

# 44<sup>ème</sup>

■ APPEL À COMMUNICATIONS

## Colloque d'Aérodynamique Appliquée

### MAÎTRISE DES INCERTITUDES EN AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE ET NUMÉRIQUE

École Centrale de Nantes, les 23 – 24 et 25 mars 2009

#### COMITÉ DE PROGRAMME

Raymond BEC  
Jean-Paul BONNET  
Bruno CHANETZ  
Jean COLLINET  
Denis DARRACQ  
Jean DÉLERY

CNES  
LEA/CEAT/CNRS  
ONERA  
EADS/Astrium  
Airbus SAS  
AAAF/ONERA

Gérard FOURNIER  
Nicolas GÉTIN  
Denis JEANDEL  
Philippe KOFFI  
Didier PAGAN  
Jean PIQUET  
Jean-Pierre ROSENBLUM  
Jean TENSI  
Jean-Pierre VEUILLOT

GFIC  
MBDA  
EC-Lyon/CNRS  
DGA  
MBDA  
EC-Nantes  
Dassault Aviation  
ENSMA  
ONERA

#### CORRESPONDANCE ET INFORMATIONS

3AF • 6, rue Galilée – 75016 Paris  
Tél. : 01 56 64 12 30 – Fax : 01 56 64 12 31  
E-mail : [secr.exec@aaaf.asso.fr](mailto:secr.exec@aaaf.asso.fr) – Web : [www.aaaf.asso.fr](http://www.aaaf.asso.fr)

#### Objectifs et thèmes

L'objectif de ce 44<sup>ème</sup> colloque sera de faire le point sur l'avancement des travaux engagés pour aboutir à une meilleure maîtrise des incertitudes affectant les moyens de prévisions utilisés en aérodynamique aussi bien externe qu'interne. Les aspects théoriques, numériques et expérimentaux, relevant de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée et de leur mise en œuvre industrielle, seront considérés. Ce colloque prendra en compte des problèmes rencontrés dans le domaine aérospatial (applications civiles et militaires) ainsi que dans celui des transports terrestres.

Documents ONERA

Les contraintes de coûts sur les programmes civils et militaires nécessitent une bonne maîtrise des risques, laquelle passe par la maîtrise des incertitudes dès la phase de conception et jusqu'aux essais. Cette maîtrise participe aussi à l'amélioration de la sécurité, surtout pendant les essais en vol, par exemple grâce à une bonne prédiction du flottement.

### BESOINS INDUSTRIELS EN AÉRONAUTIQUE

Les besoins de précision en phase de conception, pour ce qui concerne les performances aérodynamiques et aéroacoustiques, vont impacter toutes les phases de vol. La précision sur la finesse et la portance maximale influence la longueur de piste nécessaire au décollage et à l'atterrissage ; l'incertitude sur la traînée en croisière a une influence directe sur le rayon d'action ; une mauvaise connaissance de la limite de tremblement peut amener à restreindre le domaine de vol ; la réduction des nuisances sonores (internes et externes) est maintenant un enjeu majeur. L'évaluation aérodynamique pour ces différentes phases repose sur des calculs guidant la conception et sur des identifications en soufflerie. L'industriel utilise parfois des essais de répétabilité comme moyen d'identification des incertitudes. Il cherche avant tout à concevoir des formes aérodynamiques robustes vis-à-vis des tolérances de fabrication, mais aussi des variations des paramètres représentatifs du point de vol en croisière (nombre de Mach, incidence, altitude, régime moteur). C'est pourquoi il ne s'intéresse pas uniquement à l'optimum de conception, mais aussi au comportement autour de cet optimum.

Des soucis analogues sont partagés par l'industrie des transports terrestres en raison du coût élevé des carburants, de la mise en application de normes anti-pollution de plus en plus sévères et de la recherche d'un meilleur confort acoustique. Dans le cas des trains à grande vitesse, la traînée aérodynamique et les considérations aéroacoustiques deviennent une préoccupation majeure. Ce secteur fait désormais appel à des outils de prévision qui sont aussi ceux du domaine aéronautique.

L'utilisation de codes de calcul pour prédire les performances, en aérodynamique externe et interne, amène à s'interroger sur la fiabilité et le degré de précision de ces outils. En effet, la mise en oeuvre d'une chaîne de calcul implique le recours à des modélisations physiques et numériques faisant que l'exécution de cette chaîne donne un résultat forcément entaché d'incertitudes. L'utilisation raisonnée des prévisions ainsi obtenues oblige à définir le degré de confiance qui peut leur être accordé et de préciser les marges d'erreur. De même, dans les méthodes d'optimisation, souvent basées sur des approches multi-physiques, il importe de définir la robustesse de l'optimum, c'est-à-dire d'être en mesure de chiffrer les conséquences d'un écart par rapport aux paramètres correspondant à cet optimum. La complexité des modèles utilisés fait que le calcul des marges d'incertitude est une opération complexe mettant en oeuvre des méthodes avancées.

Sur le plan expérimental, qu'il s'agisse de valider un modèle numérique ou de déterminer des performances à partir d'essais en soufflerie sur une maquette, le chiffrage des incertitudes est une tâche ardue compte tenu, là-aussi, des facteurs d'imprécision. Ceux-ci ont diverses origines : conditions de soufflerie (nombre de Reynolds, effet de confinement de la veine, stabilité de l'écoulement, pré-turbulence, etc.), représentativité de la maquette (marches, antennes, écopes, etc.) et déformations sous l'effet des charges aérodynamiques, imprécisions multiples dans les chaînes de mesure.

Les différentes sources d'incertitudes peuvent être déclinées comme suit, selon une liste qui n'est pas exhaustive

### MODÉLISATION DE LA TURBULENCE

En raison de la puissance limitée mais croissante des ordinateurs actuels, le calcul « exact » (approche DNS) des écoulements turbulents reste hors de portée pour la plupart des applications. Les méthodes de prévision actuelles doivent donc faire appel à des modélisations de la turbulence dont les degrés de représentativité physique et de complexité sont très variables : approche RANS (modèles algébriques ou à équations de transport) et approche LES ou hybride (DES notamment). Toutefois, leur universalité est discutable et une évaluation des incertitudes introduites par la modélisation de la turbulence est indispensable.

### SIMULATION NUMÉRIQUE

L'usage croissant de la simulation numérique pour la conception des aéronefs et des systèmes propulsifs conduit à une exigence également croissante d'estimation de la précision des simulations numériques, qui devrait rapidement se traduire par l'énoncé de critères de certification pour les logiciels utilisés dans l'industrie. Les incertitudes résultent de deux causes principales : les erreurs d'origine informatique liées à la représentation des données et aux erreurs d'arrondi des opérations, et, surtout, les erreurs résultant de la discrétisation, en espace et en temps, des équations aux dérivées partielles modélisant l'aérodynamique. L'estimation a priori de la précision des discrétisations (ordre des

schémas en temps et en espace) n'est pas aisée en particulier pour des maillages peu réguliers associés à des configurations industrielles complexes. On assiste donc au développement d'un large éventail de méthodes qui devraient conduire à une estimation a posteriori de la précision des simulations et ainsi contribuer à en accroître la confiance.

### EXPÉRIMENTATION

Les expériences en aérodynamique ont pour triple objectif de fournir une description de phénomènes complexes et mal connus (décollement 3D, instationnarités), de déterminer les performances (torseur aérodynamique, « extraction » des composantes de la traînée) de véhicules, de fournir des éléments de comparaison pour la conception et la validation des modèles théoriques. L'incertitude dans le premier cas concerne surtout la fidélité de la description et la confiance pouvant être accordée aux résultats. Cela implique le développement de moyens de diagnostic perfectionnés (LDV, PIV à deux puis trois composantes, PIV résolue en temps, PSP, etc.) et une analyse critique des méthodes d'exploitation. La deuxième démarche passe par l'emploi de moyens de mesure éprouvés et l'obtention d'une précision de mesure élevée et connue. Enfin, la démarche de validation des modèles repose sur une description aussi complète que possible du champ aérodynamique, avec l'accès à un maximum de grandeurs définissant ses propriétés stationnaires et instationnaires, et la caractérisation des conditions aux frontières du domaine de calcul.

### AÉROACOUSTIQUE

Les mesures en soufflerie et les codes de calcul permettent d'avoir des prévisions fiables au décibel près pour des configurations proches de celles qui existent déjà. Mais pour des configurations nouvelles d'ailes, de trains d'atterrissage et surtout de moteurs, la fiabilité des prévisions devient mauvaise car il est difficile de chiffrer les incertitudes. En fait, la validation ne peut être obtenue que par des essais en vol à pleine échelle, c'est-à-dire au prix de programmes de recherche très coûteux. La mise en place et l'exploitation des mesures sur aéronefs en vol constituent en elles-mêmes un vaste domaine de recherche en termes de chiffrage d'incertitude : il y a, par exemple, un compromis difficile à maîtriser entre la précision de la localisation des sources de bruit et la précision de leur intensité.

### PUBLICATIONS DU COLLOQUE

Afin de leur donner une plus large diffusion et de les valoriser aux yeux de la communauté scientifique internationale, la Commission Aérodynamique encourage vivement les auteurs à publier leurs communications sous forme d'articles dans des revues scientifiques de haut niveau. Pour éviter une réécriture, les textes des communications destinés aux actes du Colloque pourront être rédigés en anglais.

### CONFÉRENCES PILOTES

**Christophe BAILLY** Ecole Centrale de Lyon  
**Yves LE SANT** ONERA  
**Philippe PERRIER** Dassault Aviation  
**Michel VISONNEAU** Ecole Centrale de Nantes

### APPEL À COMMUNICATIONS

Les propositions de communication sont sollicitées sous la forme de résumé d'une page de 300 à 500 mots environ, éventuellement accompagné de figure(s). Elles sont à faire parvenir avant le **15 novembre 2008** sous forme électronique (Word) au secrétariat de l'AAAF.

3AF • 6, rue Galilée – 75016 Paris

Tél. : 01 56 64 12 30 – Fax : 01 56 64 12 31

E-mail : [secr.exec@aaaf.asso.fr](mailto:secr.exec@aaaf.asso.fr) – Web : [www.aaaf.asso.fr](http://www.aaaf.asso.fr)

L'auteur principal sera cité en premier. Le comité d'organisation informera les auteurs des communications retenues mi-décembre 2008.

### LANGUE DU COLLOQUE

Sauf exception, les conférences seront données en français. Les textes et illustrations pourront être fournis soit en français, soit en anglais, pour le 23 février 2009 en vue de leur intégration dans les actes du colloque.

### DATES BUTOIR CLÉS

**Envoi des résumés :** 15 novembre 2008  
**Décision d'acceptation :** 15 décembre 2008  
**Envoi des textes écrits :** 23 février 2009  
**Colloque à Nantes :** 23-25 mars 2009