

Devoir Libre 2

Etude d'une tuyère à ouverture variable

Les propulseurs utilisés dans les applications militaires ou civiles subissent, avant leur mise en service, des tests de certification visant à contrôler leur bon fonctionnement et le respect des normes de sécurité. Ces tests consistent à simuler au sol les conditions de vol subies par le propulseur et à observer les réactions de celui-ci consécutives à des commandes de pilotage. La DGA (Direction Générale de l'Armement) dispose dans son centre d'essais des propulseurs, situé à Saclay, de bancs d'essais dédiés à la certification et à la mise au point de différents types de propulseurs d'avions ou de missiles.



Figure 1 : avion de combat Rafale

Un turboréacteur est un propulseur fonctionnant sur le principe d'action-réaction. La différence de vitesse entre l'air entrant et les gaz produits entraîne une variation de quantité de mouvement et donc un effort de poussée (voir figure 2 ci-dessous).

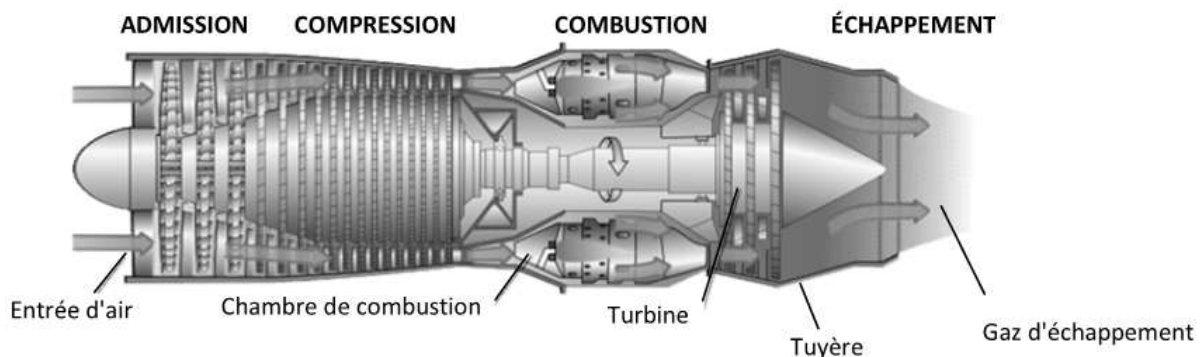


Figure 2 : structure d'un turboréacteur

L'air ambiant est conditionné à l'entrée puis comprimé à l'aide de compresseurs centrifuges à étages multiples. Le carburant est alors injecté dans la chambre de combustion, mélangé à l'air puis

enflammé, ce qui produit ainsi l'énergie permettant l'accélération des gaz au passage de la tuyère d'éjection à ouverture variable. Leur passage dans une turbine permet en outre d'entraîner les étages de compression.

Description structurelle du banc d'essais étudié

Le banc d'essais de turboréacteur étudié est constitué de trois compartiments (voir figure 3) :

- Le premier compartiment (A) est alimenté par une soufflerie et a pour fonction de conditionner le flux d'air en amont de la turbomachine testée. Il est ainsi possible de contrôler le débit, la température et la pression de l'air en admission.
- Le deuxième compartiment (B) contient le propulseur à tester. Celui-ci est maintenu par une structure porteuse permettant entre autres les mesures des efforts de poussée. Il est séparé du compartiment (A) par une cloison étanche munie d'un orifice permettant le passage de l'air calibré. Le flux d'air peut alors être laissé libre en amont du réacteur ou guidé par un raccordement jusqu'à l'entrée de celui-ci, permettant ainsi des essais dits en "veine forcée".
- Le troisième compartiment (C) permet la collecte et l'évacuation des gaz produits lors de la combustion.

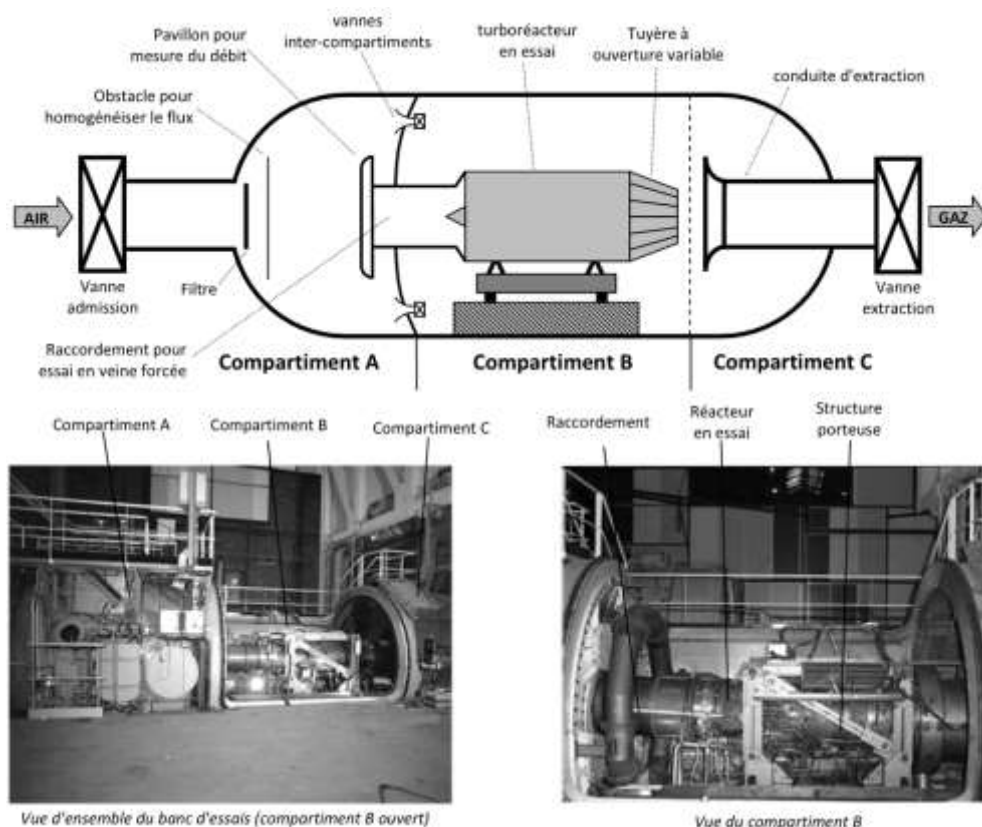


Figure 3 : structure d'un banc d'essai de turboréacteur

La pression à l'intérieur du compartiment B est réglée afin de simuler différentes conditions d'altitude. Des vannes inter-compartment permettent d'assurer une circulation d'air autour du réacteur afin de simuler le refroidissement externe du moteur en fonctionnement. La pression du compartiment A est ajustable de 0,05 à 3 bars. Celle des compartiments B et C de 0,05 à 1,05 bar. La température d'alimentation du compartiment A est variable de -56°C à $+150^{\circ}\text{C}$. La capacité de ventilation est réglable de 27 à 40 kg/s. En réglant ces différents paramètres, il est possible de simuler sur ce type de banc l'ensemble des conditions d'utilisation d'un turboréacteur.

Question 1 : Compléter, document réponse 1, le diagramme de définition de bloc du banc d'essais de turboréacteur.

Description structurelle de la tuyère à ouverture variable étudiée

Un banc d'essais nécessite pour fonctionner correctement une phase de calibration permettant d'affiner les réglages utilisés lors des tests et d'étalonner les appareils de mesures. On s'assure notamment dans cette phase que le compartiment A possède un comportement conforme aux besoins des tests. Les coûts en carburant et en matériel liés à l'utilisation d'un turboréacteur sont tels que, pour ces phases de calibration, les ingénieurs de la DGA ont imaginé une solution consistant à remplacer le propulseur réel par une structure simulant sa présence (voir document 3).

Cette structure est composée d'un tube représentant le corps du réacteur et d'une tuyère à ouverture variable actionnée par quatre vérins hydrauliques et permettant de faire varier la vitesse de l'air éjecté. On notera que dans ce cas, il n'y a pas de combustion interne au dispositif. Le tube est fixé sur la structure porteuse réelle avec les mêmes points d'encrage que le propulseur et est raccordé directement à la veine forcée. La tuyère à ouverture variable montée sur le tube, en aval de l'écoulement, a pour fonction de faire varier la section de la veine de fluide en sortie de tube.

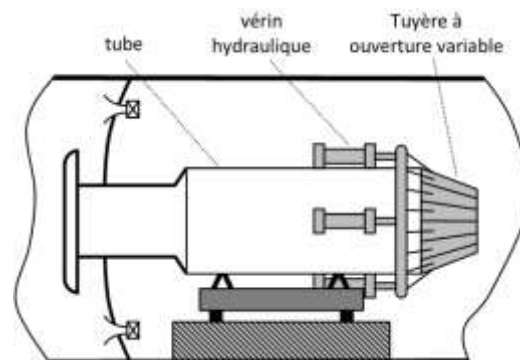


Figure 4 : réacteur simulé (compartiment B)

La solution imaginée consiste à disposer seize volets articulés sur la périphérie du tube qui permettent ainsi de réduire la section de passage du fluide (voir figure 4 et 5). Ces volets sont mis en mouvement par seize bielles toutes identiques reliées à une pièce de forme torique (tore) elle-même mise en translation par quatre vérins hydrauliques répartis régulièrement autour du tube. Les commandes de ces vérins sont synchronisées et asservies en position. La DGA a confié la réalisation de cette commande à la société Bosch-Rexroth.

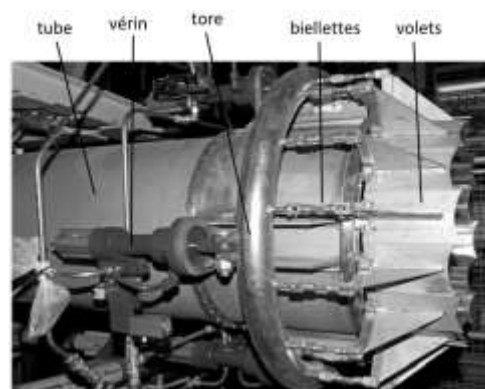


Figure 5 : une tuyère à ouverture variable

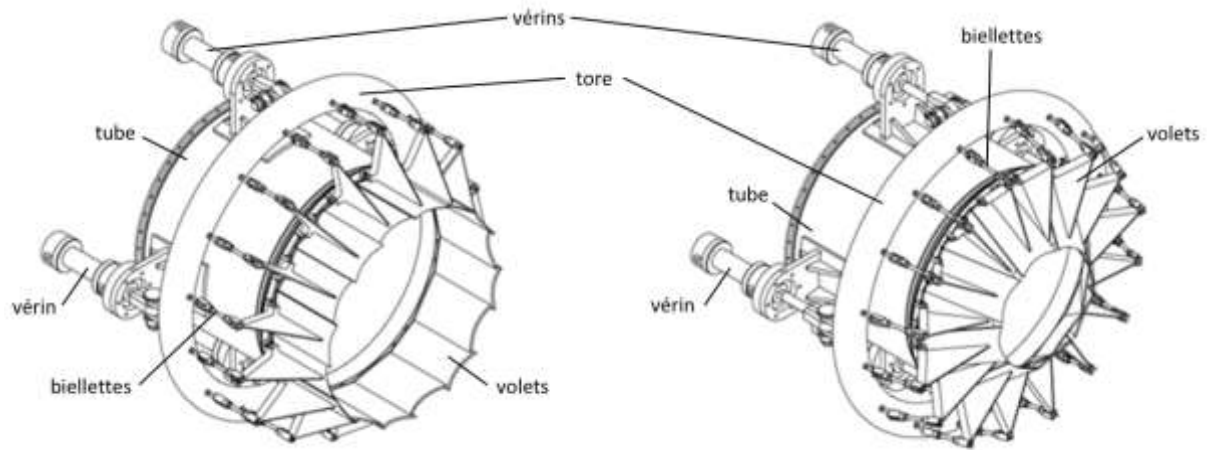
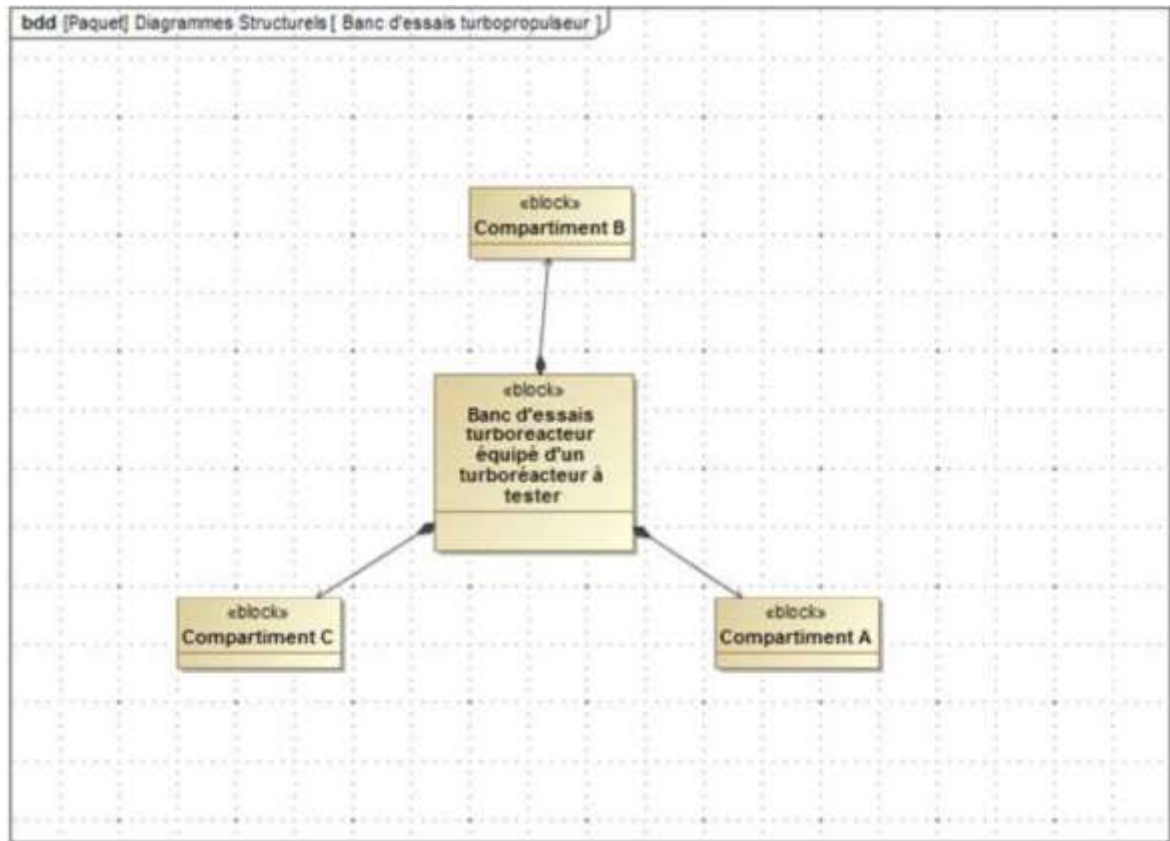


Figure 6 : *Tuyère ouverte (à gauche) et fermée (à droite)*

La consigne d'ouverture de la tuyère est élaborée au niveau de la console de pilotage. Elle est transmise à des servo-distributeurs hydrauliques à commande électrique associés à chaque vérin. Un contrôle de la position est effectué par un capteur à magnétostriction intégré dans le corps du vérin.

Question 2 : Compléter le diagramme chaîne d'énergie/chaîne d'information de la tuyère à ouverture variable pour banc d'essais de turboréacteur document réponse 2.

DOCUMENT REPONSE 1



DOCUMENT REPONSE 2

