVER

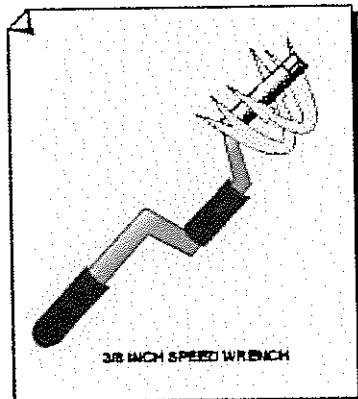
MANUAL DRIVE UNIT



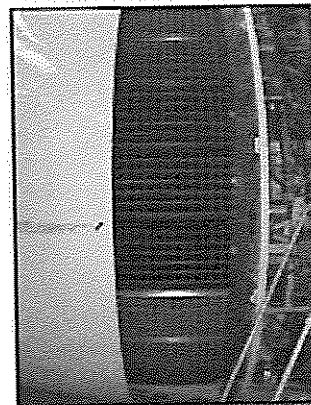
MDU LEVER ON THE "LOCKED" POSITION



MANUAL DRIVE UNIT

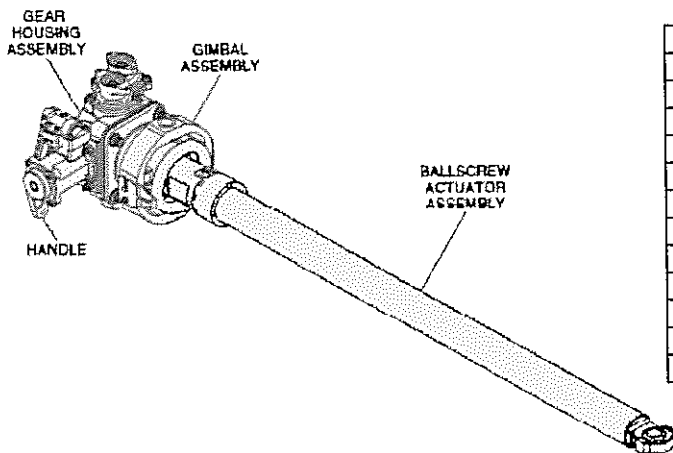


3/8 INCH SPEED WRENCH



THRUST REVERSER DEPLOYED

STRUCTURE DE L'ACTIONNEUR CENTRAL



Description	Equipment specifications
Normal position	Retracted
Dimensions	
Length	
Retracted	114.41 to 114.43 cm
Extended	178.58 to 178.60 cm
Width	
Locked	24.00 cm
Unlocked	21.67 cm
Height	
Locked	19.37 to 19.55 cm
Unlocked	24.45 to 24.52 cm
Weight	11.75 kg

Left Center Cowl Actuator (Assembled view)

1 - Center cowl actuator Description

The ETRAS center actuator is a gear-driven translating nut ball screw actuator that changes turn power supplied by an electric motor and flex shaft drive system to linear motion used to operate a thrust reverser cowl sleeve. The center actuator includes an input drive pad and two output drive pads to operate the upper and lower actuators through flex shafts. The actuator includes a manual drive unit that supplies a torque-limited manual drive point to operate ETRAS and a locking lever to lock the ETRAS in position. The actuator also includes a gimbal mount to allow actuator types used in the A380 ETRAS system, the other types being the lower and upper actuators. The center actuator configuration is shown in Figure 1.

The actuator has:

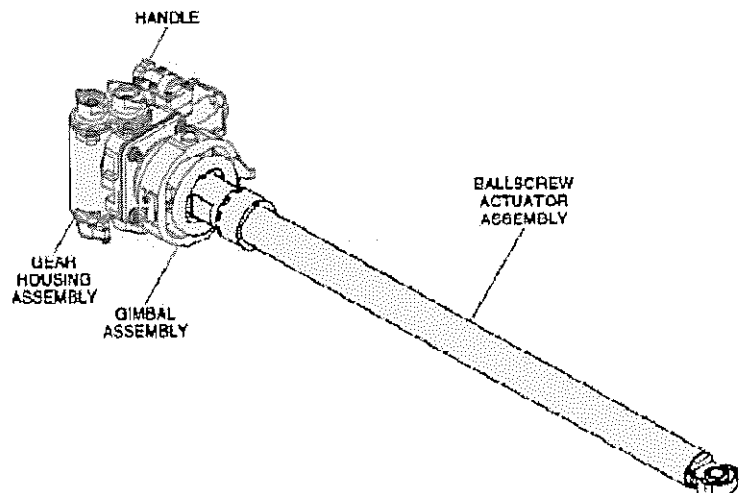
- a gear housing assembly
- and a ballscrew and gimbal assembly

The gear housing assembly has:

- bearing retainers
- a gear housing
- a handle
- and a pinion shaft

The ballscrew and gimbal assembly has:

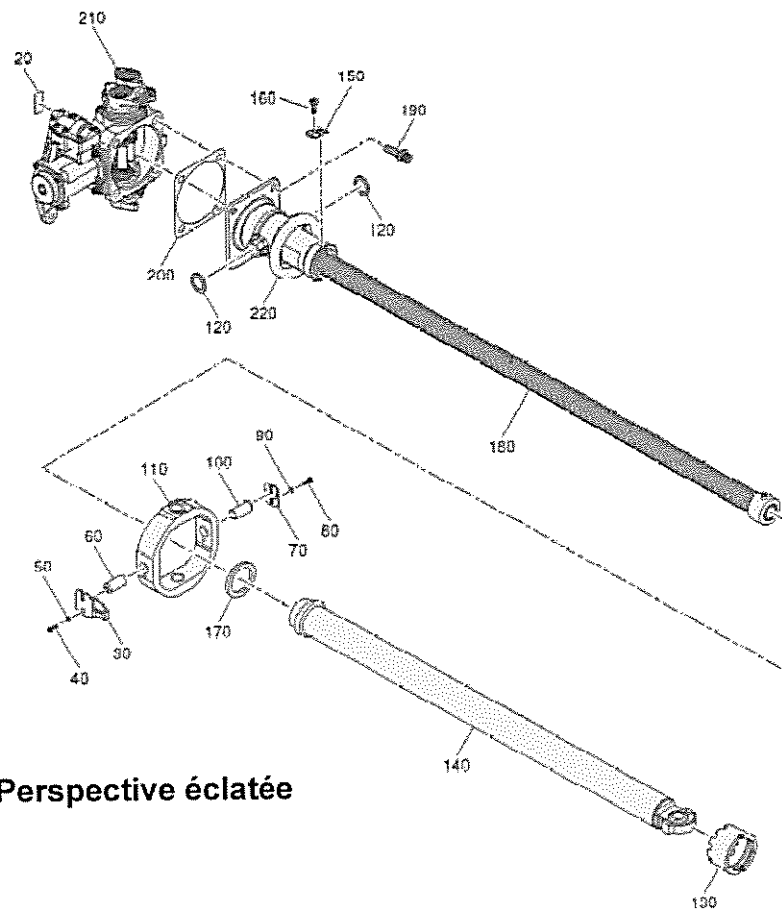
- a ballscrew actuator assembly
- a bearing housing
- a gimbal assembly
- a bevel gear
- and a fireproof seal



2- Center cowl actuator operation

During thrust reverser operation the center actuator input pad spline shaft is operated by a flex shaft. An internal gear train transmits this turning motion to a ball screw shaft, which turns in a counterclockwise direction, as viewed from the actuator-housing end. The turning ball screw shaft causes an anti-turn nut to move and operate an extension tube in the extend direction. During retract (stow) operation, the input pad spline shaft is moved in the retract direction. A self-aligning rod end bearing on the end of the extension tube provides a moving mount point for the actuator.

STRUCTURE DE L'ACTIONNEUR CENTRAL

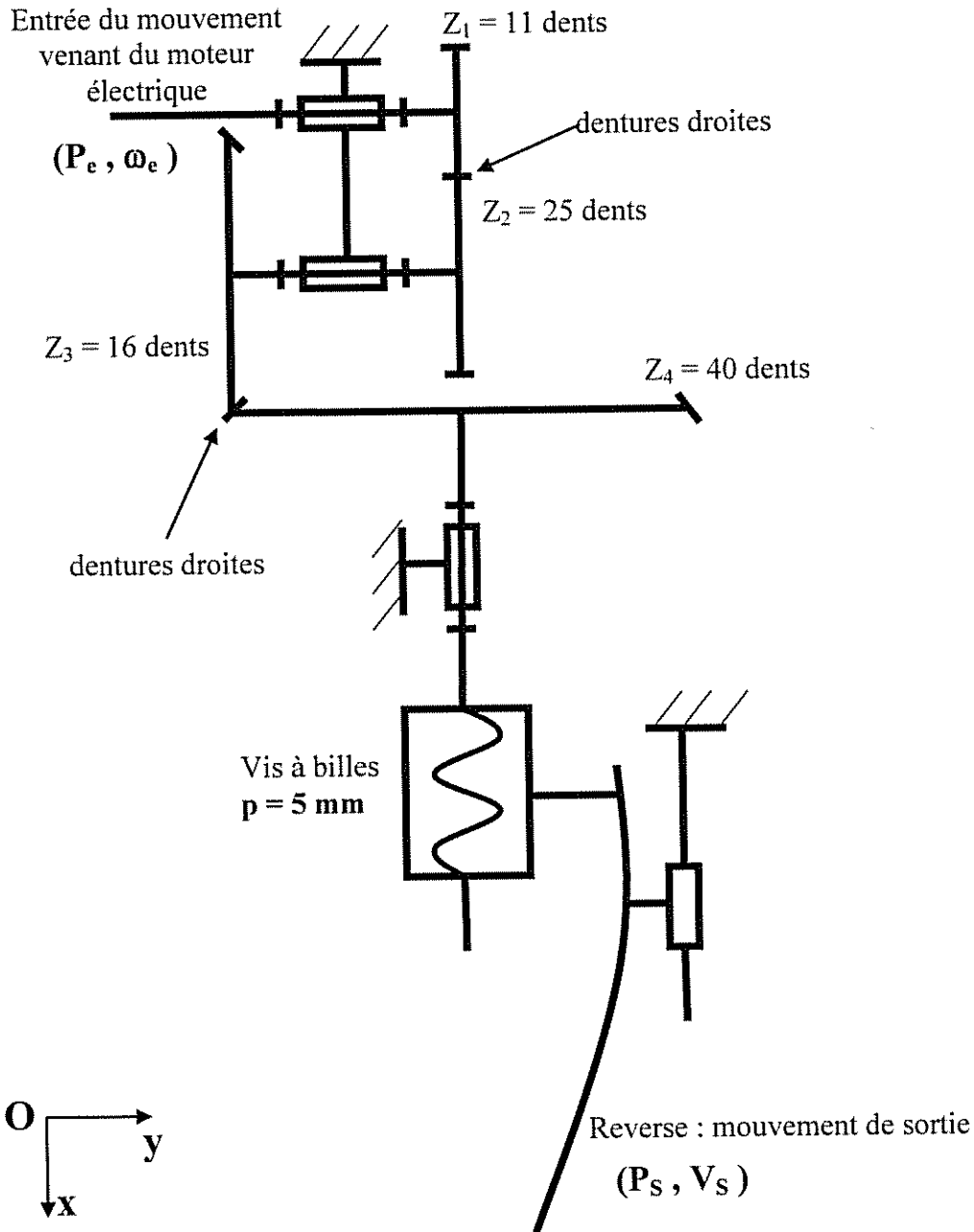


Perspective écartée

20.	IDENTIFICATION PLATE
30.	PIN RETAINER
40.	SCREW
50.	WASHER
60.	GIMBAL PIN
70.	PIN RETAINER
80.	SCREW
90.	WASHER
100.	GIMBAL PIN
110.	GIMBAL ASSY
120.	WASHER
130.	RING NUT
140.	EXTENSION TUBE
150.	CRIMP RING
160.	SCREW
170.	BALLSCREW SHIM
180.	BEARING HOUSING AND BALLSCREW ASSY
190.	BOLT
200.	SHIM
210.	LEFT HANDLE AND GEAR HOUSING ASSY
220.	FIREPROOF SEAL

CINEMATIQUE DE COMMANDE DES REVERSES

Le schéma cinématique ci-dessous représente la chaîne de transmission d'énergie d'un des trois actionneurs assurant la mise en mouvement d'un capot reverse.



Notation utilisée : P_e : puissance en entrée (W) ω_e : vitesse angulaire en entrée (rad/s)
 P_s : puissance en sortie (W) V_s : vitesse de sortie des reverses (m/s)

RESSOURCES MATERIAUX

L'axe intervenant dans la liaison **PIVOT** d'axe (F, \vec{z}) entre le bâti 0 et la biellette 1 est réalisé en **alliage d'acier** faiblement allié au chrome (Cr) molybdène (Mo). Sa désignation normalisée est **25CrMo4** (Norme NF EN 10027-1) ou **25CD4** (Norme AFNOR).

Cet alliage est utilisé en aéronautique en raison de sa grande résistance aux contraintes mécaniques, à l'usure, à la fatigue et au fluage.

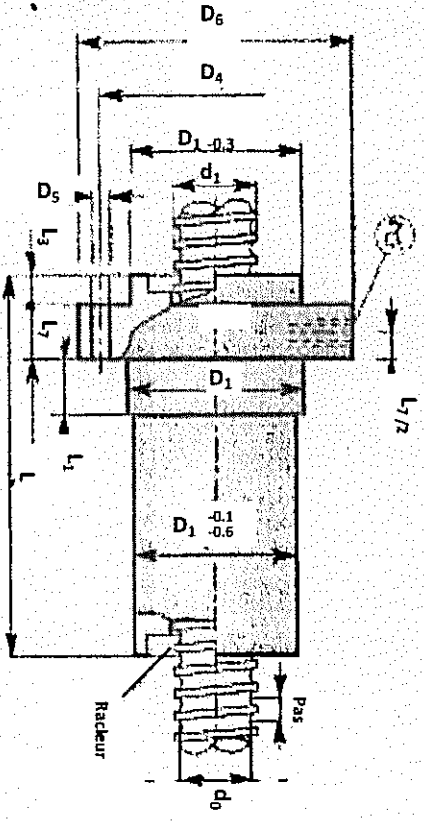
Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de ce matériau.

Caractéristiques		
Masse volumique (kg/m^3)		7800
Module d'élasticité (MPa)		207000
Coefficient de Poisson		0,4
Dureté HB		300
Limite élastique (MPa)		650
Limite à la rupture (MPa)		950
Allongement $(\%)$		12

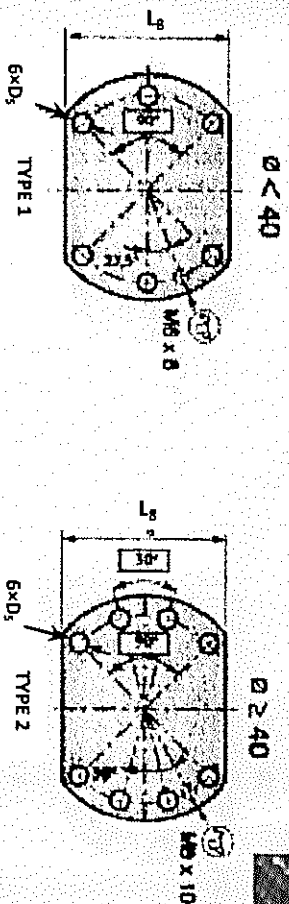
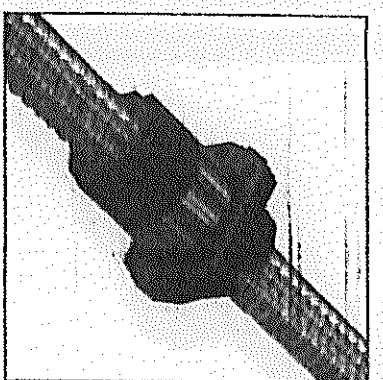
RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE ÉLASTIQUE À LA TRACTION (R_e) ET LA RÉSISTANCE ÉLASTIQUE AU CISAILLEMENT OU GLISSEMENT (R_{eg})	
Matériaux	Relation $R_{eg} = f(R_e)$
Acier doux ($R_e \leq 270$ MPa) Alliages d'aluminium	$R_{eg} = 0,5 R_e$
Aciers mi-durs ($320 \leq R_e \leq 500$ MPa)	$R_{eg} = 0,7 R_e$
Aciers durs ($R_e \geq 600$ MPa)	$R_{eg} = 0,8 R_e$
Relation générale $R_{eg} = f(R_e)$	
$R_{eg} = \frac{k_0}{1 + k_0} \cdot R_e \quad k_0 = \frac{R_e}{R_{ec}}$	
R_{ec} : résistance élastique à la compression	

VIS A BILLES ROULEE
CLASSE G7

ÆCROU NORME DIN. 69051/5



Référence	Pas	d ₁	d ₂	Dimensions en mm									
				D ₁ g6	D ₂	D ₃ H13	D ₄ h13	L ₁ ±1	L ₂	L ₃ ±0,5	L h13		
RM 1605 FK	16	5,5	12,7	28	38	5,5	48	48,5	10	10	5,5	10	
RM 2005 FK	20	5	16,7	36	47	6,6	58	48,5	10	10	5,5	10	
RM 2020 FH	20	5	16,7	36	47	6,6	58	59	20	20	14	10	
RM 2505 FK	25	5	21,7	40	51	6,6	62	49	10	10	6	10	
RM 2510 FH	25	5	21,7	40	51	6,6	62	51	9	9	16	10	
RM 2525 FH	25	5	21,7	40	51	6,6	62	71	20	20	15,5	10	
RM 3205 FK	32	5	28,7	50	65	9	80	57	10	10	6	12	
RM 3210 FK	32	5	28,7	50	65	9	80	73	16	16	6	12	
RM 3220 FH	32	5	28,7	50	65	9	80	83	25	25	19	12	
RM 4005 FK	40	5	36,7	63	78	9	93	66	10	10	7	14	
RM 4010 FK	40	5	36,7	63	78	9	93	88,5	16	16	7	14	
RM 4020 FH	40	5	36,7	63	78	9	93	83	25	25	19,5	14	
RM 4040 FH	40	5	39,6	70	85	9	100	104	25	25	21	14	
RM 5010 FK	50	10	49,5	75	93	11	110	92	16	16	7	16	
RM 5020 FH	50	10	49,5	75	93	11	110	85	25	25	22	16	
RM 6310 FK	63	10	62,5	90	108	11	125	103,5	16	16	7	18	
RM 6320 FH	63	10	62,5	90	108	11	125	86	18	18	24	20	
RM 8010 FK	80	10	79,5	105	125	13,5	145	121	16	16	9	20	
RM 8020 FK	80	10	79,5	105	125	13,5	145	160,5	25	25	9	25	



L h13	Type d'écrou	Jeu axial	Moment d'arrêt kg / mm ²	Charges		Poids		Long. max. des vis en M	Références
				Dyn. dan	Stat. dan	Écrou kg	Vis kg/M		
40	1	0,09	54	9,5	10,9	0,25	1,2	1,5	RM 1605 FK
44	1	0,09	125	11,5	15,5	0,35	2	2	RM 2005 FK
44	1	0,09	140	11,5	17,5	0,45	1,9	2	RM 2020 FH
48	1	0,09	165	13,1	20,2	0,37	3,3	2,5	RM 2505 FK
48	1	0,09	170	22,9	41,2	0,45	3,3	2,5	RM 2510 FH
48	1	0,09	200	13	22,6	0,55	3,3	2,5	RM 2525 FH
62	1	0,09	525	19,3	36,3	0,7	5,6	6	RM 3205 FK
62	1	0,15	565	26,4	39	0,8	5,3	6	RM 3210 FK
68	1	0,15	920	47,2	83,2	1,4	9	6	RM 3220 FH
70	2	0,09	1 260	26,3	59,2	1,2	9	6	RM 4005 FK
70	2	0,18	1 390	64,9	109	1,4	8,3	6	RM 4010 FK
70	2	0,15	1 390	52,2	103,5	1,6	7,6	6	RM 4020 FH
77	2	0,18	2 370	59,7	108,9	2,4	8,4	6	RM 4040 FH
85	2	0,18	2 920	66,4	134,3	2	13,5	6	RM 5010 FK
85	2	0,16	2 870	78,8	188,7	2,2	13,5	6	RM 5020 FH
95	2	0,18	5 840	93,8	229,7	3	22	6	RM 6310 FK
100	2	0,18	7 750	103,1	270,8	3,8	22	6	RM 6320 FH
110	2	0,18	11 000	121,9	374,9	3,9	36,4	7	RM 8010 FK
130	2	0,20	13 850	176,4	396,7	9,1	34,5	7	RM 8020 FK

Monopartil
Double billes
anti-rotation
Double billes

Table

Guidage
à billes

Vis billes