

Quelques mots sur l'ONERA

Rappels historique, contexte, réglementation

Les sources de bruit d'un avion

Les outils des aéroacousticiens

Les nuisances sonores

Le projet européen ANIMA

Perspectives, discussion

ONERA: La recherche au profit de 3 domaines Aéronautique - Espace - Défense



**Un portefeuille
d'activités équilibré**

- 1/3 civil
- 1/3 défense
- 1/3 dual



**EPIC créé en 1946
Tutelle DGA
1800 personnes sur 8 sites
230 doctorants
100 HDR**

Le bruit du transport aérien

Rappels historique et contexte

Développement du transport aérien: **Années 1960**

Boeing 707 - 727 1957---1984

DC8 DC--9 (Douglas) 1958---2000

Caravelle (SudAviation) 1958-1973

Moteurs: technologie simple flux, très bruyants (Avon/RR)

Aéroport Orly: lieu touristique (4 Millions visiteurs1965)

**Gilbert Bécaud : ... *j'entends les boeing chanter là-haut*
*je les aime mes oiseaux de nuit ...***

Croissance du trafic aérien : 5 % par an



Le bruit du transport aérien

La réglementation et les instances internationales

Réglementation sur le bruit : émergence en 1960s

OACI (ICAO) Organisation Aviation Civile Internationale

Créé en 1944 par 54 pays (Chicago)

192 membres - Siège Montréal

Immatriculation, navigation, sécurité, ...



Création de comités pour problèmes environnementaux

1965 Committee on Aviation Noise (CAN)

1983 Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) 1983

24 pays membres et 15 membres observateurs

CAEP/WG1 (Aircraft Noise Technical Issues)

Annexe 16, Volume1, Chapitres ... (Textes réglementaires, niveaux de bruit)

SARP: Standard and Recommended Practices (Normes de bruit, certification)

Le bruit du transport aérien

Evolution de la réglementation

Avions de première génération SCA

Sans Certification Acoustique

Boeing 707 – DC8



Annexe 16, Volume 1, Chapitres ...

Chapitre 2: 1960-1977

Boeing 727 – DC9 – Caravelle

Chapitre 3: 1977-2001

Boeing 737 et 767 – Airbus A320

Chapitre 4: 2001-2017

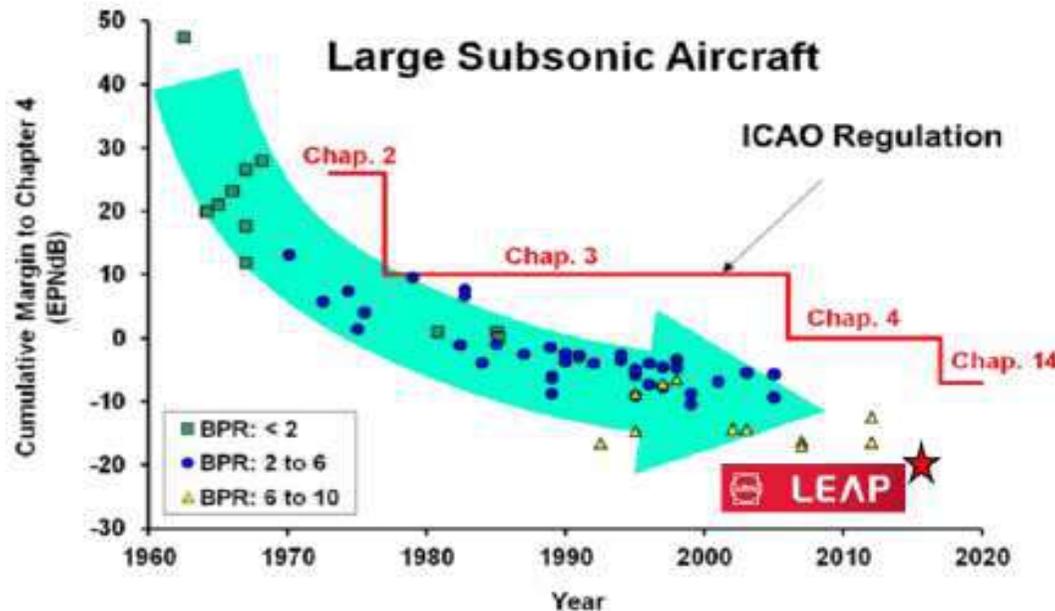
Chapitre 14: Décembre 2017



Le bruit du transport aérien

Evolution des normes OACI

Enjeux environnementaux, Règlements OACI



CHAPTER 4 REGULATION

Cumulative margin
10 EPNdB vs
Chapter 3 limits

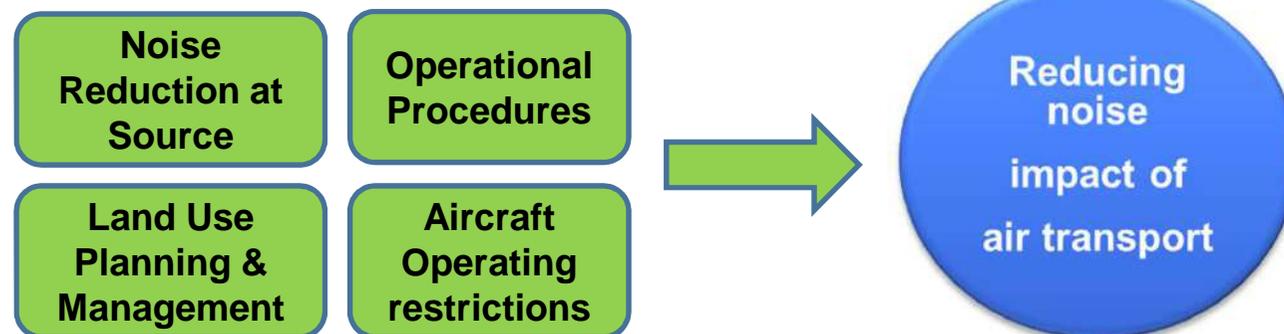
Applicable by
January 1st, 2006
to certification
of new types

CHAPTER 14 REGULATION

Cumulative margin
17 EPNdB vs
Chapter 3 limits

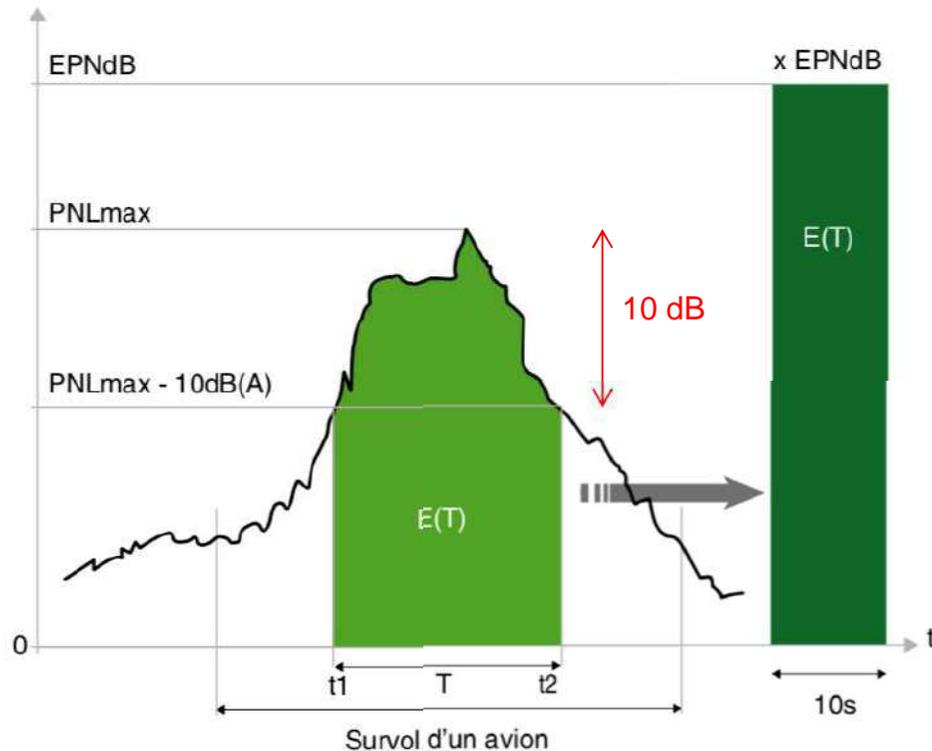
Applicable
31/12 2017 (≥55T)
31/12/2020 (<55T)

4 piliers
de l'OACI

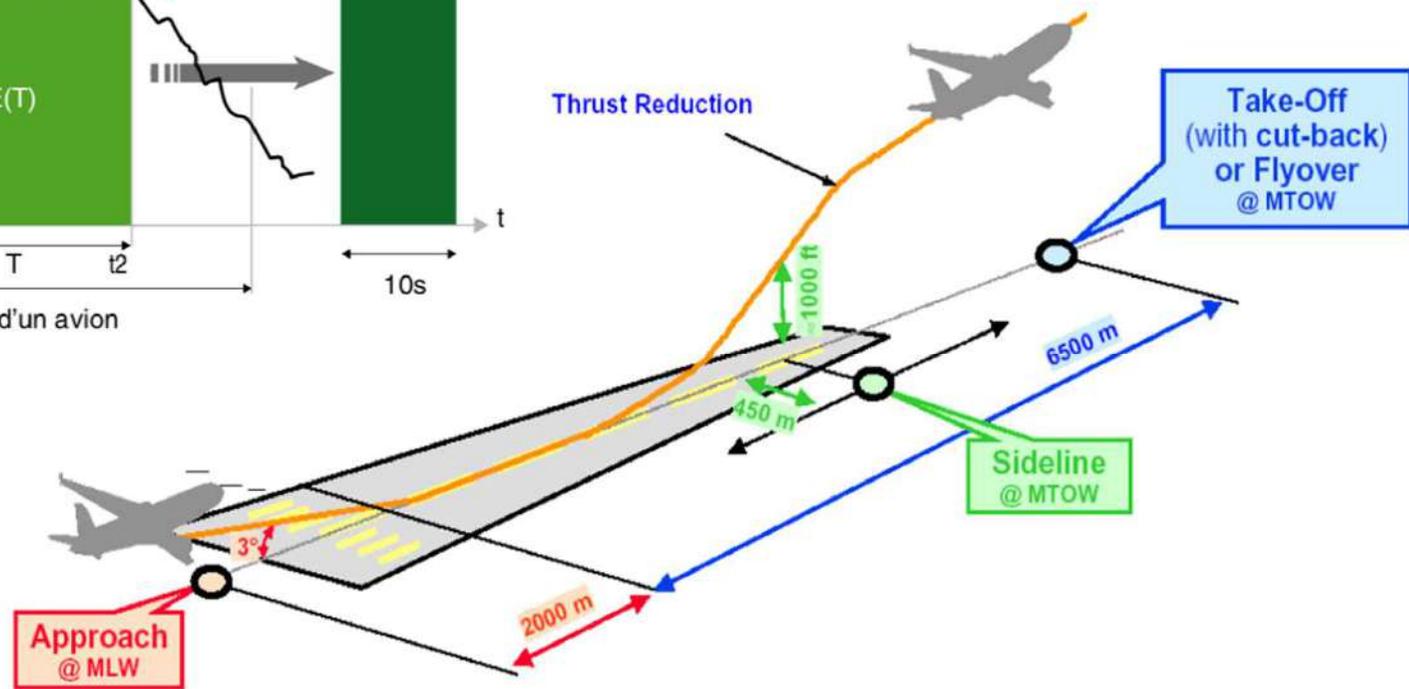


Le bruit du transport aérien

Certification, critère de bruit: EPNdB



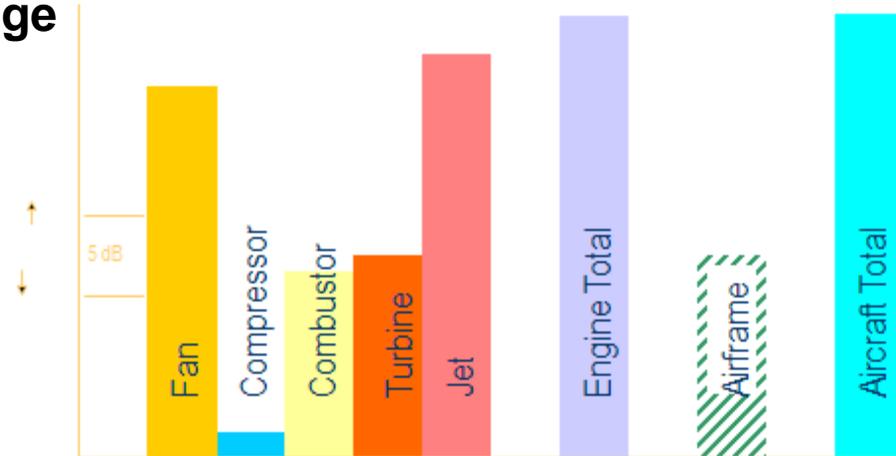
EPNdB:
Effective Perceived Noise dB



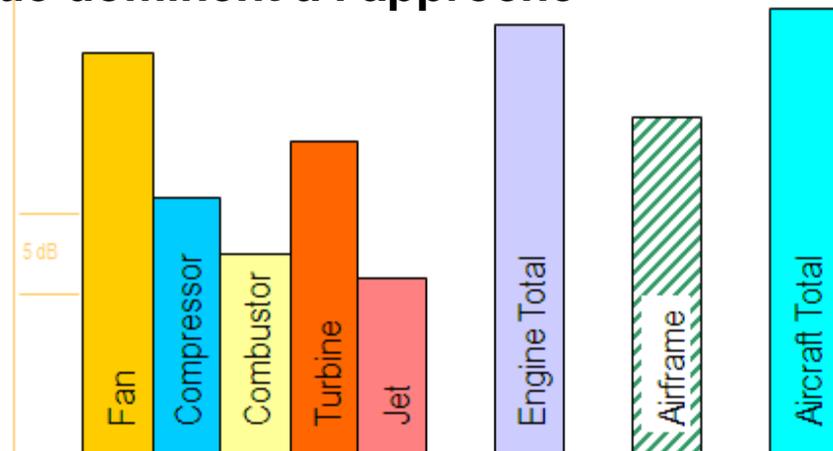
Le bruit du transport aérien

Les sources de bruit d'un avion

Soufflante et jet dominant au décollage



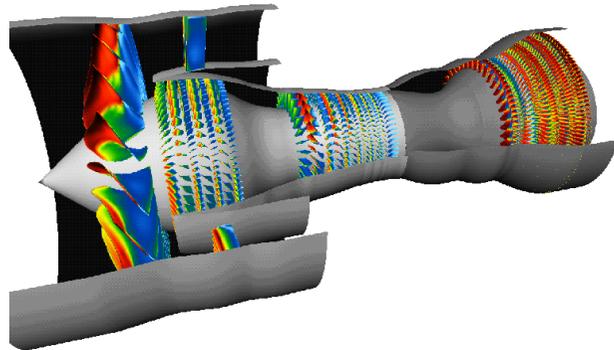
Soufflante, turbine et bruit aérodynamique dominant à l'approche



L'intensité absolue et relative des différents contributeurs au bruit diffèrent entre le décollage et l'atterrissage

Le bruit du transport aérien

Le turboréacteur: des sources très différentes



Soufflante Amont

Vitesse périphérique, débit 2

Soufflante Aval

Rapport de pression, débit 2

Combustion

Température, débit 1

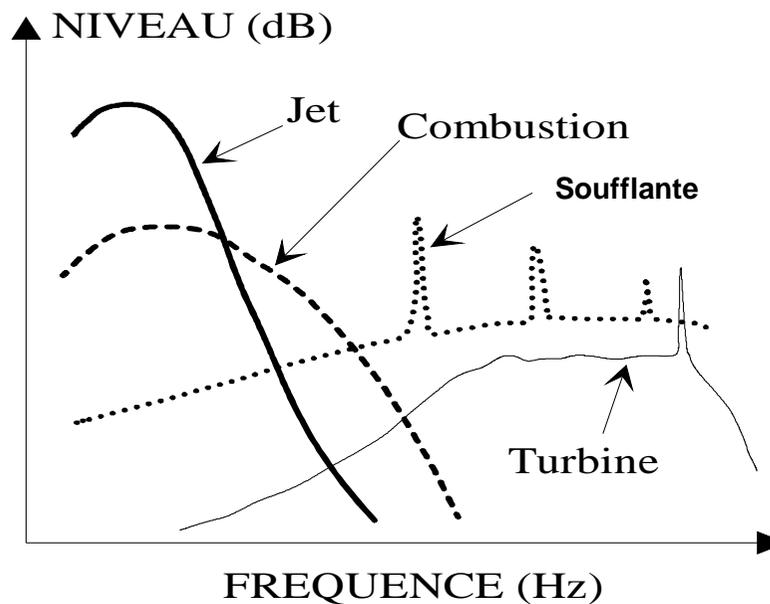
Turbine

Rapport de pression, température

Jet

Vitesse éjection, débit 1

En fréquence



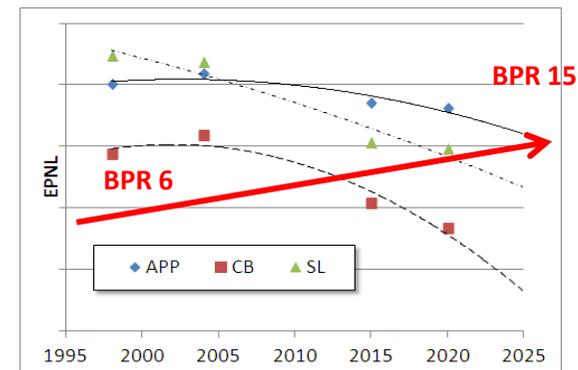
Le bruit du transport aérien

Bruit des moteurs, le turboréacteur

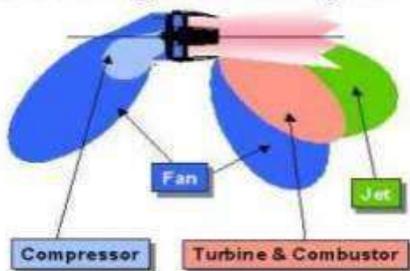
Pendant une trentaine d'années, l'essentiel de la réduction du bruit moteur est dû à l'augmentation du taux de dilution (BPR) des réacteurs double-flux



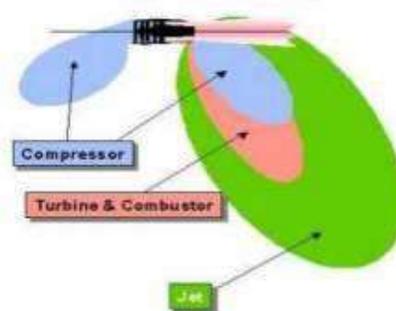
BPR: rapport débit (secondaire/primaire)



Noise of a typical 1990s engine



Noise of a typical 1960s engine



Aujourd'hui: turboréacteurs

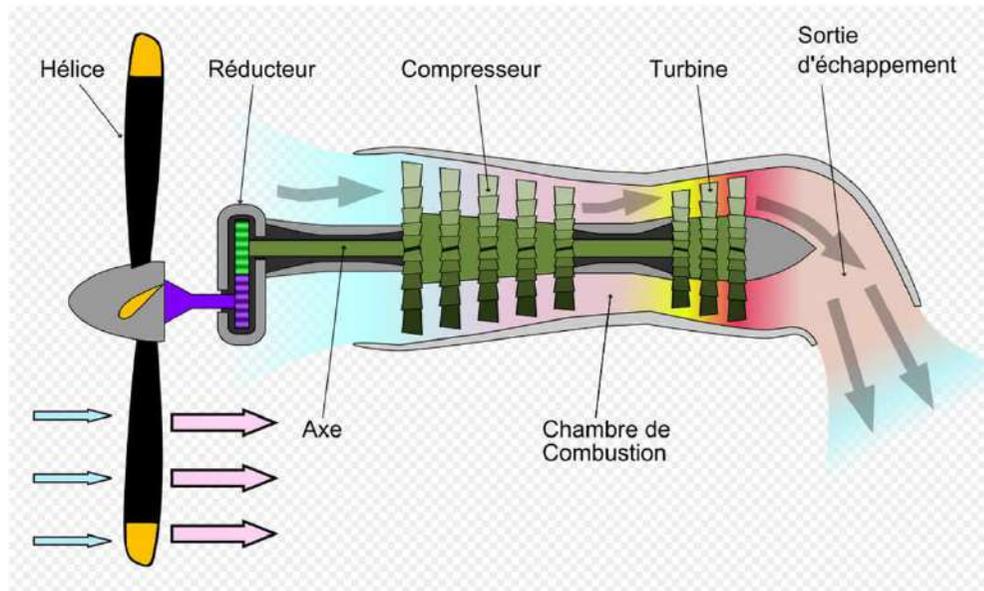
BPR ~10



Un "ancien" A330 et un nouvel A350

Le bruit du transport aérien

Bruit des moteurs, le turbopropulseur



2 sources de bruit principales

Hélice

Echappement



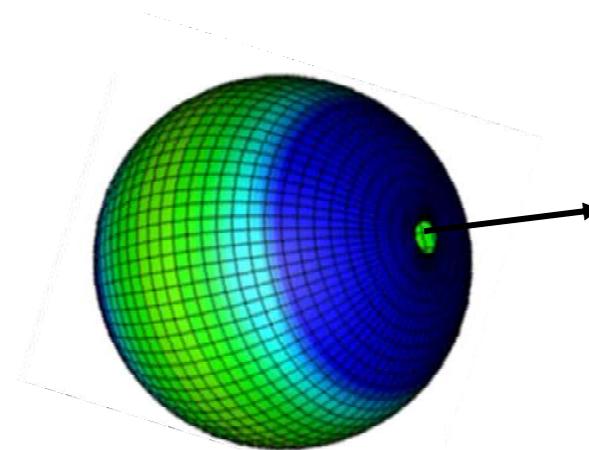
Le bruit du transport aérien

Bruit des moteurs, le turbopropulseur

Optimisation de nouvelles pales à performances aérodynamiques équivalentes
Géométrie des profils, nombre de pales, aéroelascicité

Prise en compte de l'entrée d'air du moteur

Validation expérimentale et simulations numériques



Rayonnement de l'hélice isolée
Bruit de charge (Dipolaire)
Niveaux Max (vert) dans le plan de l'hélice

Le bruit du transport aérien

Bruit aérodynamique

Train d'atterrissage



Profil hypersustenté
Bec et volet



Cavité et trappe

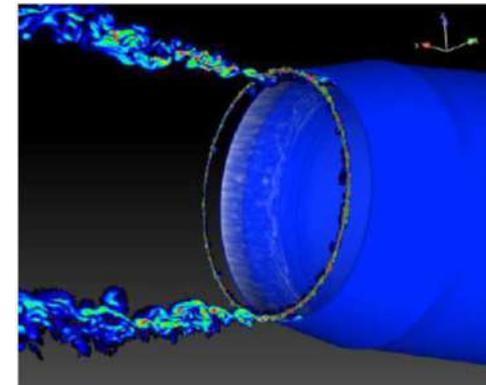


Le bruit du transport aérien

Outils de modélisation et de validation

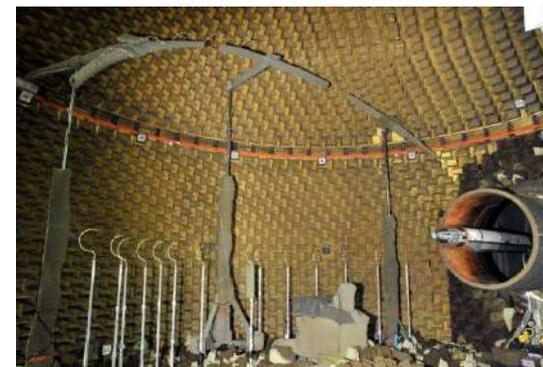
Simulation numérique

- Empirique
- Semi-empirique
- RANS-CFD + modèle acoustique
- Couplage CFD/CAA



Validation expérimentale

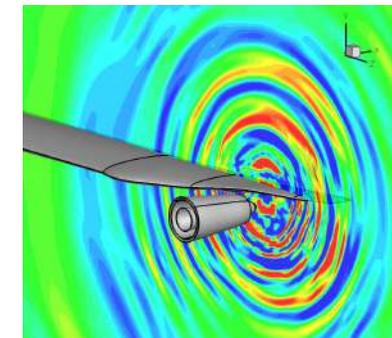
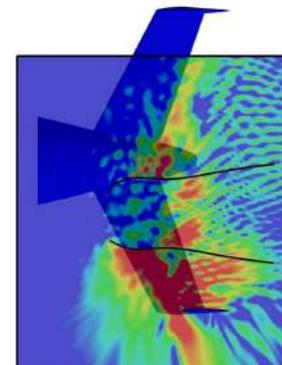
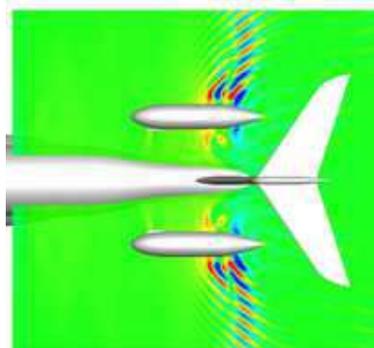
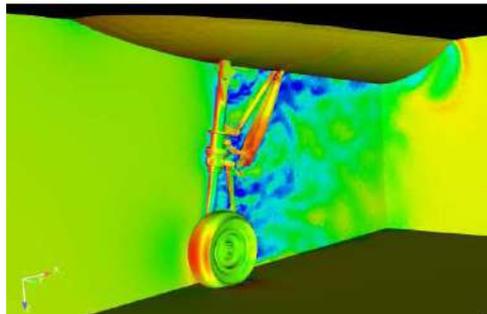
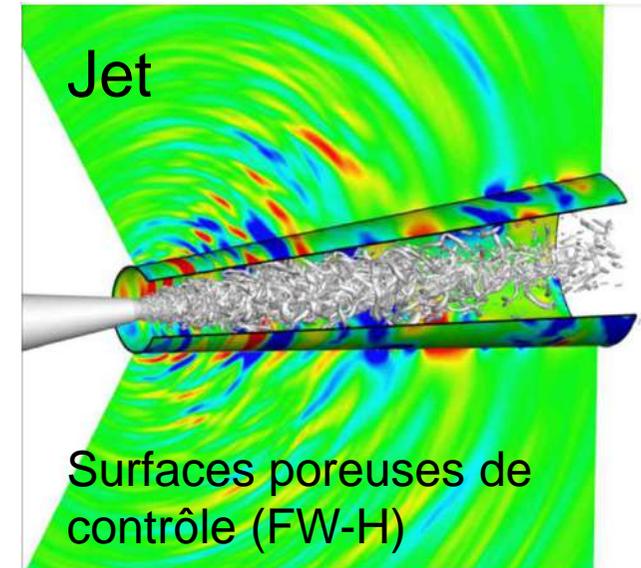
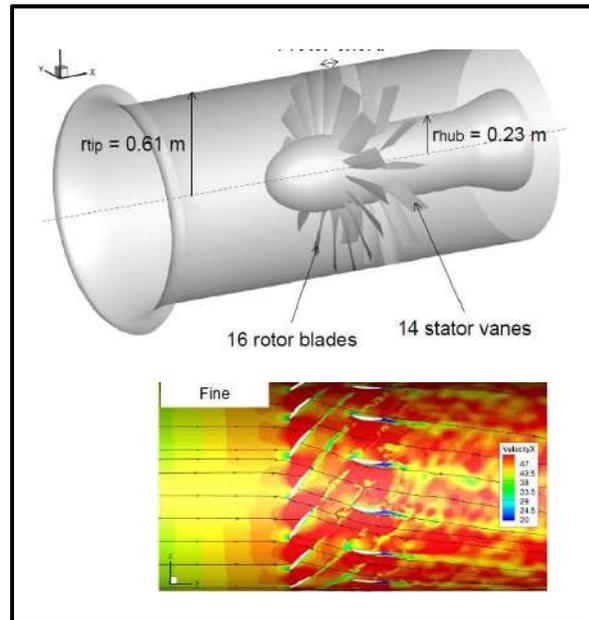
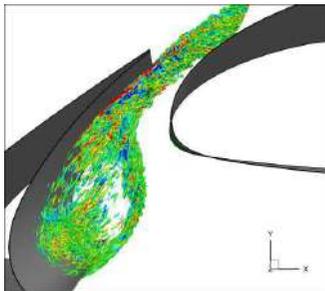
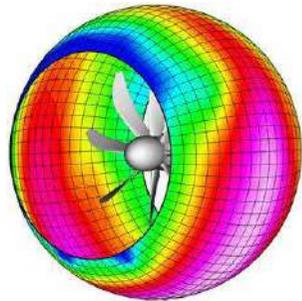
- Banc de recherche
- Banc d'essai statique & avec effet de vol
- Essais en vol



Le bruit du transport aérien

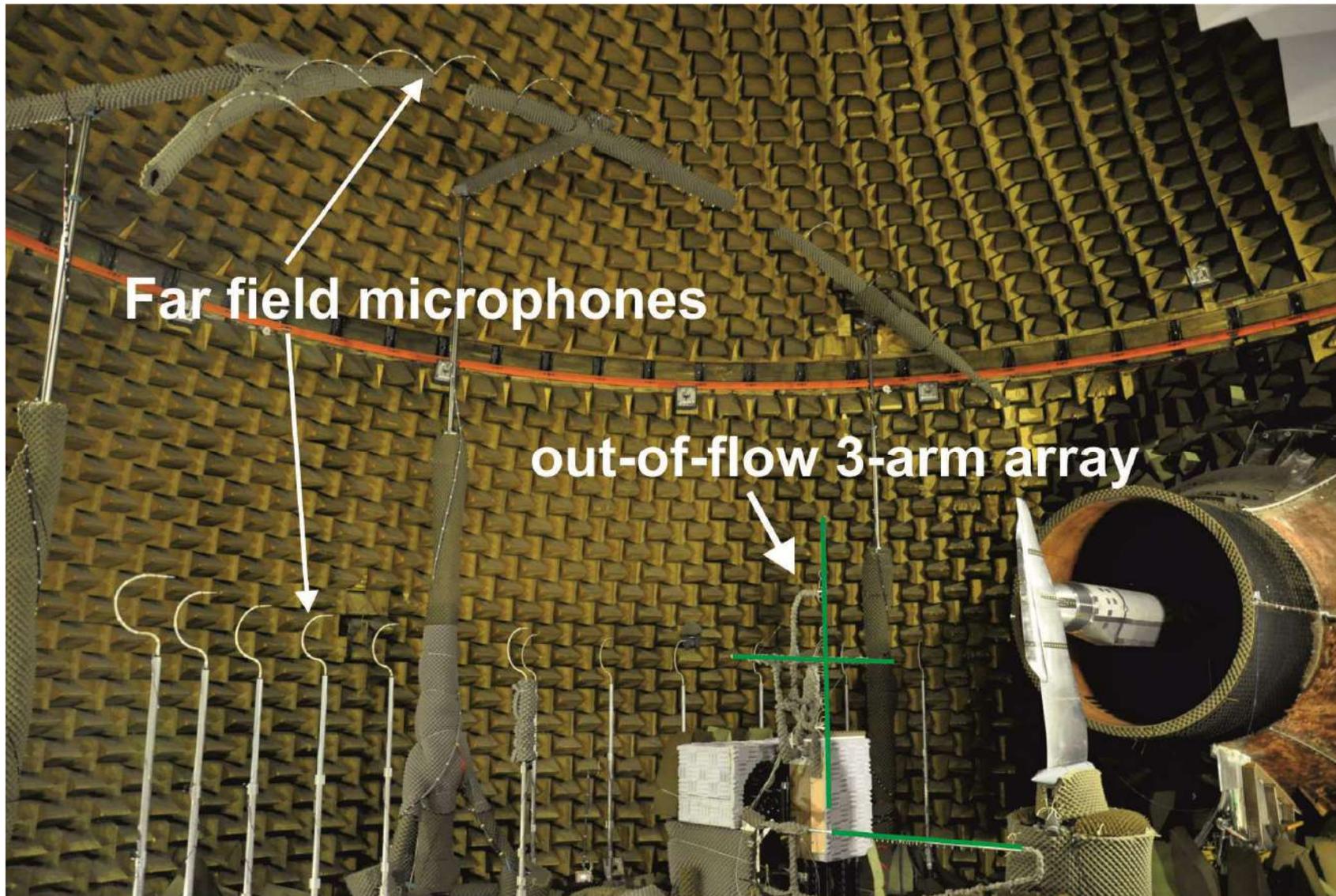
Simulation numérique: Quelques exemples

Maillage : Centaines de millions de points



Le bruit du transport aérien

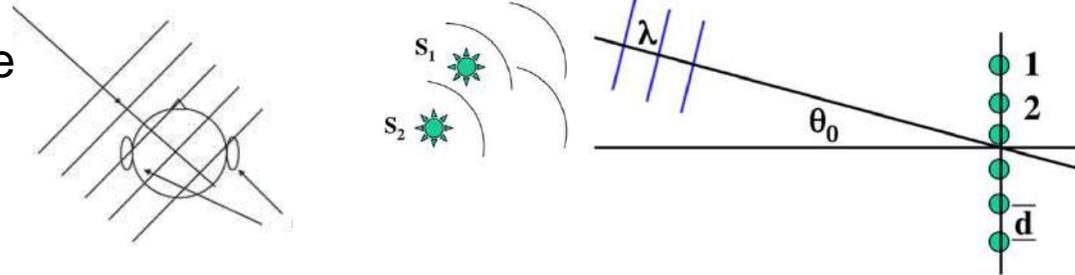
Validation expérimentale: La soufflerie anéchoïque



Le bruit du transport aérien

Identification des sources acoustiques - Imagerie

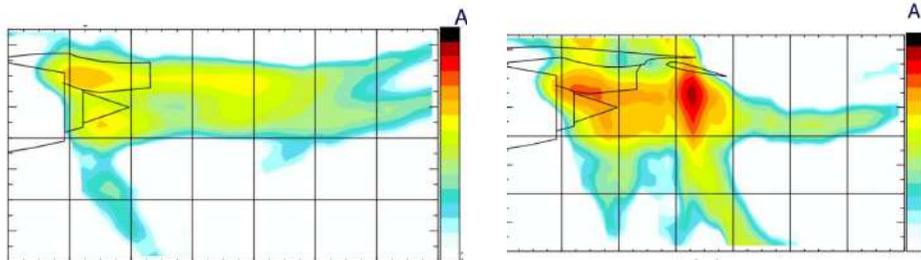
Principe de l'antennerie: analyse des retards de propagation



Antennes – Réseaux de capteurs

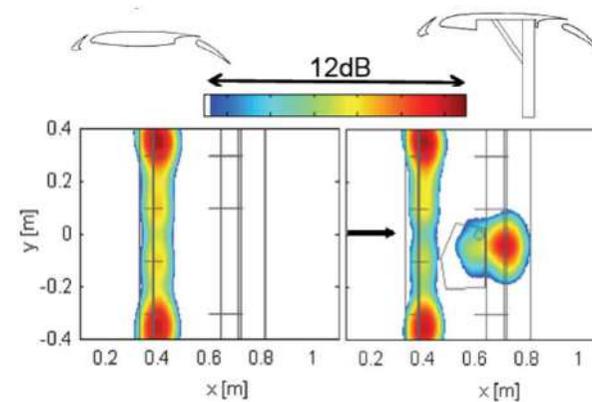


Localisation de sources en soufflerie



Moteur isolé

Moteur installé



Bec et volets

Le bruit du transport aérien

Evaluation des nuisances sonores

Gêne: activité perturbée

La gêne est provoquée par le bruit qui perturbe la réalisation d'une activité

Etude sur le **court terme** en laboratoire ou sur le terrain

Gêne: ressenti, fatigue et stress

La gêne est induite par la répétition des perturbations

Etude sur le **long terme** par enquêtes de terrain

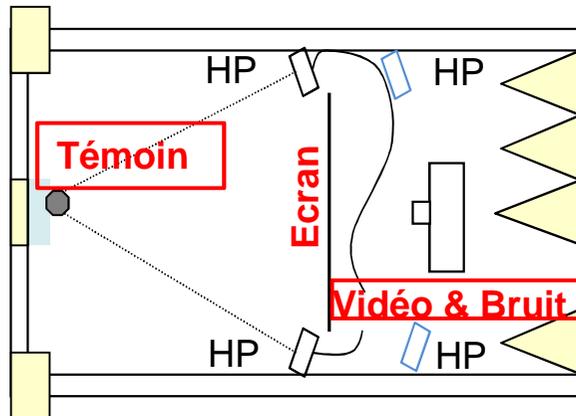
Qualité sonore: confort, écoute

Confort: Agréable/Désagréable

Etude du **Design Sonore** en laboratoire

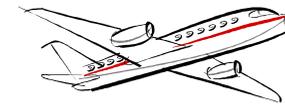
Le bruit du transport aérien

Salle d'écoute et tests en laboratoire



Salle d'écoute
ONERA
2021

Plusieurs passages d'avions
Durée de 20 minutes à 1 heure



Test pour évaluer la gêne pendant une activité
Exercices de restitution



Test pour évaluer le confort (agréable/désagréable)
Questionnaire: Tonalité, puissance, grondement, ...
surprise, évocation danger, ...



Le bruit du transport aérien

Outil de simulation du bruit d'un avion complet - CARMEN

1. Acoustics sources: **propulsion** & **airframe** noise described with semi-empirical models

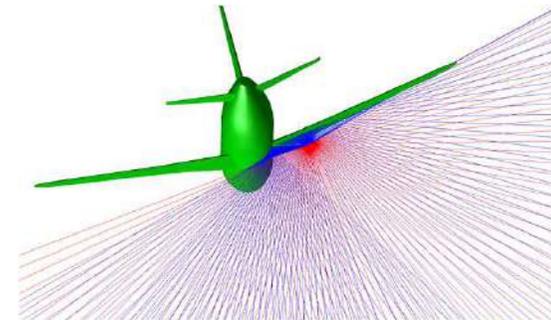


Fan, jet

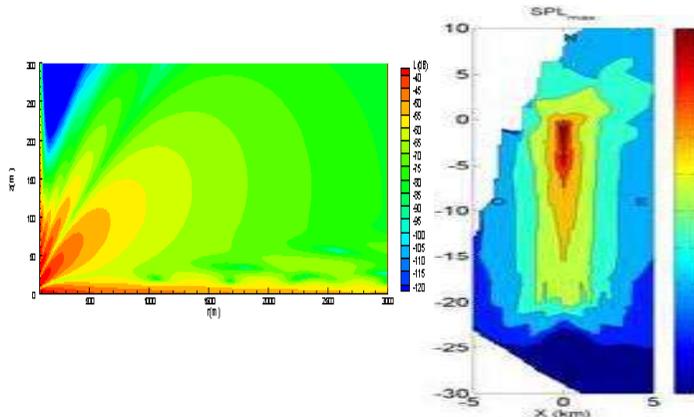


Slat, flap, landing gear

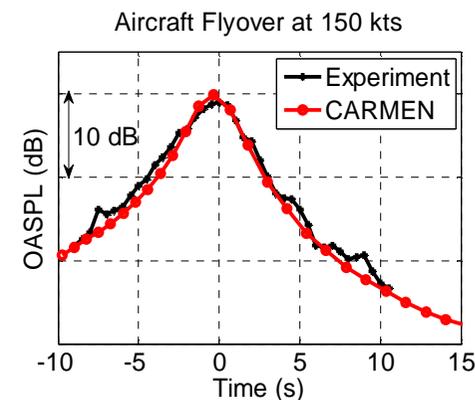
2. Installation effects: ray theory



3. Propagation in the atmosphere to take into account wind and T° gradients



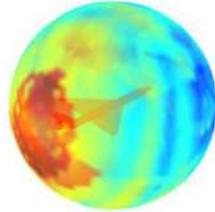
4. Assessment of the prediction with measurements of aircraft flyover noise



Le bruit du transport aérien

Outil de simulation du bruit d'un avion complet - CARMEN

Carmen



Code ONERA de prévision de bruit

Simulation du bruit d'une flotte d'avion

Signaux issus de simulation numérique
de chaque source élémentaire

Restitution de plusieurs métriques

+ AURALISATION



Cartes de bruit au sol

Test d'écoute pour les nuisances

Bruit A340

Mesuré

CARMEN

Bruit de nouveaux concepts d'avions

Bruit CROR: Hélices contra-rotatives

Le bruit du transport aérien

Un projet européen sur les nuisances sonores: ANIMA

ANIMA: Financement EU, 22 partenaires, 2018-2021

- Identifier et promouvoir les bonnes pratiques pour réduire les nuisances sonores
- Comprendre les mécanismes des facteurs non-acoustiques
- Améliorer la qualité de vie des riverains des aéroports



<https://anima-project.eu>

ANIMA Noise Platform -Tools Virtual Community Noise Simulator (NLR)

Application ANIMA pour iPhone



Le bruit du transport aérien

Un projet européen sur les nuisances sonores: ANIMA

Méthodologie ANIMA

Une bonne gestion du bruit ne commence pas avec l'objectif de mettre en œuvre une mesure de gestion du bruit donnée, mais plutôt d'entreprendre un processus d'analyse qui aidera les aéroports à identifier la meilleure chose à faire selon leurs propres circonstances.

- **Identification du besoin d'intervention**
- **Conception d'options**
- **Choix de l'option d'intervention**
- **Mise en œuvre**
- **Post-évaluation**



2018-2021

<https://anima-project.eu>

ANIMA Noise Platform
Des outils et des exemples
Evaluation de scenarios

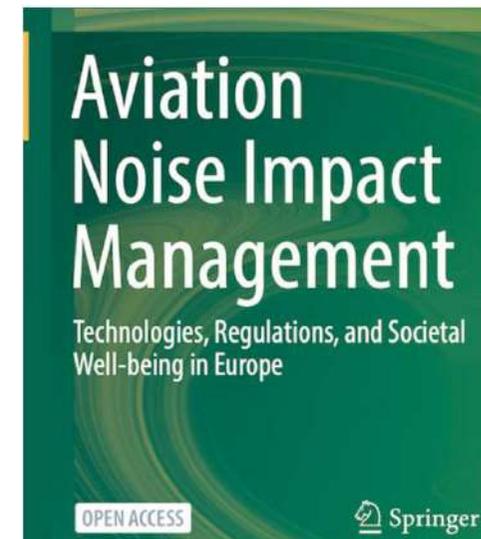
Le bruit du transport aérien

Un projet européen sur les nuisances sonores: ANIMA

Quelques observations et préconisations issues du projet ANIMA



- Il est important de travailler sur la compréhension des facteurs de gêne
- La gêne est parfois en partie dé-corrélée du bruit mesuré
- Il existe des facteurs non-acoustiques qui renforcent la gêne exprimée
- Il n'existe pas de métrique de la gêne mais des indicateurs
- Un bruit dont on comprend la raison sociale ou que l'on peut prévoir est mieux accepté
- Les recherches incrémentales vont saturer, il faut favoriser les technologies de ruptures
- Favoriser un processus de concertation, ne pas présupposer les attentes des riverains, les écouter, les impliquer
- Que l'expérience des grandes plateformes servent aux aéroports émergents
- Anticiper ne pas attendre la consolidation d'une situation qui se dégrade

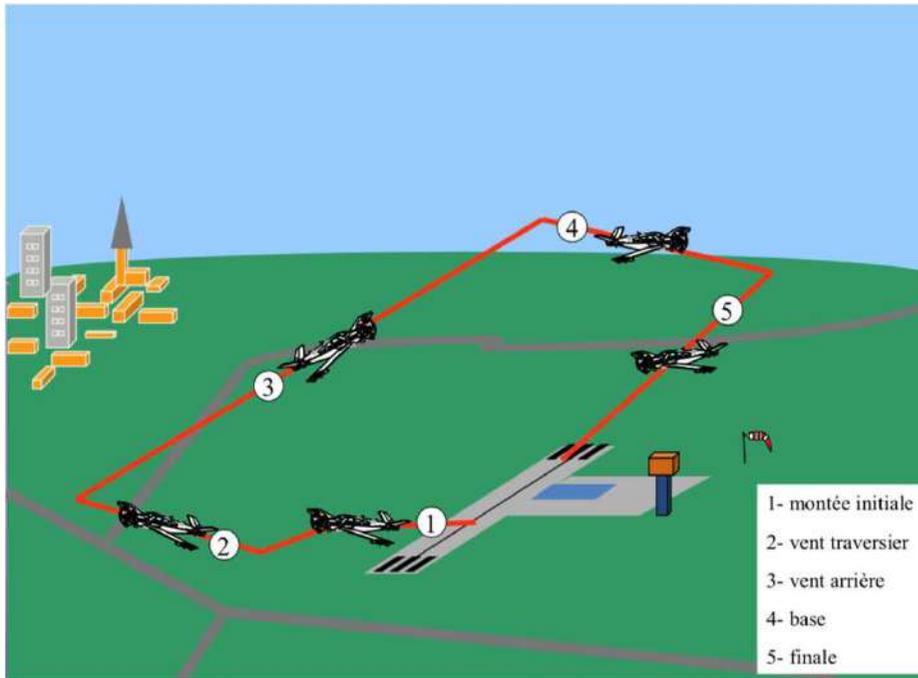


<https://anima-project.eu>

Le bruit du transport aérien

L'aviation légère

Avion Léger <8618 kg (19 000 lb)



Activités:

Transport
Remorquage de planeurs
Formation de jeunes pilotes
Parachutisme
Voltige
ULM

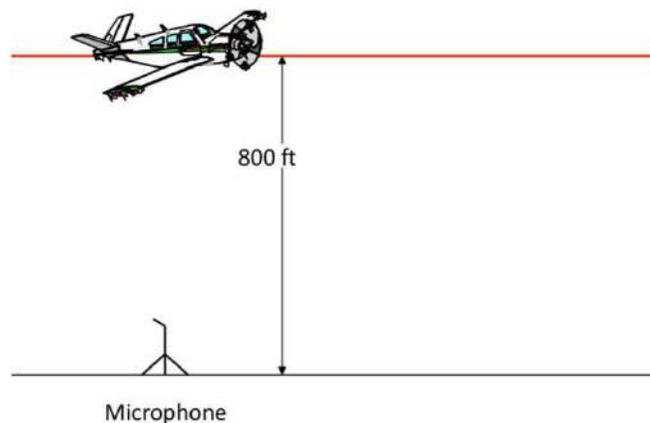
Nuisances sonores recensées sur plus de 120 aérodromes

Le bruit du transport aérien

L'aviation légère

CALIPSO

Classification des Avions Légers selon leur Indice de Performance SONore



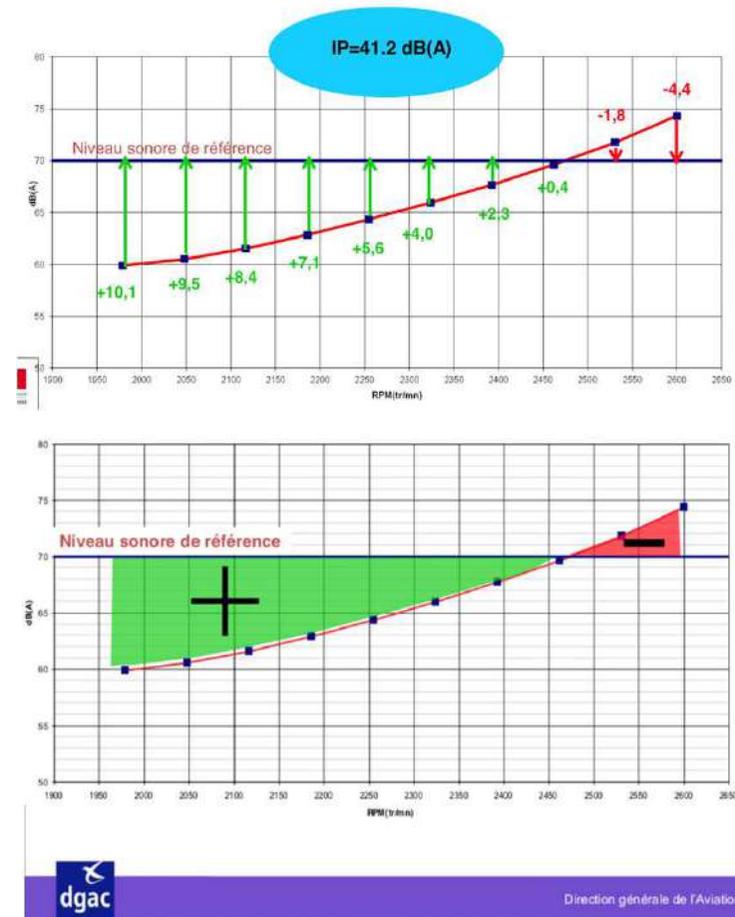
5 000 avions concernés (moteur à piston)

2019: 1200 avions classés (libre choix)

IP(dB(A))	IP<0	0≤IP<30	30≤IP<60	IP≥60
Classification	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A

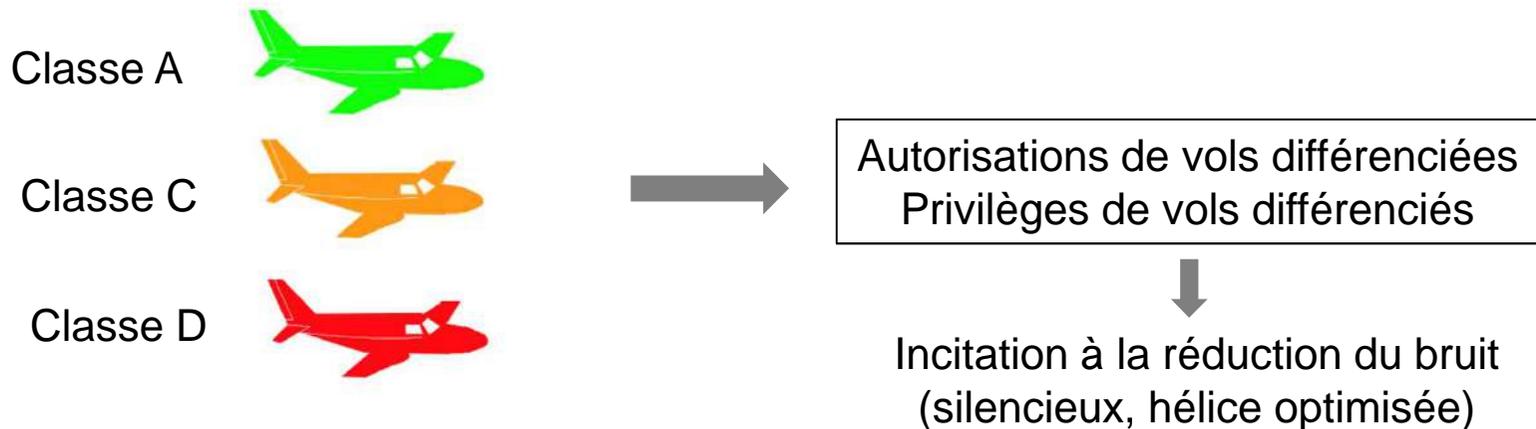
IP=0

Conversation



Le bruit du transport aérien

L'aviation légère



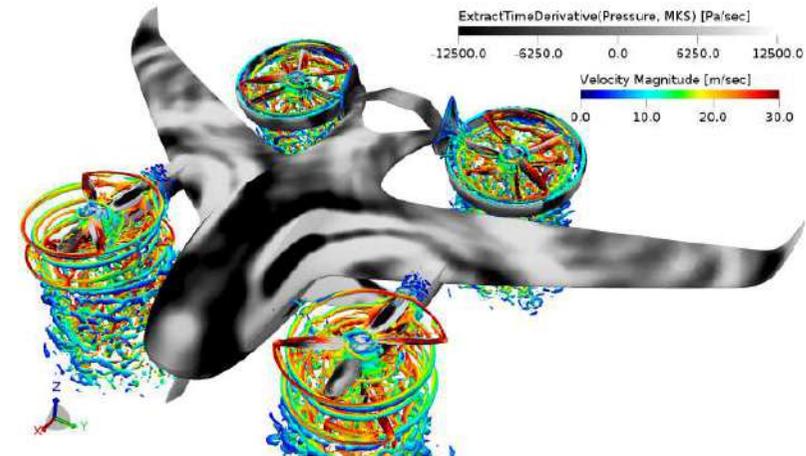
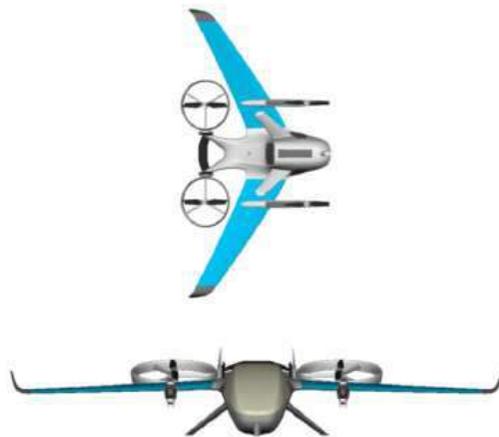
Expérimentation à Toussus-le-Noble (IdF)

Ouverture de créneaux pour avion **Classe A**

Restriction de créneaux pour avion **Classe D**

Protocole d'accord entre: riverains / aéroclubs / autorités locales

Urban Mobility : des nouveaux concepts Avec ou sans pilote



**Des nouveaux axes de recherches et d'études
pour les aéroacousticiens**

Le bruit du transport aérien

Un dimanche à Roissy...



Dimanche à ... Roissy !

Merci pour votre attention



Denis Gély
denis.gely@onera.fr



F-JASG @ LFNB