

# **La Décomposition de Domaine Appliquée à la réduction de bruit**

**Cadre général : réduction du bruit extérieur**

**Panorama des difficultés et enjeux**

**Un cahier des charges ?**

***isabelle.terrasse@eads.net***  
***eric.duceau@eads.net***

# Cadre général



- Réduction du bruit extérieur des aéronefs
- 3 niveaux de modélisation physique

## Les sources

moteur  
aérodyn → CAA

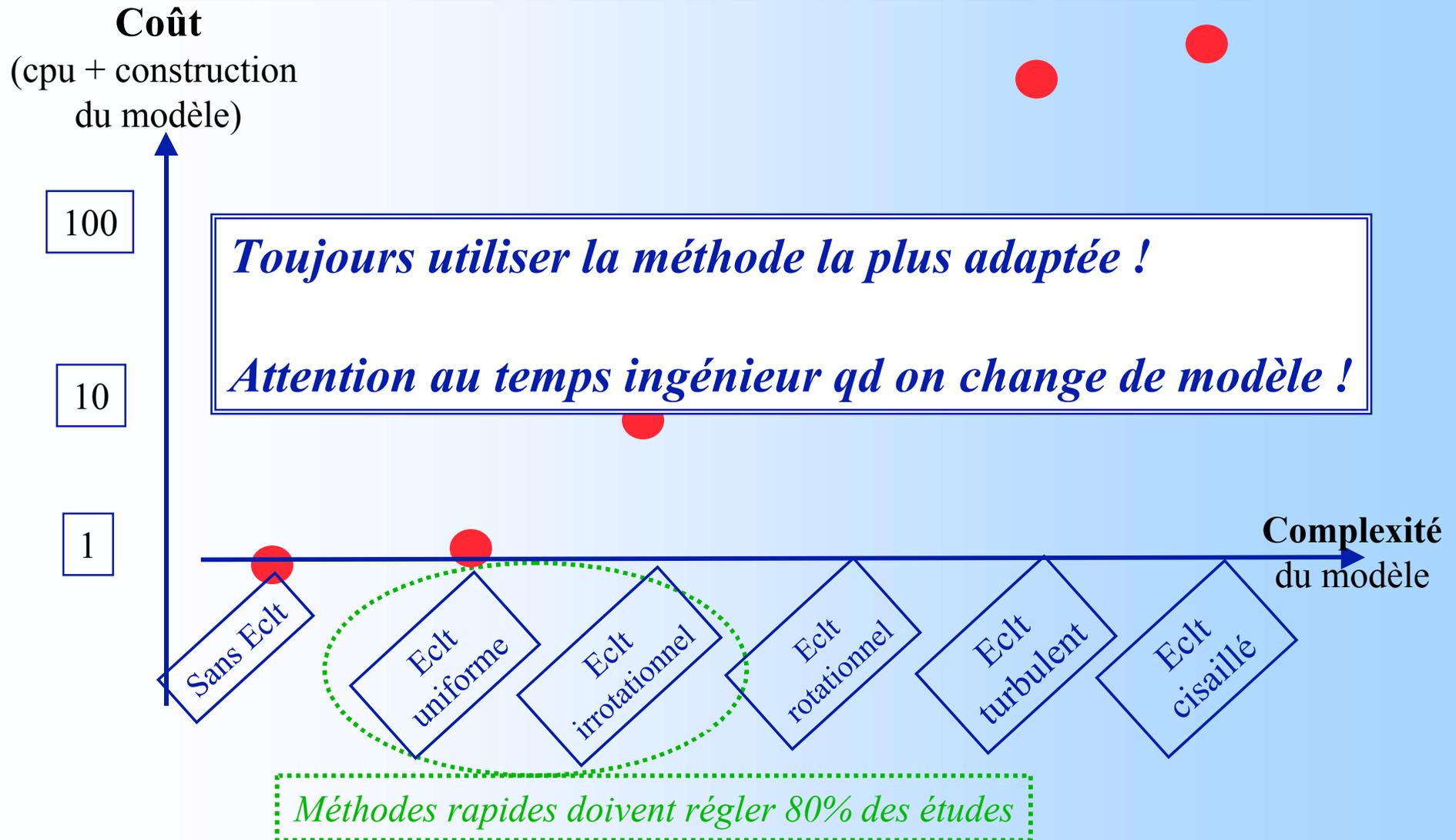
## Interaction avec la structure

Structure → réflexion, diffraction  
Fluide → propagation en écoulement  
Réduction de bruit → matériaux absorbants

## Propagation

Propagation vs  $T^\circ$   
Propag. proche du sol  
Interact. avec les batiments  
Psycho-acoustique

**BUT : Augmenter la complexité des modèles**  
**CONTRAINTE : précision/temps de calcul**



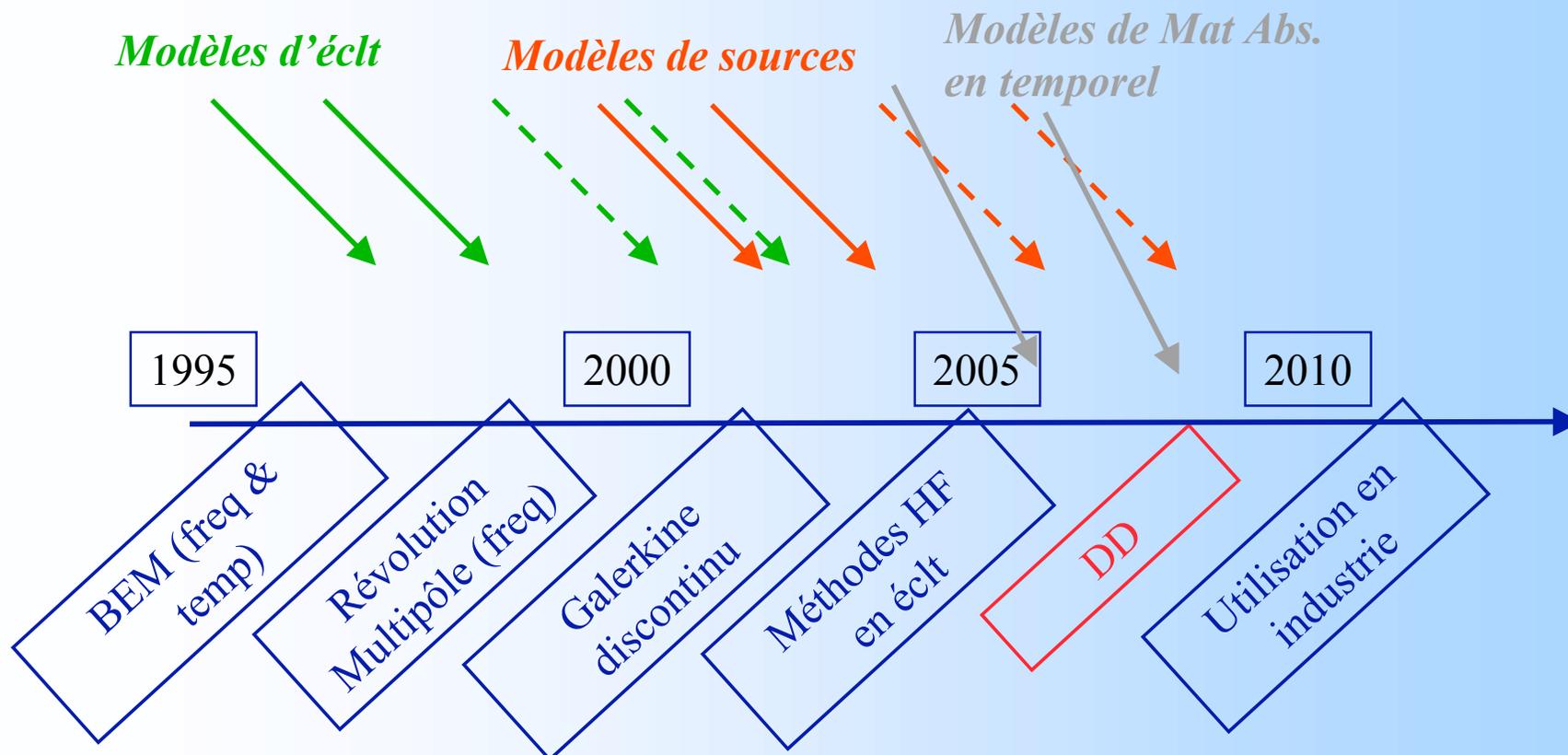
# De nouveaux enjeux



- Description des sources par la CAA par signaux large bande
- La Psycho acoustique nécessite des réponses en bande fine pour « entendre » le bruit
- La simulation en **Temporel** est-elle suffisamment puissante & mure pour prendre en compte les interactions complexes avec l'avion et fournir un large volume de données aux psycho acousticiens?
- Peut-être! Quelques pistes:
  - Les Méthodes Multipôles Rapides en Temporel vont-elles être aussi révolutionnaires que dans le domaine fréquentiel ?
  - Les Méthodes Galerkin Discontinues sont en pleine expansion,
  - Beaucoup de savoir-faire disponible dans les méthodes fréquentielles
  - Le coût CPU décroît grâce aux clusters de PC bas coût.
- Un point clé : les méthodes de **décomposition de domaine** (en fréquence et temporel); mixer approche bruit de raies et large bande

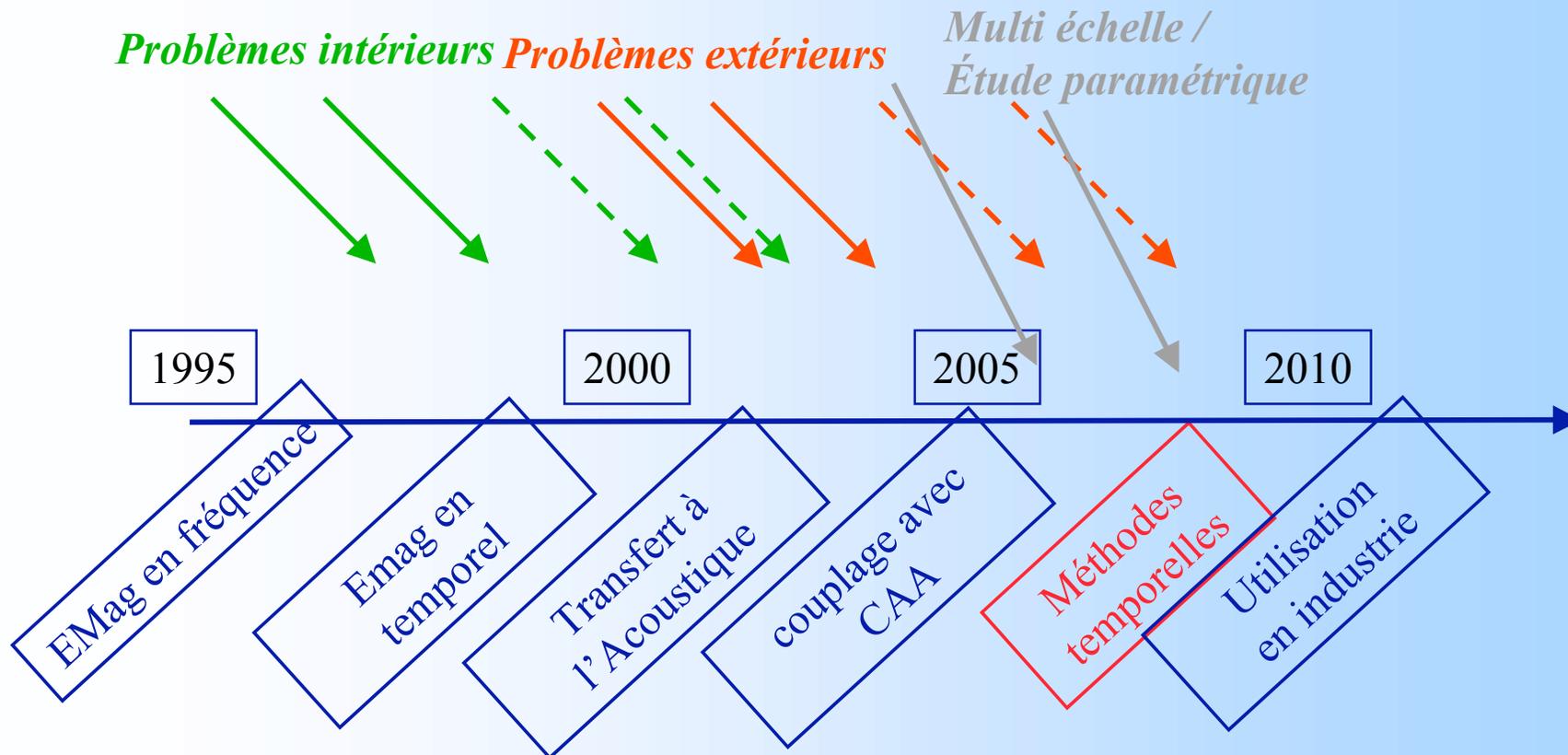
# Les simulations dans le domaine temporel

<i>Méthodes Numériques</i>	++
<i>Ressources informatiques</i>	+++
<i>Données</i>	+(+)

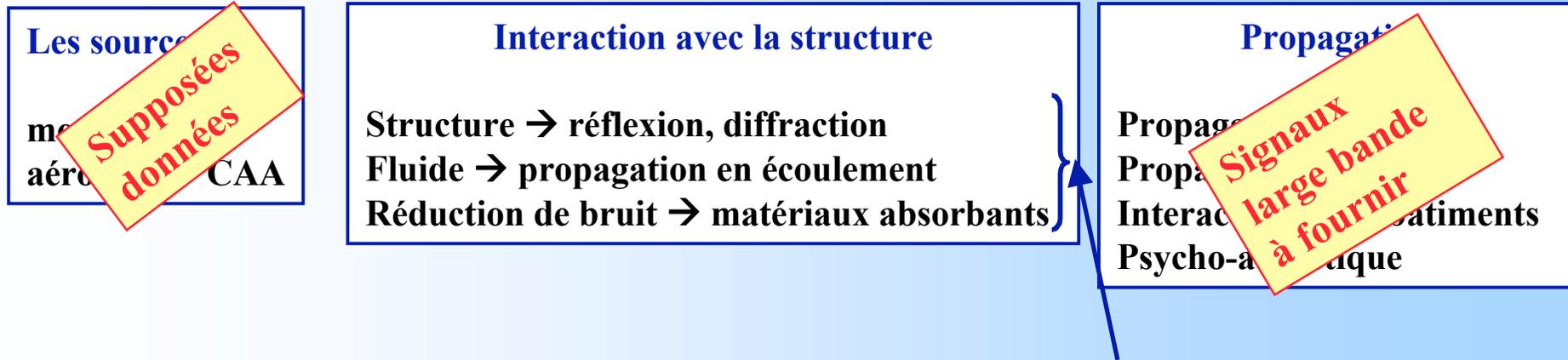


# Les simulations par Décomposition de Domaine

<i>Méthodes Numériques</i>	++
<i>Ressources informatiques</i>	+++
<i>Volume de Données à échanger</i>	+/-



# Un premier démonstrateur ?



- Plusieurs codes à utiliser de façon à maîtriser les effets multi échelle
- La complexité des phénomènes doit être évaluée vs une analyse en bande fine des observables en utilisant au mieux l'approche temporelle,
- On prévoit (quand ?) que les ingénieurs utiliseront différents modèles pour le même sous domaine de l'“aéronef” en fonction du degré de précision attendue pour un temps CPU donné ... et la connaissance des données au cours du cycle de conception (écoulement, comportement des matériaux etc..)

# Que faut-il maîtriser/prouver ?

*Un modèle approprié doit être sélectionné par axe et leur cohérence doit être démontrée*

Complexité du modèle d'écrt

Fréquence du modèle de revêtement

1 modèle fin par fréquence

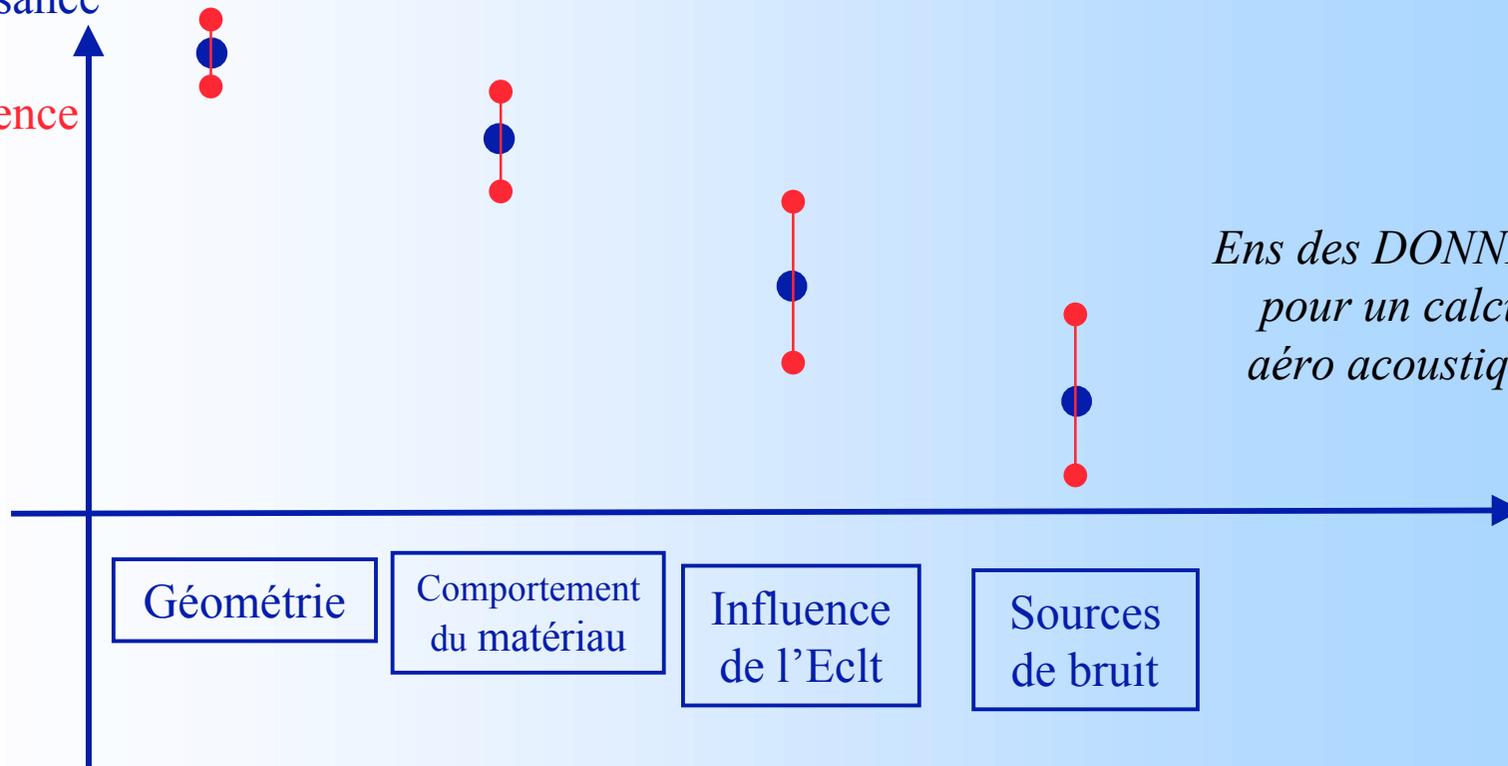
Comportement en bande étroite

1 valeur moyenne sur toute la bande



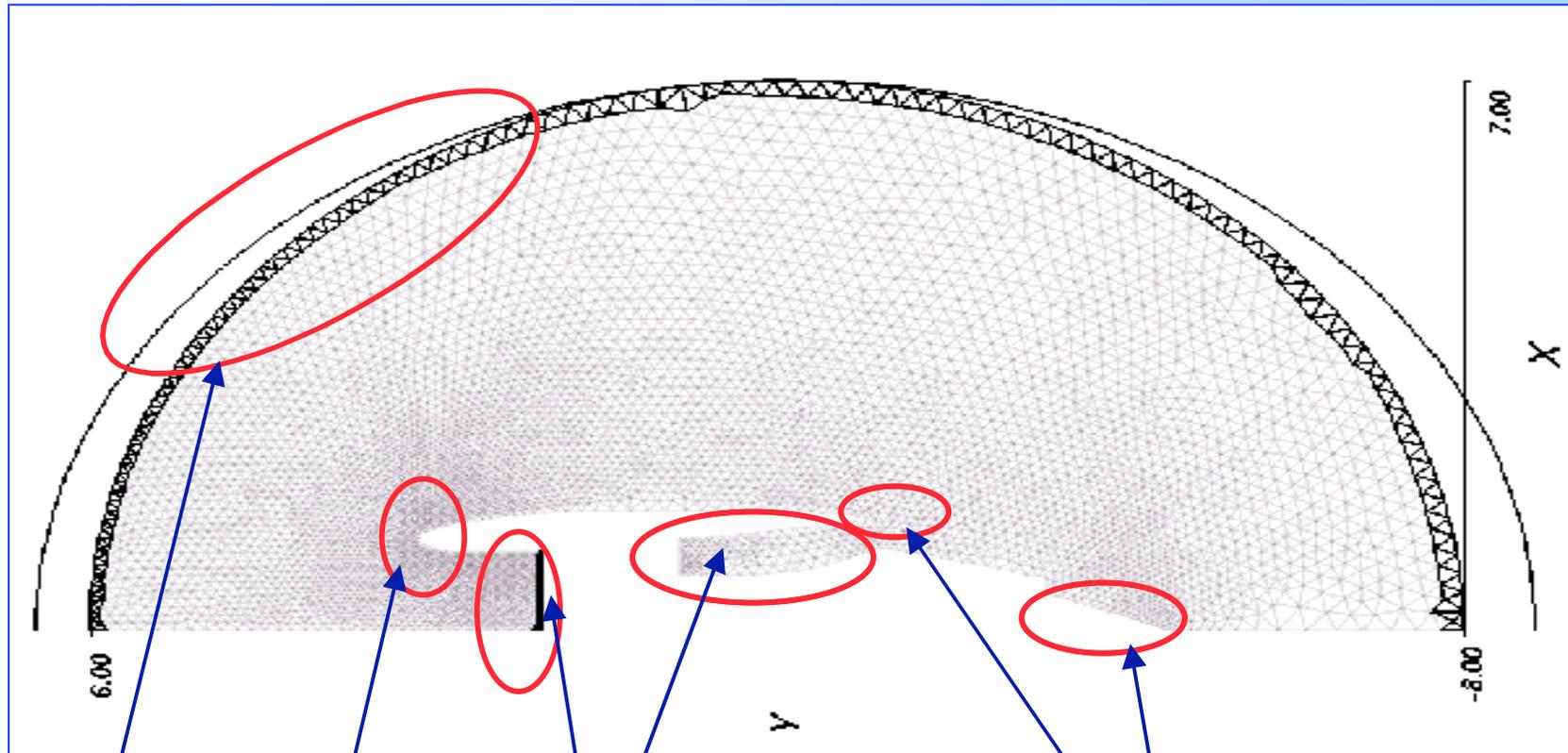
# Que faut-il maîtriser/prouver ?

Degré de  
connaissance  
et  
pertinence



*Ens des DONNEES  
pour un calcul  
aéro acoustique*

# EXEMPLE: acoustique convectée autour d'une nacelle



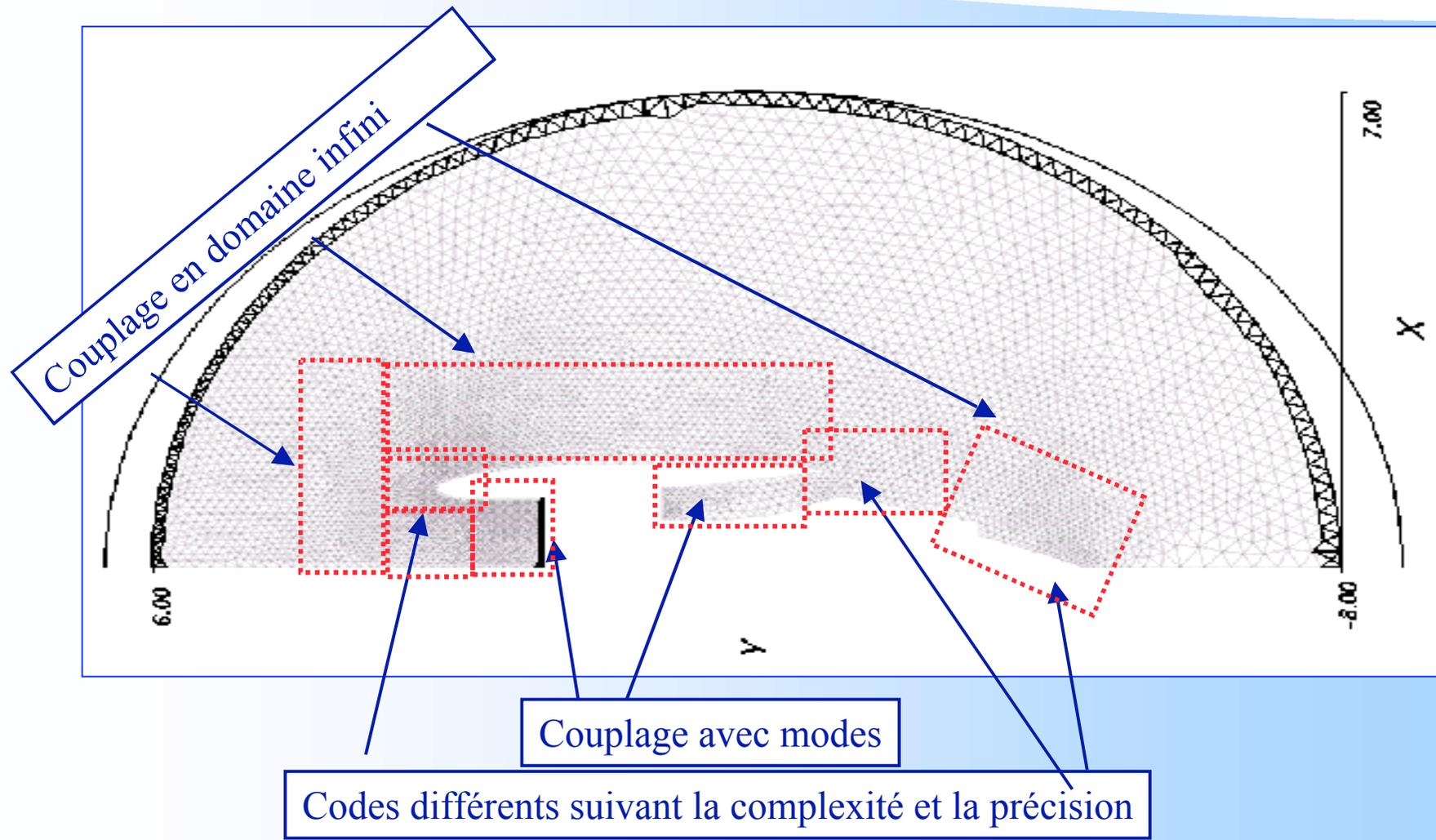
Couplage en domaine infini

Eclt très fortement inhomogène

Couplage avec modes

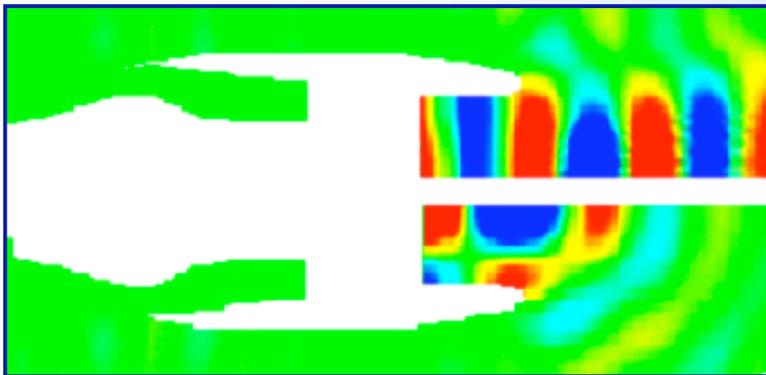
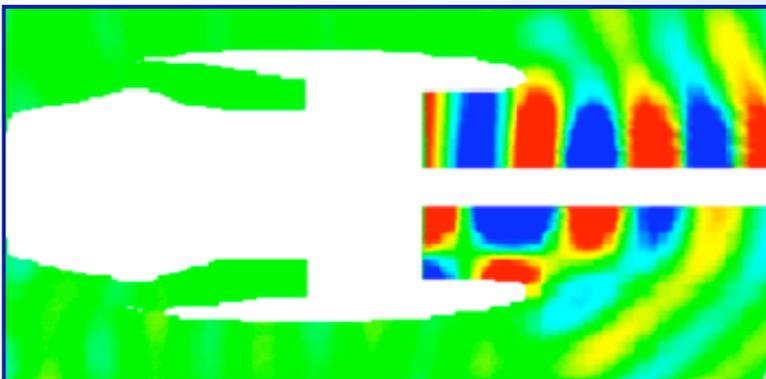
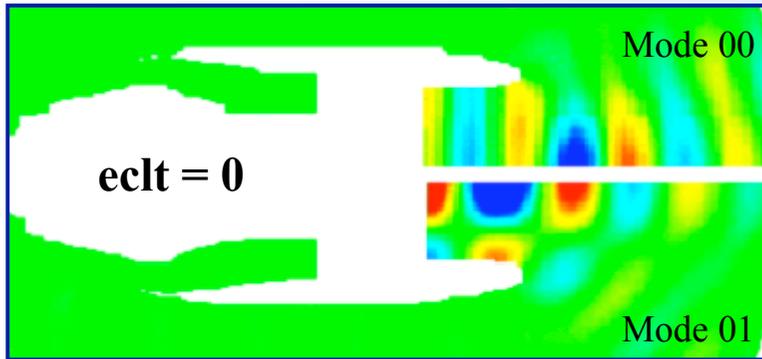
Quel modèle d'éclt est pertinent ?

# Décomposition de Domaine appliquée à l'acoustique convectée

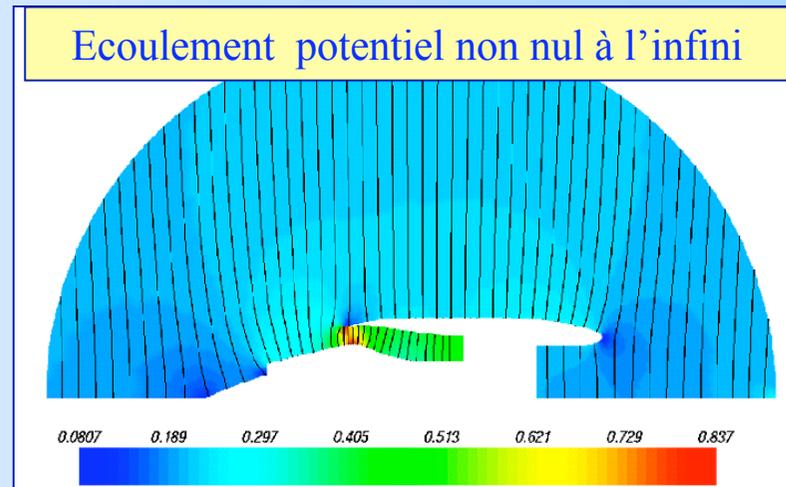
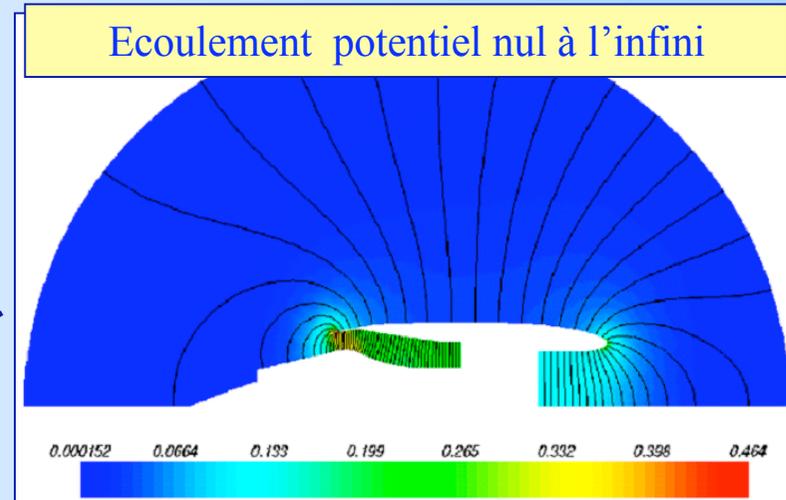


**Point clé = quelle « boîte » pour une précision donnée ?  
(taille + modèle)**

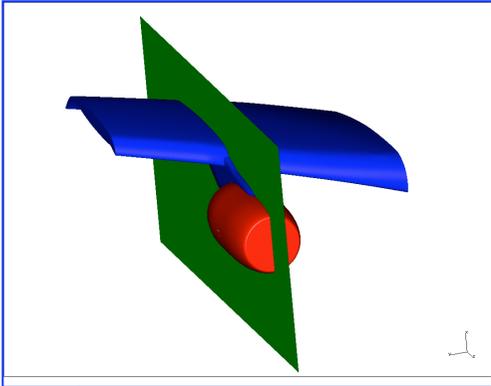
# Exemple dans le domaine fréquentiel pour les sources moteur



Couplage de 2 methodes semble OK (?)

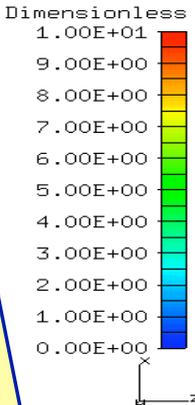
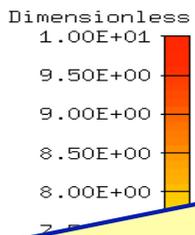


Exemple dans le domaine fréquentiel pour l'interaction avec la structure en éclt uniforme

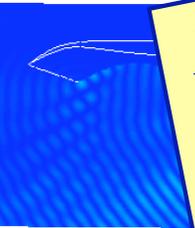


diffraction du bruit moteur par l'aile

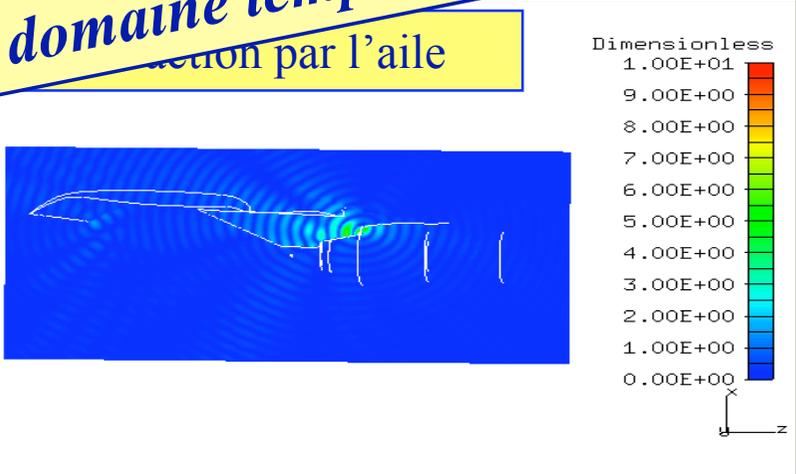
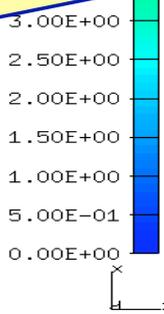
sources moteur + nacelle



**Les méthodes FMM ont révolutionné dans le domaine fréquentiel les capacités de simulation ...  
A transférer dans le domaine temporel?**



Calcul complet



## Un cahier des charges ?

### *Où positionner les délimitations entre domaines ?*

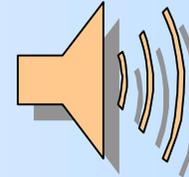
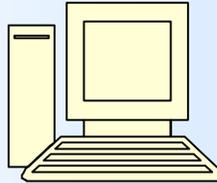
- Quelques mots clés pour décrire l'objectif :
  1. La **décomposition de domaine** est-elle plus pertinente que l'utilisation d'une seule méthode ?
  2. Peut-on espérer des résultats pour un **couplage générique** ? (méthodologie + standards à démontrer/proposer):
    - avec des codes **commerciaux** et/ou **de recherche**
    - mixant des approches 2D or 3D,
    - basés sur divers schémas numériques d'**écoulement**.
  3. Méthode FMM : OK pour **écoulement** uniforme ; adaptée pour les interactions avec la structure / Galerkin Discontinu en temporels semble une piste prometteuse (1er pas de complexité pour) un **écoulement** réaliste avec un bon rapport précision/performance.
  4. Une approche asymptotique semble rester indispensable pour les **hautes fréquences**.
  5. La modélisation des **matériaux absorbants** est commune à toutes les approches
  6. Accélération des analyses **paramétriques** (boite par boite)
  7. Une méthode temporelle peut ouvrir un boulevard à l'utilisation de **méthodes inverses** pour caler les données d'entrée dures à obtenir.
  8. Comment estimer l'erreur de chaque modèle, puis du modèle couplé ? **Propagation des incertitudes**

# *A définir : l'interaction entre les mathématiques et l'acoustique*



***VIRTUEL***

***Domaine Maths/ Maths Applis***



***SON***

***Domaine acoustique***

***Résultats en électromagnétisme  
Résultats en élastodynamique  
Calcul Haute Performance  
Décomposition de Domaine  
Méthodes FMM***

- quelles quantités se conservent ?***
- quelles données échanger ?***

***Modèles de sources  
Modèles de Matériaux  
Modèles d'écoulement  
Réduction de modèles***

***L'ENJEU***