



Aérodynamique avancée, Aéroacoustique et Ecoulements réactifs pour l'aéronautique

A l'attention des équipes-projet qui souhaitent répondre à ce nouvel appel de la Fondation :

La Fondation de Recherche en Aéronautique et Espace entame une deuxième phase d'existence. Un protocole d'accord a été signé au mois d'avril 2010 avec l'ANR pour co-financer à hauteur de 50/50 des projets communs à l'ANR et à la Fondation. Vous devez impérativement déposer vos projets sur le site de l'ANR à la rubrique « Programme Blanc non-thématique » et nous envoyer par mail à la Fondation « contact@fnrae.org » une copie de votre dossier afin que nous puissions soutenir et défendre votre travail auprès de l'ANR.

Voici l'adresse de la page web de l'ANR où le texte peut être téléchargé.

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Blanc-2011>

Le thème Aérodynamique avancée entre dans la thématique ANR (appelée SIMI9) : « Sciences de l'ingénierie, matériaux, procédés, énergie », c'est cette case que vous devez cocher dans le dossier.

Contexte et motivations

La mise au point de composants aéronautiques et spatiaux bénéficie depuis plusieurs décennies des avancées de la connaissance des phénomènes aérodynamiques. Ces connaissances sont acquises par de la modélisation, des résultats expérimentaux et des simulations numériques. Même si des progrès importants ont été réalisés, l'état de l'art aujourd'hui dans l'industrie montre qu'il existe encore de nombreux besoins. Parmi ceux-ci, l'un des plus importants est la compréhension et la prédiction de phénomènes instationnaires que l'on rencontre notamment dans les écoulements hors équilibre (décollés, recollés, contrôlés). Les modélisations utilisées aujourd'hui (majoritairement basées sur une approche stationnaire) ne permettent pas de prédire correctement cette physique, un effort important doit donc être fourni dans cette direction.

Par souci de clarté, les différentes thématiques visées par cet appel d'offre ont été décomposées suivant trois sous-domaines (Aérodynamique, Aéroacoustique, Ecoulements réactifs). Il n'y a aucune obligation de construire un projet dans un seul des sous-domaines ; un projet peut tout à fait contenir des éléments présents dans chaque sous-domaine.

Aérodynamique

Le but des 4 thématiques ci dessous est de comprendre la physique liée aux écoulements décollés, la prédire et le cas échéant la contrôler. Les simulations numériques actuelles utilisées dans l'industrie ne permettent pas une prédiction fiable des décollements. C'est pourquoi, l'utilisation de modélisations avancées (RSM, DES, RANS/LES, LES...) validée par des données expérimentales permettrait certainement de faire des progrès.

1- La caractérisation du C_z max. Cette première thématique est actuellement très importante car cela permettrait un progrès significatif dans la détermination des performances d'un avion dans la phase dimensionnante qu'est le décollage. En effet, la partie non-linéaire d'une polaire (fort angle d'attaque) est aujourd'hui numériquement très mal prédite car la physique mise en œuvre n'est pas totalement comprise. Il est donc important de mettre des efforts dans cette thématique pour améliorer les outils existants.

2- Décollement de coin. Parmi la taxinomie des écoulements décollés, il existe une deuxième catégorie très importante dans le domaine aéronautique. Celle-ci concerne l'écoulement généré par la jonction de deux surfaces qui peut entraîner un décollement de coin. Ce dernier se rencontre sur des jonctions de type aile/fuselage, aile/nacelle et moyeu/pale. Son existence se traduisant par une perte de performance, il est donc primordial de le caractériser avec précision.

3- Contrôle d'écoulement. La mise en place de stratégies de contrôle d'écoulement quelles soient passives ou actives en boucle ouverte ou fermée (Plasma, matériau intelligent, vortex generator, micro-jet, tip winglet, aspiration, soufflage...) est une voie de recherche très prometteuse. Parmi les applications possibles, on pourra s'attacher à contrôler les écoulements présents dans les systèmes hypersustentés ou bien au niveau du carter d'une machine tournante ou encore dans des zones massivement décollées de cellules aéronautiques (arrières corps, zone de chargement d'hélicoptères...).

4- Ecoulement proche paroi. On observe des différences entre une couche limite standard et une couche limite à l'aval d'un système de contrôle. La compréhension fine de l'écoulement en proche paroi est donc primordiale pour caractériser « la qualité » et donc la robustesse d'un écoulement contrôlé.

Pour tous les aspects liés au contrôle, on pourra envisager les **couplages multiphysiques** (aéro-thermique, aéro-élasticité, aéro-plasma, aéro-acoustique...) qui interviennent en pratique lors de la mise en œuvre d'un contrôle.

Aéroacoustique

4 thématiques sont plus particulièrement mises en avant pour cet appel d'offre. Pour chacune on attend des progrès significatifs en termes de caractérisation des mécanismes physiques, de modélisation et de simulation numérique.

1- Bruit du jet supersonique issu du fan en conditions de vol de croisière pour un avion commercial, avec la caractérisation numérique ou expérimentale des sources aéroacoustiques de jets supersoniques choqués, leurs modélisations, l'étude de l'influence de l'effet de vol et la prise en compte des effets d'installation.

2- Le bruit en cabine est abordé sous l'aspect des excitations aérodynamiques et acoustiques : caractérisation de la signature des champs de pression pariétale induite par les couches limites sur le fuselage, contribution associée au rayonnement acoustique perçu en proche paroi de jets supersoniques choqués en condition de vol de croisière, ou d'hélices non carénées et leur incidence sur le bruit interne. Les effets de filtrage par la structure pourront être abordés.

3- Réduction du bruit des écoulements par contrôle passif ou actif. Les bruits de cellule (bords de fuite, cavités...) sont plus particulièrement visés L'accent doit être mis sur le développement de nouveaux moyens de contrôle et sur la construction de méthodologies générales pour aborder ces problèmes.

4- Bruit de combustion. L'objectif est plus spécifiquement la contribution acoustique indirecte que l'on retrouve rayonnée en sortie du moteur, avec la modélisation physique et modélisation numérique de la transmission acoustique et des multiples interactions pouvant se produire au travers de la turbine.

Écoulements réactifs

Dans le domaine de la combustion beaucoup de recherches sont déjà lancées sur des sujets importants pour la propulsion. L'appel d'offre est focalisé sur 3 thématiques moins bien couvertes qui sont décrites ci-dessous :

1- Amélioration des méthodes de prévision des émissions polluantes. L'amélioration des modèles de calcul des émissions de suie, de CO, CxHy et NOx (chimie kérosène ou carburant alternatif / NOx à valider pour les hautes pressions) est importante pour la conception des foyers aéronautiques. La prévision des émissions reste en effet l'un des points durs dans les modèles actuels de simulation, même dans le cadre de la simulation des grandes échelles. Il est utile de faire porter un effort additionnel sur ce thème en tenant compte des conditions thermodynamiques extrêmes des chambres de combustion futures, dans lesquelles la pression prendra des valeurs élevées.

2- Instabilités transverses et azimutales. Les instabilités de combustion constituent un problème critique pour les chambres de combustion. Alors que les travaux sur les instabilités longitudinales sont relativement nombreux, il y a moins d'études sur le couplage par des modes transverses ou azimutaux. On sait que ce type d'interaction peut se manifester dans les configurations annulaires utilisées dans tous les systèmes actuels et notamment dans les foyers de moteurs d'avions ou d'hélicoptères. Les instabilités ont été longtemps étudiées dans des chambres simplifiées ne présentant aucun mode azimutal. Or ce sont les modes azimutaux qui semblent être à la source des oscillations dans beaucoup de chambres annulaires récentes. Le mécanisme de couplage soulève beaucoup de problèmes fondamentaux. Le sujet est critique dans l'industrie mais il est moins bien couvert pour le moment en France. On peut noter cependant qu'une expérience sur une configuration annulaire existe depuis plusieurs années en Allemagne. Ce thème nécessite donc à la fois une expérimentation à échelle réduite et des efforts de modélisation et de simulation.

3- Combustion transcritique. Dans le domaine de la propulsion par moteur fusée à carburants liquides ou cryogéniques mais aussi dans les turbines à gaz où des pressions très élevées sont envisagés, la combustion peut se produire dans des conditions supercritiques qui posent des problèmes fondamentaux considérables et encore mal couverts en France. Pour ces écoulements très instationnaires, soumis à des instabilités, et dont les lois d'état mènent à des comportements singuliers, il reste nécessaire de développer des outils de simulation adéquats ainsi que des expérimentations de base.