

# 44<sup>ème</sup>

## Colloque d'Aérodynamique Appliquée

### MAÎTRISE DES INCERTITUDES EN AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE ET NUMÉRIQUE

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

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

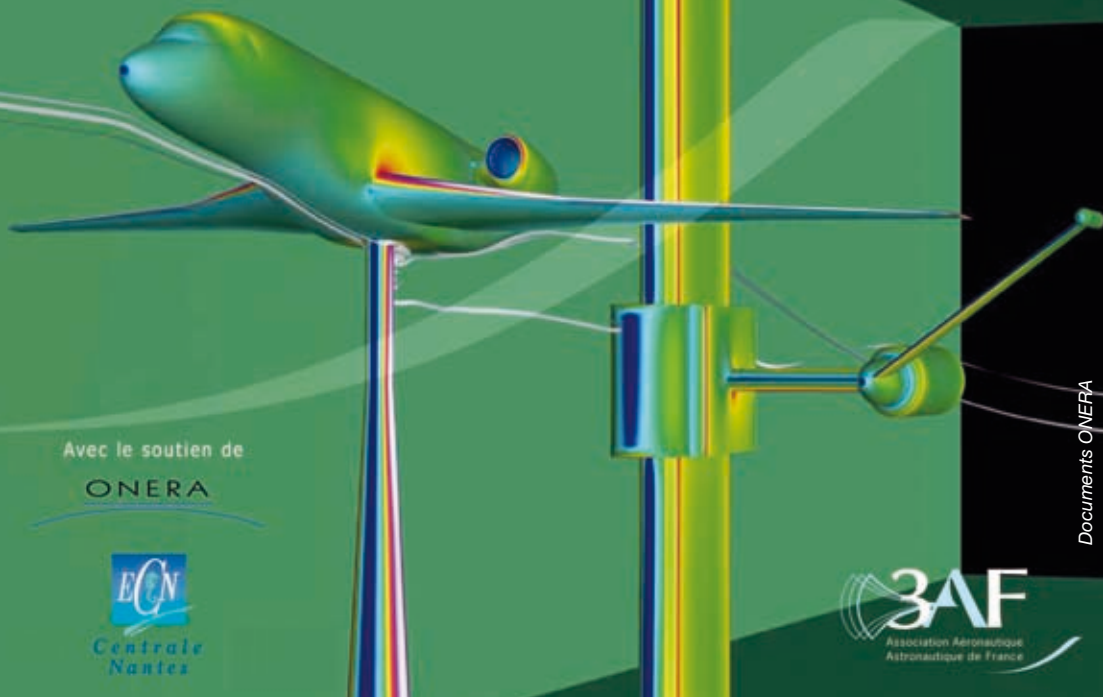
CNES  
LEA/CEAT/CNRS  
ONERA  
EADS/Astrium  
Airbus SAS

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

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

COMITÉ DE PROGRAMME

## PROGRAMME



Avec le soutien de  
**ONERA**



## Objectifs et thèmes

L'objectif de ce 44<sup>ème</sup> colloque est 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, sont considérés. Ce colloque prend en compte des problèmes rencontrés dans le domaine aérospatial (applications civiles et militaires) ainsi que dans celui des transports terrestres.

### BESOINS DES INDUSTRIELS

Dans l'industrie 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.

Des besoins analogues sont partagés par l'industrie des transports terrestres. 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.

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.

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 certifications pour les logiciels utilisés dans l'industrie.

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.

## LIEU DE LA CONFÉRENCE :

**Ecole Centrale de Nantes**  
**1, rue de la Noë**  
**BP.92101**  
**44321 NANTES CEDEX 3**

# Programme

Lundi 23 mars 2009

9h30

**Allocution d'ouverture par :**  
**Patrick CHEDMAIL**, Directeur de l'Ecole Centrale de Nantes

**Introduction au colloque par :**  
**Jean DELERY**, Président de la Commission Aérodynamique 3AF

**Session n° 1 : Incertitude et simulation numérique**  
Président : **Jean PIQUET** (EC-Nantes)

10h00

**Conférence pilote n° 1 : Adaptation automatique de maillage et estimation d'erreur pour des volumes finis non-structurés**  
**Michel Visonneau** (EC-Nantes)

10h45

Estimation de la précision des résultats de simulations numériques par extrapolation de Richardson et par une technique de calcul de la matrice hessienne  
**X. de Saint Victor** (Onera)

11h15

Sensitivity analysis based on high fidelity simulation.  
Application to hypersonic variable-cycle engine intake design  
**Hiromasa Kato, Keiichi Ito, I. Lepot** (CENAERO)

11h45

**Pause café**

Lundi 23 mars 2009 (suite)

12h15 Quantification of thermodynamics uncertainties in real gas flows  
**P. Cinnella, P.M. Congedo, L. Parussini, V. Pediroda** (SINUMEF, LEGI, Univ. de Trieste)

12h45 Numerical study of flow around UAV wing  
**B. Imine, O. Imine, B. Draoui** (Université Mohamed Boudiaf)

13h15 **Déjeuner**

**Session n° 2** : Incertitudes dans le domaine expérimental  
Président : **Bruno CHANETZ** (Onera)

14h15 **Conférence pilote n° 2** : Méthodes de mesures en soufflerie :  
l'incertitude, source de progrès  
**Yves Le Sant** (Onera)

15h00 Distribution expérimentale du champ de pression à l'extrados  
d'ailes delta à apex privilégiés  
**A. Ouibrahim, I. Boumrar** (Université Mouloud Mammeri)

15h30 Comparaison des échelles de la turbulence déterminées à l'aide de trois  
méthodes expérimentales dans des écoulements de complexité croissante  
**A. Thacker, S. Aubrun** (Polytech'Orleans)

16h00 **Pause café**

16h30 Numerical investigation of sting support interference effects  
in a transonic wind tunnel  
**S. Mouton** (Onera)

17h00 Empty wind tunnel flow field computations  
**J.-L. Hantrais-Gervois, A. Cartiéri, J.-F. Piat, S. Mouton** (Onera)

17h30 Etude des structures tourbillonnaires développées à l'extrados  
du cône d'angle d'apex 68,6°  
**A. Abene, V. Dubois** (Université Valenciennes)

18h00 Convection naturelle appliquée à la régulation thermique  
des montages électroniques embarqués  
**E. Zarco Pernia, J. Matos Castaño, M. Vázquez Alonso**  
**J.-M. García de María, A. Campo, N. Laraqi, A. Bairi, B. Chanetz**  
(Université Paris 10/ Universidad Politécnica de Madrid/University of Texas)

18h30 **Fin de session**

Mardi 24 mars 2009

**Session n°3 : Modélisation des incertitudes**

Président : **Jean-Marie LE GOUEZ** (Onera)

9h00

**Conférence pilote n° 3 : Incertitudes dans le domaine des méthodes numériques et méthodes de propagation**  
**Charles Hirsch** (NUMECA)

9h45

A simple, flexible and generic deterministic approach to uncertainty quantifications in non linear problems: application to fluid flow problems  
**R. Abgrall** (Université de Bordeaux)

10h15

Assessment of intrusive and non-intrusive non-deterministic CFD methodologies based on polynomial chaos expansions  
**C. Dinescu, S. Smirnov, C. Hirsch, C. Lacor** (NUMECA/Vrije Universiteit Brussel)

10h45

**Pause café**

11h15

AD-based perturbation methods for uncertainties and errors  
**A. Belme, M. Martinelli, L. Hascoët, V. Pascual et A. Dervieux**  
(INRIA Sophia-Antipolis)

11h45

Study of the impact of uncertainty for flow control  
**R. Duvigneau** (INRIA Sophia-Antipolis)

12h15

Verification, validation and error estimation in CFD for compressible flows  
**J. Peter, M. Lazareff, V. Couaillier** (Onera)

12h45

**Déjeuner**

**Session n°4 : Incertitudes dans les applications industrielles**

Président : **Denis DARRACQ** (Airbus)

13h45

**Conférence pilote n° 4 : Maîtrise des incertitudes pour la conception aérodynamique des Falcons**  
**P. Perrier** (Dassault Aviation)

14h30

Analyse d'incertitude utilisant les dérivées d'ordre deux  
**L. Martin, G. Rogé** (Dassault Aviation)

15h00

Aerodynamic shape optimization with uncertain flow conditions  
**R. Duvigneau** (INRIA Sophia-Antipolis)

15h30

**Pause café**

16h00

Estimation des flux de chaleur à la surface de matériaux pyrolysables et ablatifs  
**S. Alestra, J. Collinet, F. Dubois** (EADS/CNAM)

16h30

Uncertainties and dispersion assessment:  
Some challenges posed by missile aerodynamics  
**D. Pagan, N. Taylor, R. Höld, E. Toffi** (MBDA)

17h00

« Des cathédrales pour le vent. Partie 3 : L'après guerre... du vent dans tous les domaines », film de **Jean TENSI**

17h30

Fin de session

**Remise de prix AAAF et banquet**

# 44<sup>ème</sup> MAÎTRISE DES INCERTITUDES EN AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE ET NUMÉRIQUE

## Colloque d'Aérodynamique Appliquée

Mercredi 25 mars 2009

**Session n°5 : Acoustique et réceptivité**  
Président : **Daniel ARNAL** (Onera)

9h00

**Conférence pilote n° 5 :**  
Qualité des prédictions issues du calcul direct du bruit aérodynamique  
**C. Bailly, C. Bogey, O. Marsden** (EC-Lyon)

9h45

Méthode acoustique hybride pour la prévision du bruit de jet  
par simulation des grandes échelles  
**G. Bodard, C. Bailly** (Snecma, EC-Lyon)

10h15

Couplages pression-vitesse pour l'étude de l'interaction  
entre un tourbillon conique et une paroi  
**L. Gouveia de Moraes, F. Paillé, C. Sicot, J. Borée** (ENSMA)

10h45

**Pause café**

11h15

Compact Finite Volume scheme for Aero-Acoustics in complex geometry  
**H. Deniau, A. Fosso Pouangué, F. Sicot, J.- F. Bousuge** (Cerfacs)

11h45

Roughness receptivity in swept-wing boundary layers. Experiments.  
**W. S. Saric, A. L. Carpenter, H. L. Reed** (Texas A&M University)

12h15

Roughness receptivity in swept-wing boundary layers. Calculations.  
**H. L. Reed, W. S. Saric, R. G. Rhodes, A. L. Carpenter** (Texas A&M University)

13h00

**Déjeuner**

14h00

**Visite de la soufflerie climatique Jules Verne du CSTB**

## Informations générales

### Lieu de la conférence

CAMPUS DE L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES  
Amphithéâtre Bâtiment S – 1 rue de la Noë  
44300 NANTES

### Langue du colloque

Sauf exception, les conférences seront données  
en français.

### Correspondance

Pour tout renseignement complémentaire  
concernant le colloque, contacter :  
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)





## Comment se rendre à l'Ecole Centrale de Nantes

### • En tramway :

Du Centre ville, prendre la ligne 2 du tramway, direction "Orvault Grand Val" jusqu'à l'arrêt "Ecole Centrale"

### • En voiture :

Sortir du périphérique Nord à "Porte de La Chapelle" puis prendre la direction Université - Petit Port.

A partir du Centre Ville : Au bout du "Cours des 50 otages", prendre la rue "Paul Bellamy" jusqu'au

"Rond-Point de Rennes". Prendre direction Angers, à droite puis à gauche, et continuer jusqu'au "Rond-Point du Petit-Port". Longer le tramway.

### • En train :

A la gare SNCF de Nantes, si vous voulez prendre le tramway, choisissez la sortie Nord de la gare. La ligne 1 se trouve juste en face de la sortie.

1. Prendre le tram de la "ligne 1", direction "François Mitterrand", jusqu'à l'arrêt "Commerce",

2. à "Commerce" Changer de tram

3. Prendre un autre tram sur la ligne 2, direction "Orvault Grand Val"

4. Descendre à l'arrêt "Ecole Centrale"

### • En avion :

Depuis l'aéroport Nantes Atlantique :

1. Prendre la navette TanAir (durée 1h à 1h30) qui rejoint la "Place du Commerce" au centre ville.

2. Prendre la ligne 2 du tramway direction "Orvault Grand Val"

3. Descendre à l'arrêt "Ecole Centrale"



## Quelques adresses

### HÔTELS

Liste complète des hôtels, avec possibilité de réserver en ligne, sur le site de l'Office du Tourisme de Nantes Métropole :

[www.nantes-tourisme.com](http://www.nantes-tourisme.com)

### A - Hôtel IBIS \*\*

Nantes Centre – Tour Bretagne  
19, rue Jean Jaurès – 44000 Nantes  
Tél : +33 (0)2 40 35 39 00

### B - Hôtel IBIS \*\*

Nantes Centre – Gare Sud  
3, allée Baco – 44000 Nantes  
Tél : +33 (0)2 40 20 21 20

### C - Hôtel POMMERAYE \*\*

2, rue Boileau - 44000 Nantes  
+33 (0)2 40 48 78 79

### D - Hôtel AMIRAL \*\*

26 bis, rue Scribe - 44000 Nantes  
+33 (0)8 00 60 19 71

### E - Hôtel MERCURE \*\*\*

Nantes Gare Sud  
51, Quai de Malakoff – 44000 Nantes  
+33 (0)2 40 35 30 30

### F - Hôtel NOVOTEL \*\*\*

Nantes Centre Cité des Congrès  
3, rue Valmy – 44000 Nantes  
Tél : +33 (0)2 51 82 00 00