



AMPLI RECHAUFFE ou RCU - Rheat Control Unit -

Situation :

Au nombre de 4 (un par réacteur), ils se situent dans les racks électroniques 243 et 244, se trouvant à l'arrière de l'avion, de part et d'autre du galley arrière.

Fonction :

Assure la régulation de la réchauffe. Il reçoit des infos de température entrée d'air.

- De débit carburant
- De régime compresseur BP (N1)
- De détection allumage réchauffe
- De position de la vanne de purge

Il élabore les séquences d'allumage et d'extinction de la réchauffe et délivre des signaux de commandes aux différents composants du circuit.

FIXATION DES REACTEURS DANS LA NACELLE

PIECES CONSTITUANT LA BALANCE MECANIQUE (DANS LA BAIE SECHE / VOILURE AU-DESSUS DU MOTEUR)

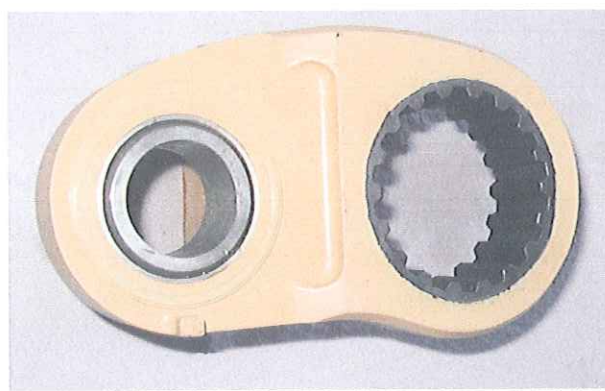
La fixation des réacteurs dans la nacelle est effectuée en cinq points. Le réacteur est attaché directement à la voilure par un système de suspension avec équilibrage mécanique de poussée. Ce dispositif a pour but d'adapter la géométrie des attaches moteur aux déformations de la voilure, et de compenser les différences de poussée. Ce dispositif comprend :

- ▶ A l'avant, deux étriers articulés.
- ▶ A l'arrière, un étrier articulé.

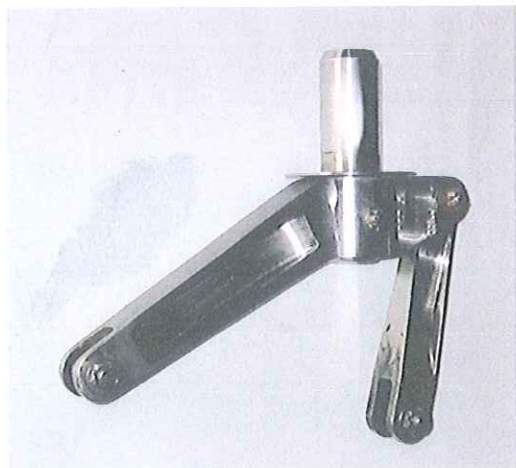
La balance mécanique de poussée, dont le jeu cinématique compense l'inégalité des charges introduites dans les tourillons, attaches principales des moteurs. L'ensemble de ces dispositifs maintient l'alignement entre entrée d'air et moteur, dans des limites acceptables



LEVIER DE POUSSEE MOTEUR



BIELLE COMMANDE MOTEUR



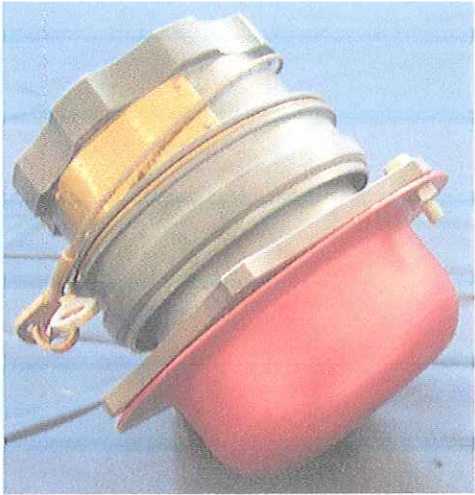
ETRIER ARTICULE ARRIERE



ETRIER ARTICULE AVANT



FERRURES DE FIXATION DES ENTREES D'AIR



GROUN CONNEXION NON RETURN VALVE

Connexion avec clapet **Anti Retour** installée sur **GTR 1 & GTR 3** permettant le démarrage des **GTR** par un groupe de parc pneumatique. Les **GTR 2 & 4** sont alimentés en air par la même source grâce à une **CRAES BLEED**.

ALLUMEUR RECHAUFFE SUR MOTEUR OLYMPUS



L'allumeur réchauffe sur le moteur Olympus, permet d'augmenter la poussée réacteur de :

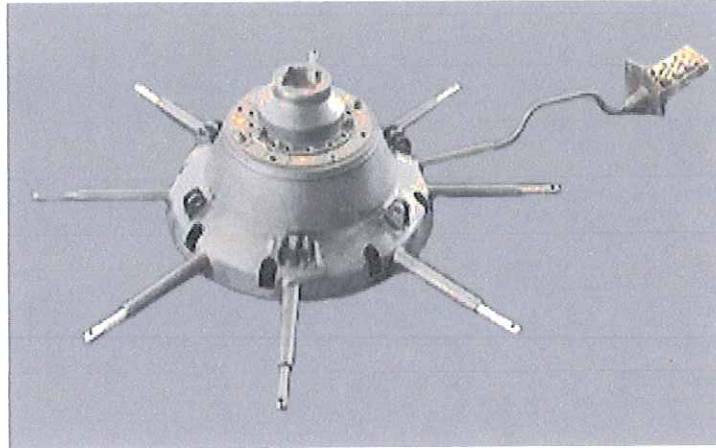
- 18% au décollage
- 15% en transsonique
- 20% en mode **contingency** (utilisation exceptionnelle, en cas de panne d'un réacteur).

La réchauffe procure avec les **4 réacteurs**, une poussée équivalente à un **5^{ème} réacteur**. Elle est utilisée au décollage pour diminuer la distance de roulage et en accélération transsonique entre **Mach 0,9 et 1,7**.

Description et fonctionnement :

L'allumage de la réchauffe s'effectue par un allumeur de type tourbillonnaire qui débouche dans une préchambre d'allumage. De l'air (pression 2,5) prélevé au 5^{ème} étage du compresseur HP, est envoyé dans le corps de l'allumeur pour provoquer l'effet tourbillonnaire au niveau des électrodes. Cette astuce permet à l'arc électrique de se dégager du corps de l'allumeur et de tourner autour de l'électrode centrale. Le carburant est injecté dans la préchambre et, quand l'allumeur est activé, le mélange **Air/Carburant** s'enflamme, créant une torche qui allume la réchauffe.

SONDE EGT FLAMME HOLDER (la pieuvre)



Exhaust Gas Température.

La température de sortie turbine fait partie des paramètres essentiels à présenter aux pilotes, pour la conduite de chaque réacteur.

L'indicateur de température **EGT**, reçoit le signal de température des thermocouples qui sont montés autour de la station 7.

Cette station 7 se situe à l'arrière du réacteur, à la sortie turbine. Les 8 thermocouples sont installés sur le cône arrière du réacteur et forme un ensemble qui ne peut pas être dissocié, (*à la maintenance Concorde, nous appelions cet ensemble "l'araignée"*)

Chaque thermocouple contient trois jonctions chaudes qui forment trois boucles de détections séparées. L'une est utilisée dans l'asservissement de l'ampli **TCU** main, la seconde dans l'asservissement de l'ampli **TCU** alternante et la troisième pour l'indication **EGT**.

Les thermocouples sont connectés dans une boîte de jonction située sous le réacteur ; de cette boîte le signal est envoyé vers l'indicateur et les **TCU** (**Throttle Control Unit**), ou Ampli de conduite réacteur.



ANNEAU DE RECHAUFFE ACCROCHE FLAMME

Anneau de réchauffe.

La réchauffe permet d'augmenter la poussée de l'ensemble propulseur. Pour chaque réacteur, cette augmentation est d'environ 18% au décollage, 15% en accélération transsonique, ce qui procure une poussée équivalente à un cinquième réacteur.

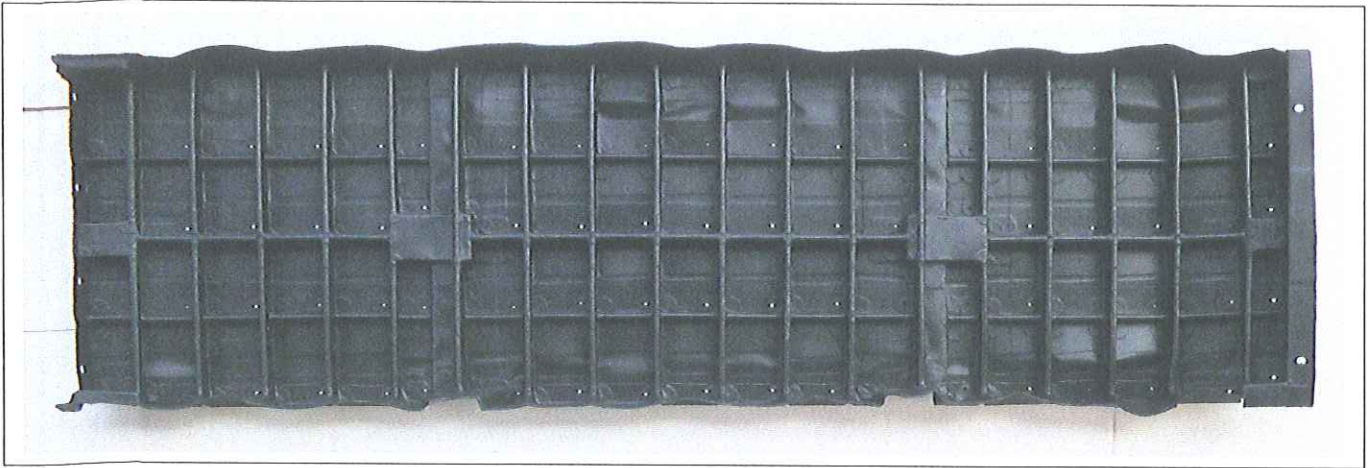
La réchauffe est utilisée au décollage pour réduire la distance de roulage et en accélération transsonique entre Mach 0.9 et Mach 1.7 pour permettre à l'avion de vaincre l'accroissement brutal de la traînée et atteindre rapidement l'altitude de croisière.

Le système de réchauffe est simple dans sa définition technologique ; il comprend essentiellement une rampe d'injection, un régulateur carburant et un amplificateur qui commande et contrôle le régulateur. Le carburant provenant d'une pompe réacteur est dirigé vers le régulateur à travers un transmetteur débitmètre, puis est envoyé vers la rampe d'injection.

Le système d'injection est fixé sur le cône arrière du réacteur, il comprend : un déflecteur appelé "**enclume**", un stabilisateur de flamme et une pré-chambre dans laquelle est fixé un allumeur.

La rampe d'injection forme un anneau avec des orifices destinés à injecter le carburant à contre-courant dans le canal d'éjection. Ce carburant est projeté sur l'enclume, se mélange aux gaz d'échappement et brûle dans le sillage du stabilisateur de flamme.

LINER EN KEVLAR – DOUBLE PAROI SOUPLE



L'accident du CONCORDE à Gonesse le 25 juillet 2000 a eu plusieurs causes parmi lesquelles un coup de bélier hydraulique dans un réservoir, résultant du choc d'un éclat de pneumatique.

Le débris de pneu éclaté coupé par une lamelle de titane tombée du moteur d'un DC-10 ayant décollé juste avant, n'a pas perforé la paroi du réservoir (panneau intrados de l'aile). C'est l'onde de choc dans le kérosène qui a causé l'expulsion vers l'extérieur d'un morceau de paroi d'environ 30 x 30 cm.

Ce mode de rupture structurale était inconnu en aviation civile. Il en est résulté une fuite massive de carburant qui a pu atteindre 120 à 150 litres par seconde selon des essais réalisés en laboratoire après l'accident.

Pour la remise en service de CONCORDE, l'objectif était de réduire le taux de fuite à un niveau acceptable par les Autorités de Certification, en cas de dommage majeur (tel que l'expulsion d'un morceau d'intrados important), avec pour dommage de référence le trou de 30 cm x 30 cm (partie d'intrados trouvé sur piste à Roissy).

Le liner (double paroi souple) n'est pas un renforcement de la voilure, mais un moyen d'étanchéité. Son niveau d'étanchéité a été testé :

- Essai de laboratoire avec de l'eau, hauteur de fluide représentant celle de l'avion horizontal.
- En faisant varier section de mise à l'air libre ► taux de fuites de 80 à 150 l/s.
- Avec liner non drainé, étanchéité au mieux ► taux de fuite de 0,5 l/s.
- Avec liner drainé pour empêcher les accumulations de gaz entre peau voilure et liner (un trou de drainage de 4 mm dans chaque alvéole) ► taux de fuite limité environ à 3 l/s.

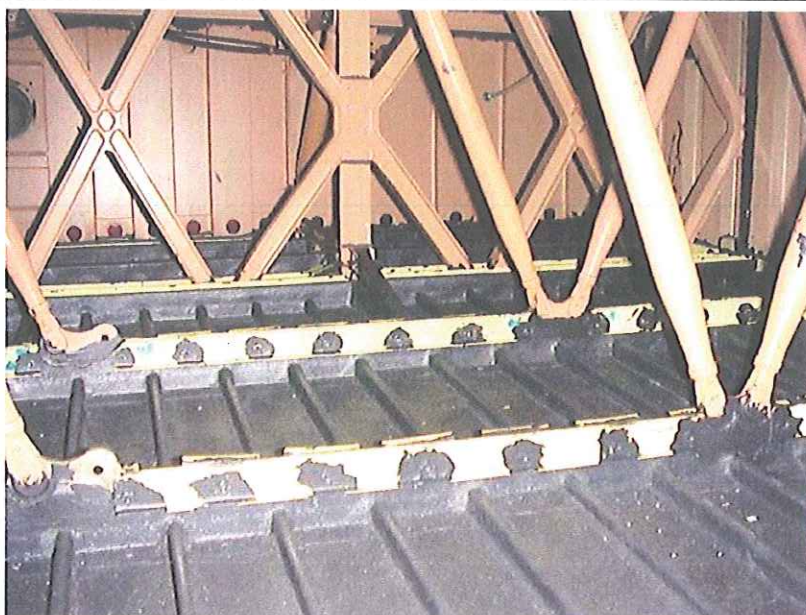
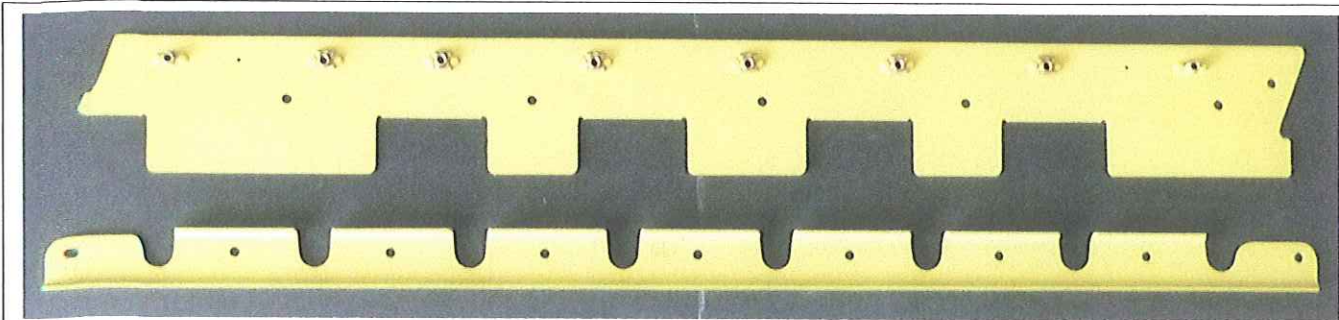
Ces essais ont été complétés par un essai de roulage à grande vitesse à Istres, l'avion étant piloté par Gilbert DEFER, ancien pilote d'essais de CONCORDE.

Grâce également aux pneus NZG développés par MICHELIN, le Certificat de Navigabilité a été restauré le 6 septembre 2001.

Le liner est un composite souple constitué de tissus d'aramide (Kevlar™) enrobés de fluoro-carbone (Viton™), élastomère qui fut développé spécialement pour CONCORDE pour réaliser du mastic et des joints résistant à haute température.

En tout, 88 liners différents correspondant aux différentes zones des réservoirs N° 1 et 4, 5 et 8, 6 et 7, ont été installés et fixés par environ 4000 supports et brides nouveaux.

BRIDE & OBTURATEUR DE LINER



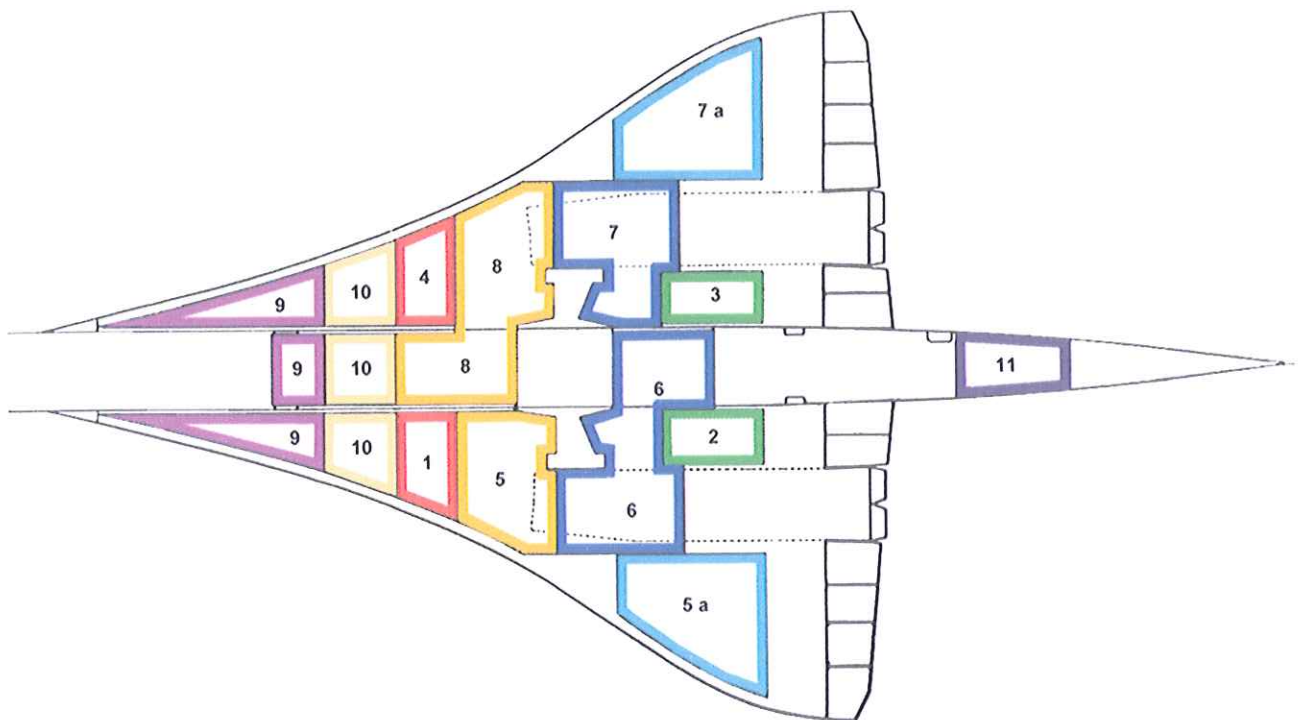
SONDE CARBURANT

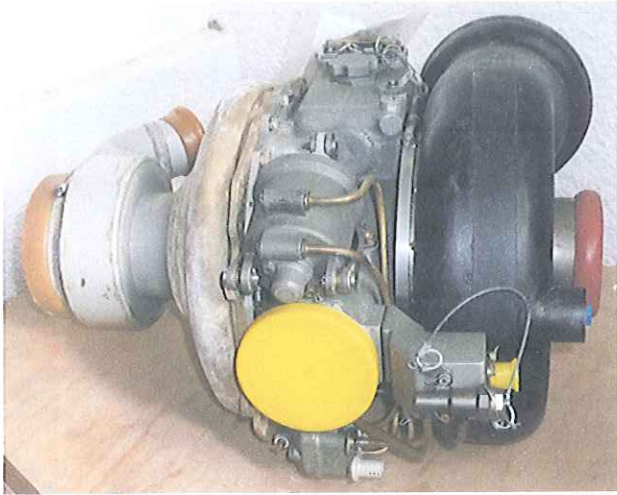


Réservoir 1 au 4 (QTY 4,350 kg) qui sont les réservoirs d'alimentation en carburant des **GTR 1 & 4**, nommés nourrices.

Rappel : 13 réservoirs répartis des deux côtés de la voilure, sous le fuselage à l'avant et à l'arrière.

Poids total maximal de carburant : **95,300 kg**.





COLD AIR UNIT AIR/CARBURANT

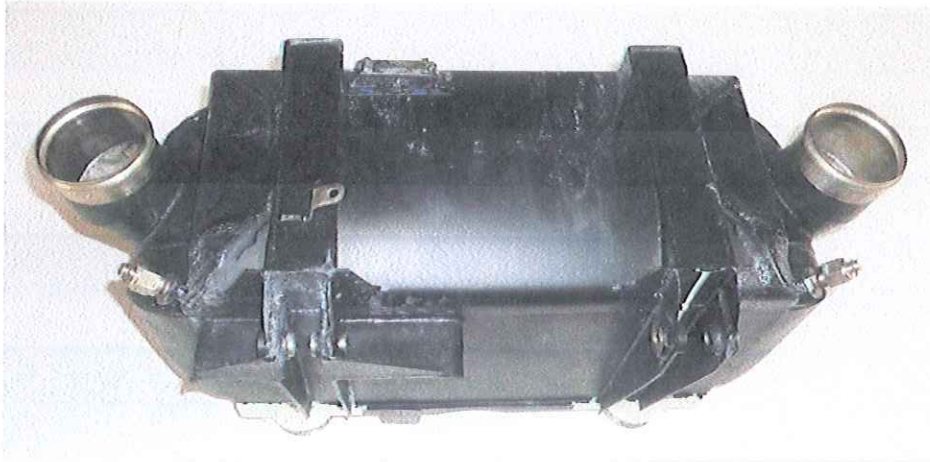
Pièce maitresse des groupes de conditionnement d'air et indispensable au confort de la vie à bord de l'avion, destinée à refroidir suffisamment l'air distribué en cabine,

En effet, le vol supersonique engendre un échauffement de toute la surface de l'avion de l'ordre de 90°C au niveau du fuselage.

L'air prélevé des moteurs, à une température de 550°C, via diverses vannes, traverse l'échangeur primaire air/air, est acheminé à 200°C vers le compresseur, l'air traverse un échangeur secondaire **AIR/AIR**, puis l'échangeur **AIR/CARBURANT** pour arriver à l'entrée turbine à 80°C et en sortir à - 25°C.

Cet air froid sera ensuite dosé par le système de régulation de température afin de maintenir en cabine une température confortable.

ECHANGEUR AIR/CARBURANT

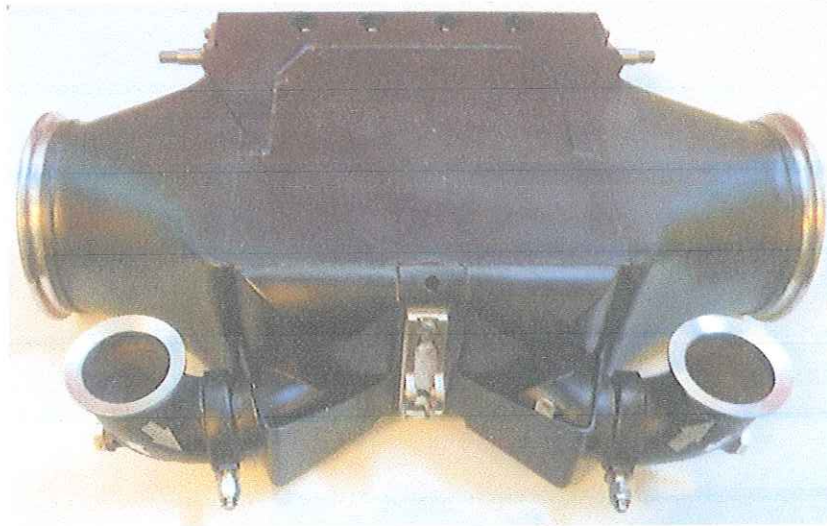


Cet échangeur, situé comme le **C.A.U** dans l'aile au-dessus des moteurs, est destiné à abaisser la température de l'air à l'entrée de la turbine à la valeur la plus basse possible. Il est situé en dérivation sur le circuit principal d'alimentation en carburant du réacteur.

Un clapet taré, placé en parallèle avec l'échangeur, permet d'assurer un débit de carburant constant dans l'échangeur, quel que soit le régime réacteur.

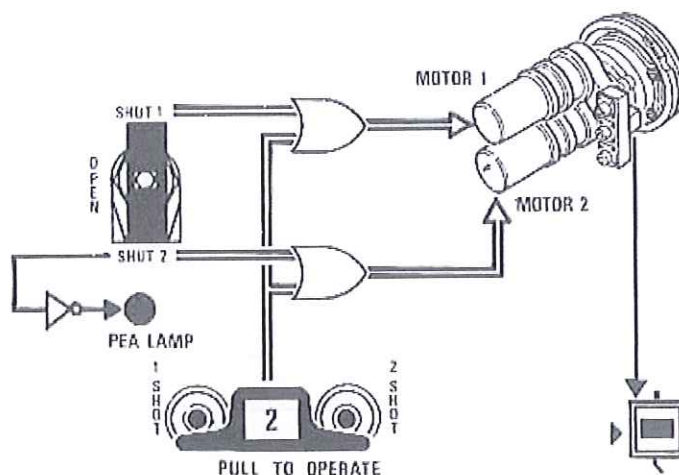
Notons l'efficacité des échangeurs secondaires et air/carburant, qui font chuter la température de l'air de cette portion du circuit, de 300°C à 80°C.

EXCHANGER SECONDARY AIR TO AIR HEAT ECHANGEUR AIR/AIR



Cet échangeur secondaire, situé au-dessus de chaque GTR, limite la température de l'air neuf à l'entrée de l'échangeur carburant. Il est dimensionné de façon à limiter la température de l'air à 190°. Il est en acier inoxydable de type compact à plaques et ailettes.

ROBINET CARBURANT TRANSFERT EQUILIBRAGE



Description & Situation :

Tous les robinets de transfert sont à boisseau sphérique, munis de deux moteurs électriques, (un moteur normal et un auxiliaire). Sur le panneau **Officier Mécanicien Navigant (OMN)**, un indicateur magnétique, associé à chaque robinet, indique la position du boisseau. Ils sont localisés dans les karmans (carénages d'emplanture intrados), sous les **R10**, **R5** et **R7**. Sur la cloison arrière du **R11** pour ce réservoir.

Rôle & Fonction :

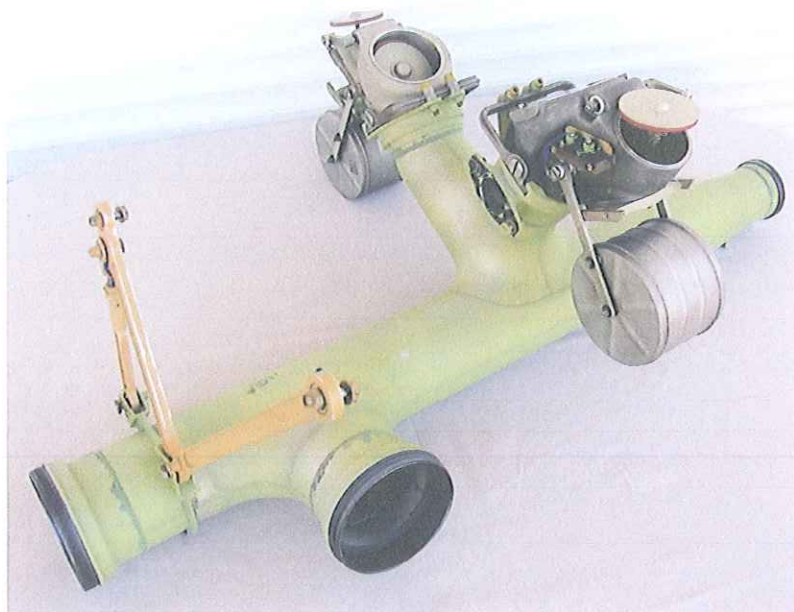
Pour maintenir l'avion dans les meilleures conditions de vol subsonique et supersonique, il est indispensable que le centre de gravité de l'avion suive le déplacement du centre de poussée aérodynamique durant l'accélération et la décélération transsonique.

Ce déplacement total est d'environ 1,50 mètre. L'essentiel de ce déplacement s'effectue donc par transfert de carburant entre les réservoirs d'équilibrage **9-10-11**, ainsi que de ces réservoirs vers les **R5** et **R7**.

La commande de chaque robinet est située sur le panneau **Officier Mécanicien Navigant (OMN)**. Un sélecteur à 3 positions est normalement sur la position "**OPEN**".

La fermeture d'un robinet par le moteur normal est commandée avec le sélecteur sur "**SHUT 1**" et par le moteur auxiliaire avec le sélecteur sur "**SHUT 2**". La fermeture est assurée par les 2 moteurs en tirant la poignée coudée coupe-feu du moteur correspondant. Un indicateur magnétique est associé à chaque robinet et est commandé par la fin de course du boisseau.

VALVE EQUIPEE DE 2 T.P.R.V.

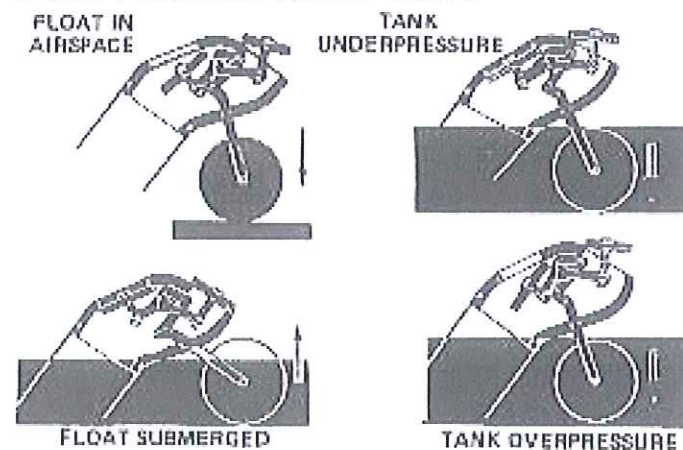


Clapet de sécurité à flotteur. Ces clapets assurent la communication entre la partie supérieure des réservoirs et le circuit de mise à l'air libre, quelles que soient les conditions de surpression ou de dépression et la position du flotteur.

Les clapets sont montés dans les réservoirs (sauf le **R11**) juste sous une porte du revêtement extradados. Certains clapets, ceux de la cellule fuselage, du réservoir **R8** et ceux des réservoirs **R5A** et **R7A**, se trouvent dans une boîte de mise à l'air libre, qui communique avec la partie supérieure de ces réservoirs.

Avant chaque plein carburant, un test doit être effectué à partir du panneau de remplissage. Chaque clapet est muni d'un contacteur qui envoie un signal d'allumage du voyant vert "**PRV**" au panneau remplissage, lorsque le clapet est ouvert. Pour que ce voyant s'allume, il faut que tous les autres clapets soient aussi ouverts et que le sélecteur de test soit sur normal. Si le voyant ne s'allume pas, le sélecteur rotatif permet de rechercher le clapet qui n'est pas ouvert.

TANK PRESSURE RELIEF VALVE

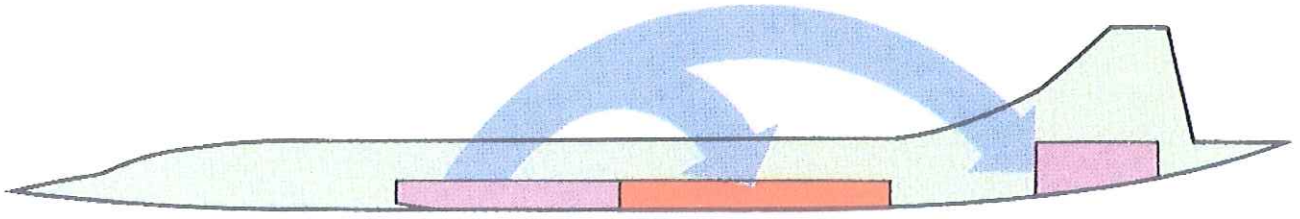


Avec l'augmentation de la vitesse, la pression sur la voilure du Concorde s'exerce de façon différente, et le centre de gravité de l'appareil se déplace vers l'arrière, ce qui tend à le faire piquer.

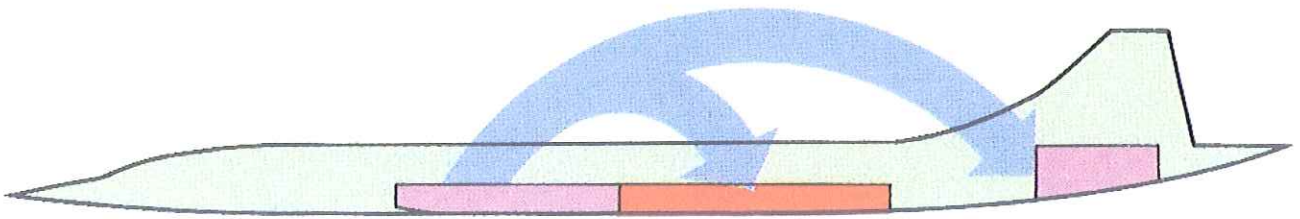
A faible vitesse, le mouvement de cabrage du nez est compensé par le transfert de carburant vers l'arrière.

 Réservoirs principaux  Réservoirs d'équilibrage avant & arrière

Accélération transsonique : transfert vers l'arrière



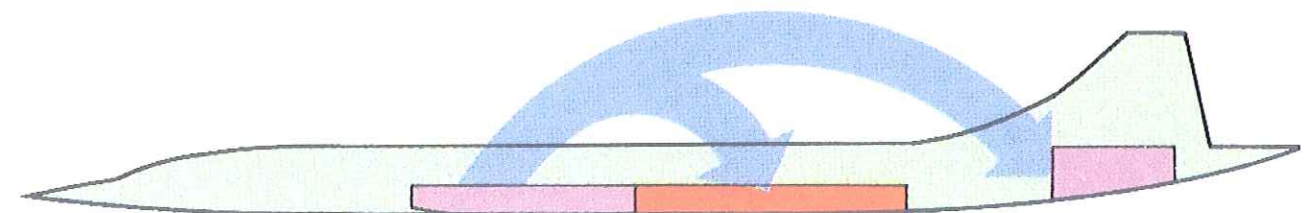
Décélération rapide : Transfert vers l'arrière



Fin de croisière : Transfert vers l'avant



Equilibrage à l'atterrissage après un vol subsonique prolongé : transfert vers l'arrière



POMPE TRANSFERT CARBURANT



Pompe de transfert du carburant équipée de son moteur hydraulique.

Pompes centrifuge installées sur la cloison avant du réservoir 11 (à l'arrière de l'avion).

- ▶ La pompe gauche alimentée par le circuit hydraulique **VERT**
- ▶ La pompe droite alimentée par le circuit hydraulique **BLEU**

Le transfert s'effectue par déplacement du carburant entre les réservoirs **9 & 10 – 5 & 7 – 11**

- ▶ Débit de **18.000 kg/h**
- ▶ Pression **6 PSI**

ROBINETS PRINCIPAUX VIDE-VITE CARBURANT



La commande de ces robinets s'effectue à partir du panneau **OMN**, par inverseur à trois positions.

Ces deux robinets sont montés à l'arrière des deux collecteurs de transfert et commande l'ouverture des deux collecteurs vers l'extérieur, juste derrière le réservoir **R11**.

Le système vide-vite permet l'évacuation du carburant vers l'extérieur, quand suite à de gros problèmes techniques, l'avion fait demi-tour en vol après le décollage.

Vidange nécessaire pour ramener la masse de l'avion dans les tolérances pour l'atterrissage.



ISOLATION CHAMBER

Généralités :

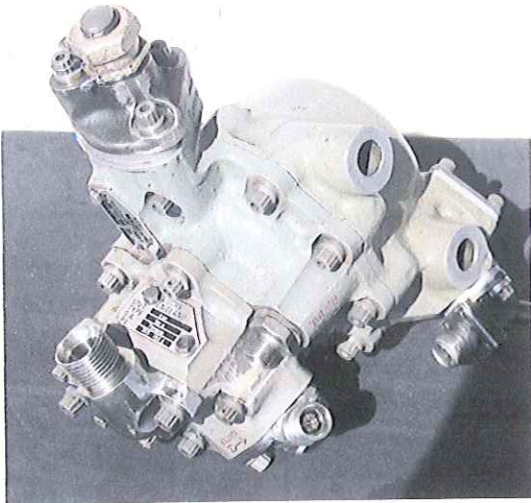
Les pompes carburant électriques, équipant chaque réservoir, sont montées à l'intrados voilure ou sous le fuselage, donc aux points bas des réservoirs.

Rôle de l'Isolation Chamber :

Les pompes étant immergées dans les réservoirs, elles sont positionnées dans des "**Chambre d'Isolation**", afin de faciliter les opérations de maintenance lors de leur remplacement. L'élément turbine-moteur de chaque pompe se démonte donc sans qu'il soit nécessaire de vidanger le réservoir correspondant.

Description :

Une jupe coulissante ou des clapets obturent les orifices d'admission ou de refoulement du carburant. Avant d'effectuer la dépose d'une pompe, il suffit de démonter un bouchon de drainage situé à la partie inférieure de la pompe, pour vidanger le carburant se trouvant à l'intérieur de l'**Isolation Chamber**.



ELECTRIC START PUMP

Pompe Electrique Démarrage

C'est un des éléments du circuit d'alimentation carburant du moteur **Olympus** (1 pièce par moteur) fixée sur le **GTR**. Le but principal du circuit carburant **GTR** est de mettre en pression et réguler le débit du carburant alimentant le moteur.

Chaque **GTR** possède 3 pompes carburant :

Une première pompe (**FSP**) entraînée par le relais accessoire gauche (entraînement mécanique) suffit seul à l'alimentation en croisière.

Une deuxième pompe (turbo pompe) est là pour fournir un appoint de pression en cas de demande pleine puissance (l'entraînement se fait grâce à de l'air prélevé sur le **GTR**).

Une troisième pompe électrique de démarrage (entraînement par moteur électrique). Cette pompe est mise en route automatiquement pendant la phase de démarrage du moteur, son fonctionnement est temporisé. Elle est là pour fournir une pression carburant correcte pendant le démarrage du moteur (la **FSP** n'ayant pas encore une vitesse de rotation suffisante).



FUEL THROTTLE VALVE

Chaque groupe de conditionnement d'air, (un par réacteur), est équipé d'un échangeur **AIR/CARBURANT**.

Cet échangeur est dimensionné de façon à abaisser la température de l'air à l'entrée de la turbine du groupe turbo refroidisseur (**COLD AIR UNIT**) à la valeur la plus basse possible. L'échangeur est situé en dérivation sur le circuit principal d'alimentation en carburant du réacteur, en aval des robinets coupe-feu.

Le débit carburant dans l'échangeur est commandé par une vanne, (**FUEL THROTTLE VALVE**), à moteur électrique. Cette vanne est placée sur la tuyauterie de sortie de l'échangeur.

Cette vanne à deux modes de fonctionnement :

- Un mode automatique, dans le cas normal de fonctionnement, (position auto du sélecteur), situé sur le panneau **OMN**, (**Air Bleed Control**).
- Un mode manuel, dans le cas de panne du système auto, (position **OPEN** ou **SHUT** du sélecteur).

Sur la position **AUTO**, la vanne sera commandée fermée :

- Si le carburant est plus chaud que l'air.
- Si l'air de conditionnement est inférieur à 15° C, à l'entrée de la turbine du groupe.

Dans tous les autres cas elle est commandée ouverte.

Pour cela, la vanne est commandée par un régulateur (**MASTER CONTROL UNIT**), recevant les informations de trois sondes :

- Une sonde de température carburant.
- Une sonde de température d'air amont.
- Une sonde de température d'air aval.

Ces informations entrent dans un comparateur et dans un détecteur de seuil (15°C) afin d'élaborer les ordres d'ouverture ou de fermeture de la vanne carburant.

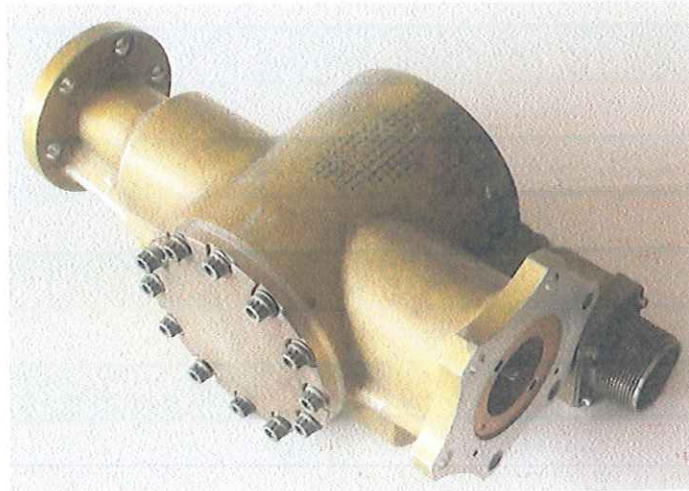
POMPE DE TRANSFERT DE CARBURANT



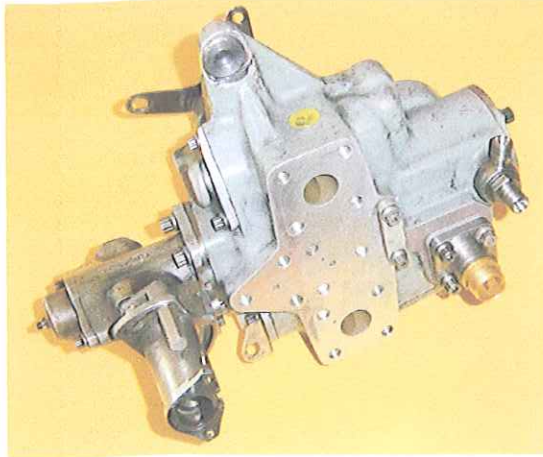
Systeme électrique de transfert de carburant des réservoirs : 5 – 7 - 9 – 10 - 11.

- ▶ Débit de 22.700 kg/h
- ▶ Pression de 5 PSI

DEBITMETRE MASSIQUE CARBURANT



Le Débitmètre Massique Carburant, mesure la consommation de carburant en **KG/HEURE** et non en **LITRE**



BLOCK FUEL VALVE DISTRIBUTION CARBURANT

Situation :

Se trouve sous chaque réacteur. C'est un des éléments essentiels du circuit d'alimentation en carburant du moteur, situé entre le **F.C.U.** (Fuel Control Unit), qui est le régulateur de carburant et du transmetteur débitmètre.

Le bloc distribution comprend :

- La vanne à fermeture rapide
- La vanne de drainage

Vanne à fermeture rapide :

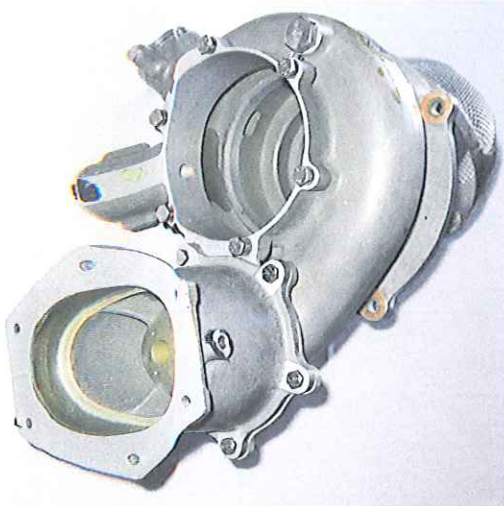
Elle est liée au système de détection de cassure de l'arbre **BP** (**Basse Pression**) du réacteur. Son but est de stopper rapidement le débit carburant vers les injecteurs en cas de rupture de l'arbre. Sur l'Olympus l'arbre de l'attelage **Basse Pression (BP) N1** est très long et il subit de fortes contraintes en torsion. Une rupture de cet arbre entraînerait un emballage de la turbine **Basse Pression (BP)** et l'éclatement éventuel de celle-ci. **Vanne de drainage** : Son but est de vidanger les rampes d'injecteurs à l'arrêt réacteur (**GTR**) et de commander le débit carburant vers les injecteurs pilotes, lorsque le réacteur fonctionne.

Deux clapets de pressurisation :

Clapets fermés en l'absence de pression carburant.

Pour info :

Le réacteur **Olympus** est équipé de 2 allumeurs, avec à proximité 2 injecteurs dit de "démarrage" ainsi que de 16 injecteurs dit "pilotes"



CHAMBER ISOLATING OU CARTER D'ISOLATION

Au **niveau** des réservoirs carburant et sur les tuyauteries d'alimentation, de nombreux **équipements**, (pompes, valves, clapets), sont équipés de carter d'isolation, permettant le **remplacement** de l'équipement défectueux.

Un **clapet** interne isole ce carter du réservoir, lorsque l'on dépose l'équipement. Il suffit donc de **vider** le carter après avoir tiré l'équipement jusqu'à la butée.

Le **carter** d'isolation présenté concerne les pompes centrifuges à moteur hydraulique montées dans le **réservoir R11**.

Ces **pompes** assurent le transfert d'équilibrage carburant entre le **R11**, situé à l'arrière de l'**appareil**, et les réservoirs **R9 et R10**, situés à l'avant.

TUYAUTERIE ECHANGEUR AIR/FUEL



Ce conduit se situe entre le **C.A.U.** (**Cold Air Unit**), qui est un turbo refroidisseur et l'échangeur air/fuel (**Fuel Heat Exchanger**).

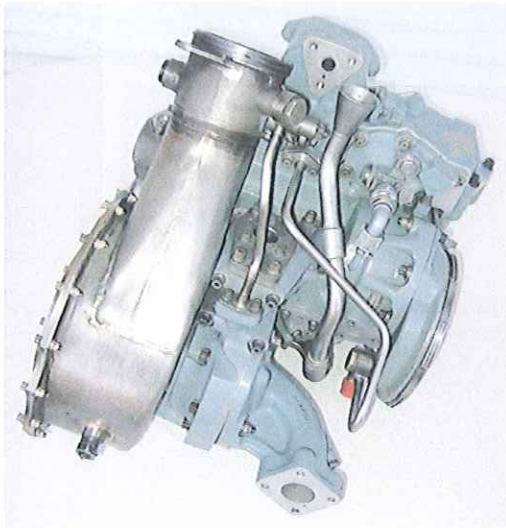
Tous ces composants se trouvent dans ce qu'on appelle les **baies sèches**, au nombre de 4, elles même se trouvant chacune au-dessus de chaque réacteur.

Ce conduit est équipé de **3 sondes** (**2 sondes de températures et 1 sonde de surchauffe**). Ces sondes envoient des infos au **M.C.U.** (**Master Control Unit**), calculateur qui commande le **Fuel Throttle Valve**, valve qui commande le débit carburant dans l'échangeur.

Précisions:

Pour définir ce système, où le carburant intervient dans le conditionnement d'air, il faut préciser que tant que nous sommes dans le domaine du vol subsonique, il faut réchauffer la cabine ; par contre en vol supersonique, c'est l'inverse, il faut refroidir la cabine.

Dans ces conditions, la température totale n'est plus suffisante pour refroidir l'air du prélèvement par des échangeurs classiques **AIR/AIR**. Le carburant est donc utilisé comme agent refroidisseur.



POMPE CARBURANT 2^{ème} ETAGE ENSEMBLE REGULATEUR CARBURANT

Généralités :

Le but principal du circuit carburant est de pressuriser et de réguler le débit carburant au réacteur. Il sert aussi à refroidir l'huile du réacteur et de l'I.D.G.

Le système comprend le régulateur et trois pompes :

- **La pompe 1^{er} étage**, entraînée par le relais d'accessoires gauche, est normalement suffisante pour alimenter le réacteur et la réchauffe. Cependant, dans certaines conditions, telle que pleine puissance au-dessus de 40.000 pieds, elle ne suffit pas.
- **La pompe 2^{ème} étage** doit alors fournir un appoint de pression. Cette turbopompe est alimentée par de l'air P2 et contrôlée par une vanne. Cette vanne est commandée par le régulateur et s'ouvre dans le cas de basse pression excessive détectée entre l'entrée et la sortie du régulateur.
- **La 3^{ème} pompe** est la pompe de démarrage. Celle-ci est à moteur électrique et fonctionne avec les systèmes d'allumage et de débalourdage (**DEBOW**).

Le régulateur carburant (appelé également **F.C.U.** pour **Fuel Control Unit**) se situe après la pompe 2^{ème} étage. Il se compose d'un doseur asservi par un moteur électrique et d'une vanne de commande **HP-SHUT OFF-VALVE**. Le débit carburant est régulé par le doseur dont le moteur électrique reçoit les ordres de la manette de puissance à travers l'amplificateur de conduite du réacteur.

La vanne **HP-SHUT-OFF-VALVE** a deux fonctions : elle agit comme robinet d'arrêt du débit carburant, quand elle est commandée ouverte ou fermée par l'inverseur de commande ou comme vanne de limitation de débit quand les systèmes de limitation des régimes N1 et N2 agissent.

Cet ensemble régulateur/pompe 2^{ème} étage se situe côté gauche, en partie basse, dans le 1^{er} tiers avant du réacteur. Le système de commande de la régulation carburant du réacteur est entièrement électrique. Il n'y a pas de liaison mécanique entre les manettes de gaz et le réacteur.