

# Banc de contrôle de combustion pour des injecteurs de moteurs d'avion au CNRS

**Le contexte :** moderniser des bancs de contrôle de combustion alimentés en propane et en air.

**La solution :** contrôler la combustion dans un injecteur expérimental bi-étagé à l'aide de matériels de conditionnement et de LabVIEW.

Le laboratoire d'Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion (EM2C) du CNRS de l'Ecole Centrale se situe à Chatenay Malabry, en région parisienne. L'un des axes de travail de l'équipe est la combustion. Les travaux s'appuient entre autre sur l'expérimentation, l'analyse théorique, la modélisation et la simulation. Notre étude est réalisée en partenariat avec le spécialiste de la construction de moteurs et de propulseurs d'avions SNECMA, société du groupe SAFRAN.

Le CNRS réalise des essais de combustion dans une chambre, l'injecteur est bi-étagé (étages primaire et secondaire), alimentée en air et en propane par deux électrovannes et trois débitmètres massiques. Jusqu'à présent, l'application était pilotée manuellement par des réglages nécessitant beaucoup de finesse. Le but de la nouvelle application est de permettre l'automatisation du banc de combustion tout en gardant la possibilité d'une utilisation manuelle.

Contactée par le laboratoire, ARCALE a prescrit le matériel, et a développé la partie contrôle-commande du banc. L'équipe du laboratoire a acquis le matériel et l'a mis en place.

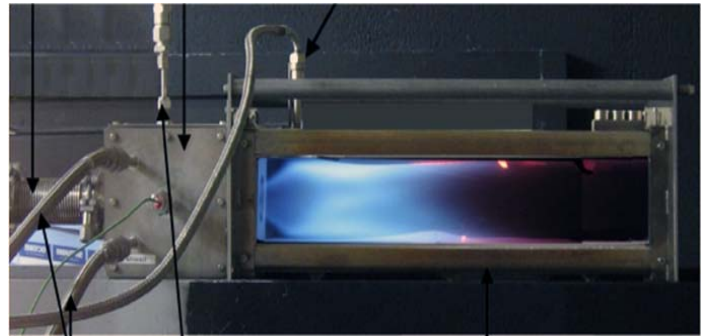
Le pré-requis essentiel dans la mise en œuvre du banc est la **sécurité**. En effet, les tests réalisés peuvent se révéler d'une très grande dangerosité pour les équipements et les personnes.

## Des mesures pour optimiser le rendement des injecteurs

Le banc est composé d'une chambre de combustion équipée de thermocouples, de microphones, ainsi que de débitmètres pour mesurer les quantités de gaz (air, propane) injectées. On travaille à puissance constante, de 75 à 200 kW selon les essais. Les thermocouples indiquent les températures à différents endroits de la chambre de combustion. Les microphones donnent une réponse en fréquence du bruit émis par l'installation. Grâce à un photomultiplicateur équipé d'un filtre, on détecte l'intensité lumineuse globale et ce pour une longueur d'onde particulière ( $\approx 431$  nm).

Différents diagnostics sont mis en place comme la mesure de champs de vitesse par PIV ou Particle Image Velocimetry. Pour cela, l'écoulement d'air estensemencé par de fines particules métalliques, puis grâce à un LASER émettant 12000 coups/sec, et à une caméra, on enregistre une succession de deux images pour finalement déterminer le déplacement des particules. Après un traitement par corrélations croisées, les champs de vitesse sont déterminés. Au final, ces données, ainsi que d'autres, comme l'étude des émissions du radical OH, nous indiquent **le rendement de la combustion dans l'injecteur**.

Grâce à cette simplification du problème industriel réalisée en laboratoire, les scientifiques proposent des voies de recherche à leur client pour optimiser les injecteurs.



ARCALE a développé une procédure d'allumage, de montée en puissance ou de changement de la répartition de combustible entre les deux étages de la chambre de combustion. Dès qu'une flamme est détectée, la bougie d'allumage doit être coupée.

Pour assurer l'acquisition des signaux d'entrées (à 8kHz) et la génération des commandes, une carte PCI-6229 et une PCI-6259 de National Instruments associées à des modules de conditionnement SCC sont utilisées.

**Le quotidien de l'équipe est la transposition d'un problème industriel dans le laboratoire.**

## Un logiciel pour plusieurs pilotages

L'application, développée avec LabVIEW doit répondre aux exigences suivantes :

- permettre la commande manuelle depuis le pupitre
- permettre la commande manuelle depuis le PC
- permettre une commande automatique du banc par le PC via des séquences préprogrammées
- visualiser l'historique des commandes appliquées
- déclencher les alarmes associées au niveau de chaque capteur et actionneur.

Sur l'interface utilisateur, un graphique déroulant affiche l'évolution des paramètres tels que les débits d'air et de propane des différents étages. Pour chaque voie d'alarme, il est possible de définir un seuil haut et un seuil bas. Lorsqu'une alarme est déclenchée, une procédure d'arrêt est lancée.

L'application permet aussi la création de cycles de commandes automatiques. On définit alors un enchaînement temporel de commandes sur chaque actionneur.

Afin de simplifier la manipulation, les voies d'Entrées/Sorties sont déclarées dans le logiciel NI-MAX. On a ainsi le nom des voies, leurs unités, les échelles de conversion, l'étalonnage, etc. Toutes les données sont enregistrées sur des fichiers afin d'effectuer un post-traitement comme la moyenne, la PDS (densité spectrale de puissance), la visualisation de courbes temporelles, ...

L'application a été développée en deux semaines par ARCALE mais la mise en place a nécessité deux mois.

L'évolution de ce banc de contrôle de combustion sera prochainement le remplacement du gaz propane par un combustible liquide afin de se rapprocher encore davantage des conditions réelles d'utilisation des moteurs d'avions.