

## Comprendre et modéliser

### Modélisation physique et outils numériques

#### 1. Besoins industriels

Dans tous les domaines de l'aéronautique civile (avions, hélicoptères, lanceurs spatiaux), la réduction des nuisances acoustiques constitue une préoccupation de premier plan au niveau international et justifie des efforts de recherche d'amplitude croissante. Les normes imposées par la communauté européenne vont d'ailleurs devenir de plus en plus restrictives dans le domaine des transports aériens. Aux côtés de l'expérimentation, qui continue de jouer un rôle de premier plan, par sa capacité à fournir des informations sur les systèmes les plus complexes, la modélisation numérique prend une part croissante dans le cycle de production aéronautique pour la prévision du bruit externe et interne, et cela dès les premiers stades de conception.

#### 2. Défis scientifiques

Les défis scientifiques auxquels la modélisation numérique en aéroacoustique doit faire face sont nombreux et souvent spécifiques par rapport à la mécanique des fluides. Le calcul du bruit d'origine aérodynamique repose sur des simulations instationnaires pour résoudre les équations de la mécanique des fluides utilisant des algorithmes numériques précis. Il nécessite en compressible le développement de conditions aux limites non réfléchissantes. Deux des objectifs poursuivis par ce groupe de travail sont d'une part de préciser le niveau de description nécessaire pour la turbulence, sachant que les écoulements concernés sont très souvent à grand nombre de Reynolds, et d'autre part de généraliser ces algorithmes à des géométries complexes afin de proposer des stratégies de réduction du bruit aérodynamique par optimisation de l'écoulement turbulent.

Du point de vue de l'industriel, notre démarche vise plus généralement à améliorer en qualité comme en délai, la phase de développement d'un produit, notamment en remplaçant au maximum les expérimentations longues et coûteuses par des simulations numériques souples, économiques et précises. Cette ambition nécessite des outils complexes. Leur développement est relativement récent et ces outils numériques doivent s'affirmer dans l'avenir. En attendant cette maturité qui leur permettra de s'intégrer systématiquement dans les cycles de production, les constructeurs expriment le besoin de disposer également de modèles semi-empiriques, moins sophistiqués, mais immédiatement disponibles dès le stade des avant-projets.

### 3. Etat de l'art

Les perturbations acoustiques se propageant depuis un aéronef jusqu'à un observateur au sol sont solutions des équations de la mécanique des fluides. Cependant, la simulation numérique, par méthodes discrétisées, de la génération de ces perturbations et de leur propagation jusqu'à l'observateur en champ lointain est souvent difficile en pratique car elle met en jeu une grande variété d'échelles temporelles et spatiales, conduisant à des besoins très importants en capacité de calcul. Le calcul acoustique direct, qui permet d'obtenir simultanément les champs aérodynamiques et acoustiques, reste donc limité à des écoulements simples de type écoulement cisailé libre.

L'aéroacoustique numérique emploie donc généralement des approches hybrides combinant la résolution des équations d'Euler ou de Navier-Stokes pour prévoir la production des perturbations ainsi que leur propagation en écoulement inhomogène jusqu'aux régions d'écoulement homogène où une continuation du calcul peut alors être effectuée par des méthodes intégrales. Les formulations de Lighthill et de Fowcs-Williams & Hawkings sont certainement parmi les méthodes les plus utilisées actuellement. La propagation des ondes acoustiques au sein des écoulements inhomogènes constitue également un problème difficile, qui nécessite la résolution des équations d'Euler, éventuellement linéarisées, par des schémas aux différences finies d'ordre élevé ou des méthodes par éléments finis. Ces méthodes sont de plus en plus appliquées avec succès à des simulations de bruit de rotor d'hélicoptère, de bruit de jet ou de bruit de voilure d'avion. Outre les perspectives industrielles qu'elles laissent entrevoir, elles permettent d'ores et déjà d'affiner notre compréhension des mécanismes aéroacoustiques générateurs de bruit aérodynamique, ainsi que des phénomènes de propagation acoustique dans des milieux complexes.

Enfin, d'autres stratégies sont actuellement étudiées comme le couplage de codes de type BEM avec des calculs stationnaires par exemple pour traiter des problèmes de diffraction. Leurs applications en aéronautique doivent aussi être envisagées.

### 4. IROQUA au service des besoins industriels

La recherche en aéroacoustique numérique en France regroupe des équipes de premier plan sur la scène européenne et internationale. Ces équipes sont soutenues par l'ensemble des constructeurs concernés par les défis de l'acoustique en aéronautique. L'initiative IROQUA propose de fédérer les activités de ces équipes, notamment pour les rendre plus efficaces vis à vis de la concurrence. Cette action concerne à la fois les projets nationaux et la participation des laboratoires français aux actions entreprises dans le cadre de projets européens. Les activités visées regroupent le développement de stratégies de calcul et leur mise en œuvre à partir de codes de calculs établis.

*Contacts :*

**Christophe Bailly** *christophe.bailly@ec-lyon.fr*  
**Eric Manoha** *eric.manoha@onera.fr*