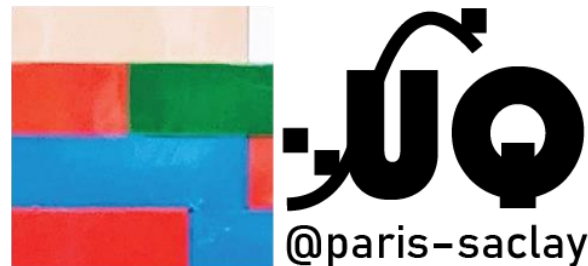


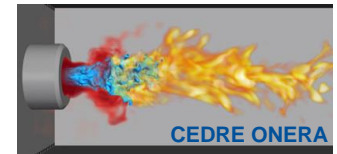
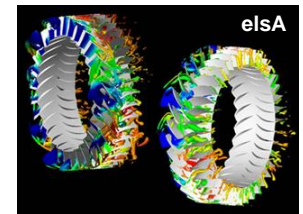
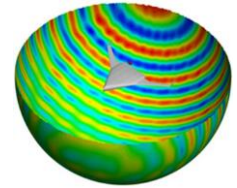
quantification des incertitudes
pour les simulations numériques
**enjeux pour le domaine de
l'aérospatial**



Enjeux stratégiques pour l'aérospatial

- Décarboner l'aéronautique
 - Améliorer la conception aéronautique (et spatiale) dans un contexte de transition énergétique

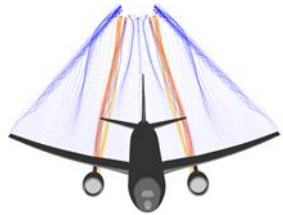
- Quantifier et maîtriser les incertitudes pour la certification



Enjeux stratégiques pour l'aérospatial

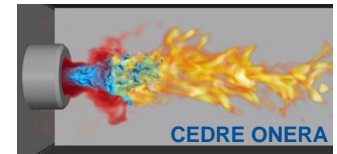
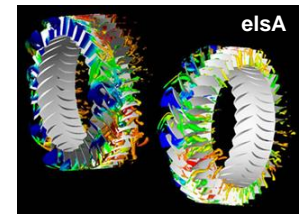
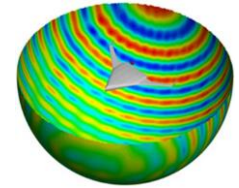
- **Décarboner l'aéronautique**

- **Améliorer la conception aéronautique (et spatiale) dans un contexte de transition énergétique**
- **Prendre en compte et propager les incertitudes de modélisation lors de l'estimation de l'impact environnemental**



Forçage radiatif induit par les émissions d'avions de transport

Projets **VOLCAN** et **Climaviation**

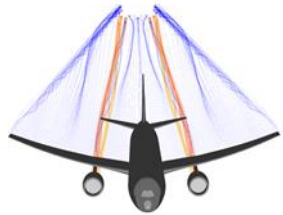


- **Quantifier et maîtriser les incertitudes pour la certification**

Enjeux stratégiques pour l'aérospatial

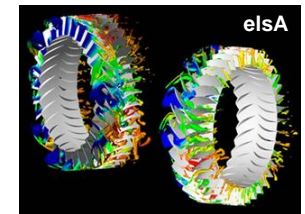
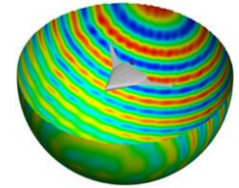
• Décarboner l'aéronautique

- Améliorer la conception aéronautique (et spatiale) dans un contexte de transition énergétique
- Prendre en compte et propager les incertitudes de modélisation lors de l'estimation de l'impact environnemental



Forçage radiatif induit par les émissions d'avions de transport

Projets **VOLCAN** et **Climaviation**



• Quantifier et maîtriser les incertitudes pour la certification

Besoin de **performances** accrues
Introduction de **technologies** de ruptures
Prise en compte de nouvelles **contraintes**
Besoin de **flexibilité**, modularité...



Dépasser la
notion de
marge
déterministe



Cadre mathématique formel pour :

- phénomènes physiques complexes
- incertitudes liées aux approximations et hypothèses de modélisation, de mesure, etc.

Verrous méthodologiques



Verrous méthodologiques



Quantification

Modélisation des incertitudes

Verrous méthodologiques

Variables d'entrées

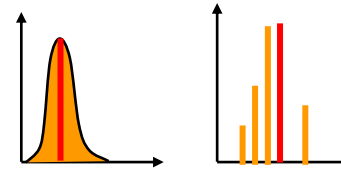
Codes de simulation
numérique

Sorties d'intérêt
pour l'application

Quantification

Modélisation des incertitudes

Variables mixtes : continues, discrètes, catégorielles
et dépendantes (météo par exemple)



Données structurées : aubages de turbines, compresseurs
de turbomachines



Apprentissage profond : Perspectives de recueil
ou d'accès à des données massives

Verrous méthodologiques

Variables d'entrées

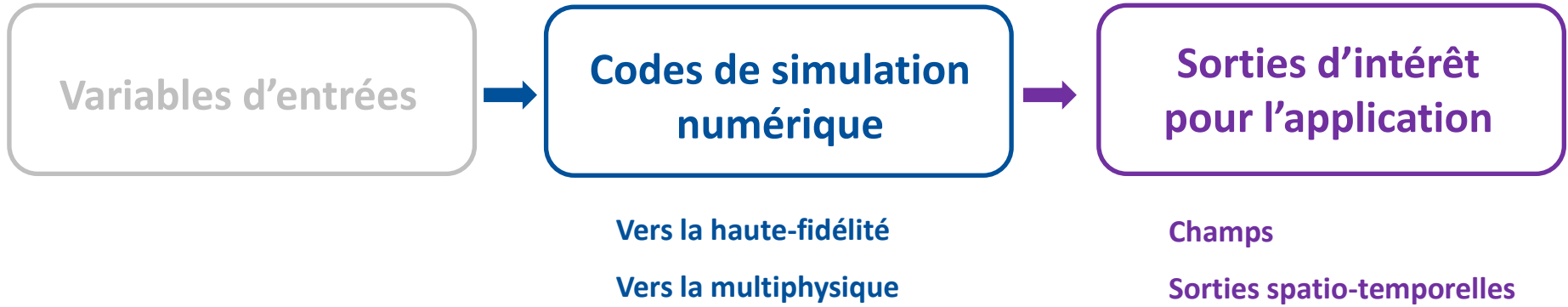


Codes de simulation
numérique

Vers la haute-fidélité

Vers la multiphysique

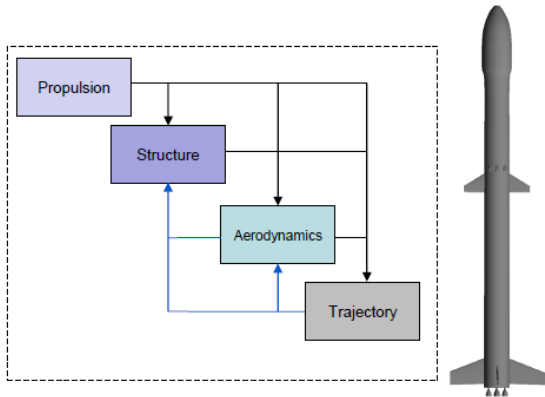
Verrous méthodologiques



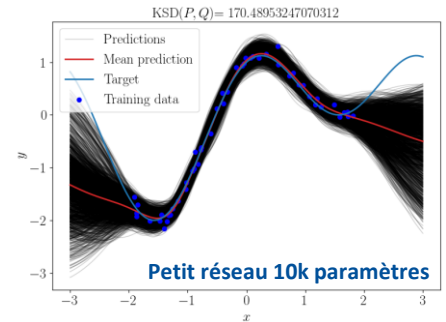
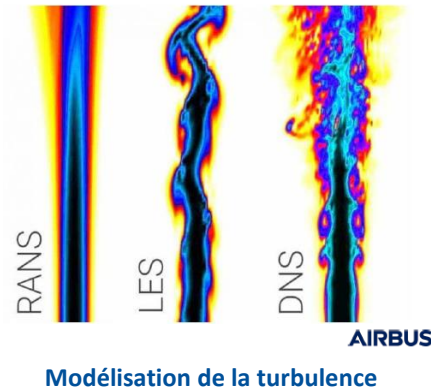
Verrous méthodologiques



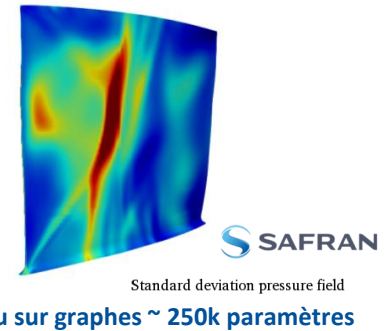
Simulations multi-physiques
gestion des couplages interdisciplinaires



Complexité et temps de calculs



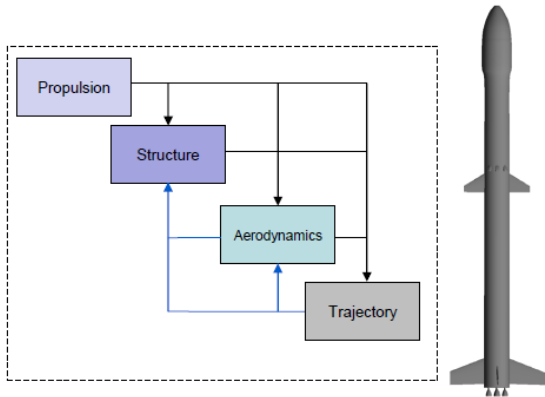
Passage à l'échelle



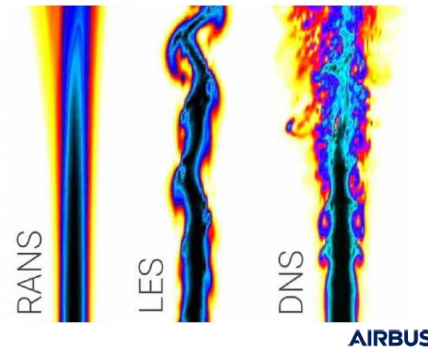
Verrous méthodologiques



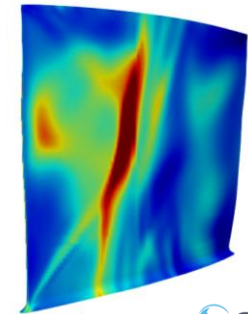
Simulations multi-physiques
gestion des couplages interdisciplinaires



Complexité et temps de calculs



Modélisation de la turbulence



SAFRAN

Réseau sur graphes ~ 250k paramètres

Et aussi...

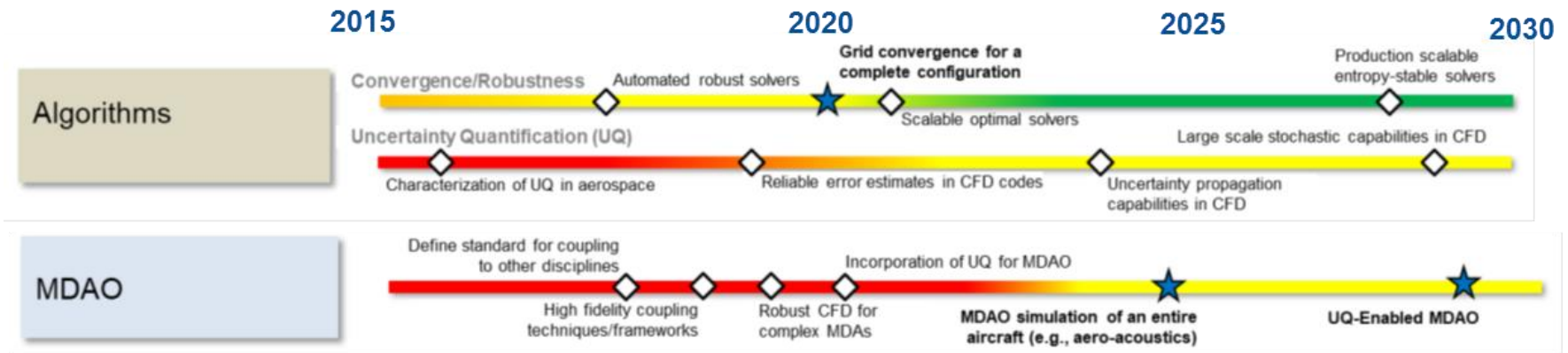
Simulations de phénomènes physiques

Simulations de systèmes

Simulations des chaînes d'assemblages, planification, etc.

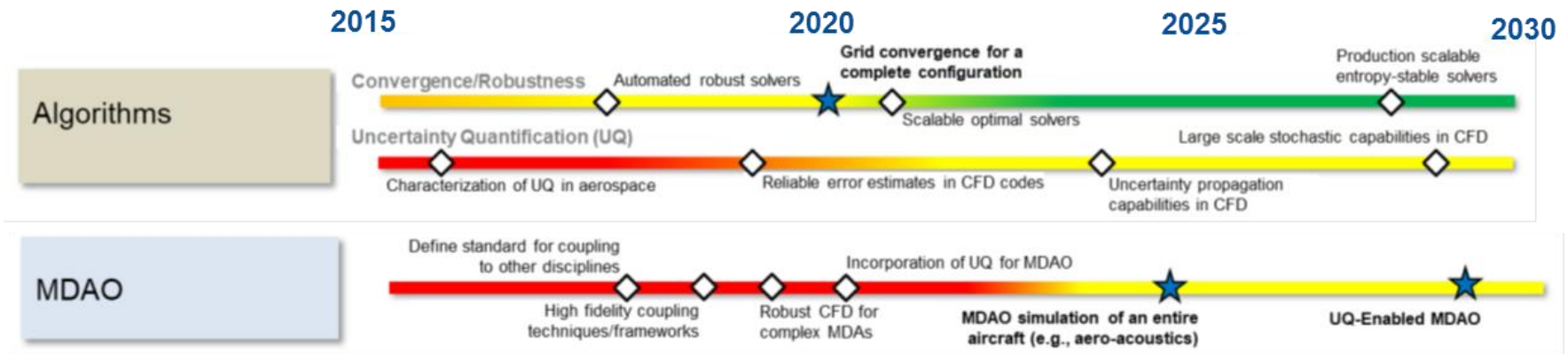
Outils UQ (uncertainty quantification) un besoin avéré, mais un recours à accroître

NASA : Feuille de route CFD Vision 2030 (avec large consultation internationale)



Outils UQ (uncertainty quantification) un besoin avéré, mais un recours à accroître

NASA : Feuille de route CFD Vision 2030 (avec large consultation internationale)

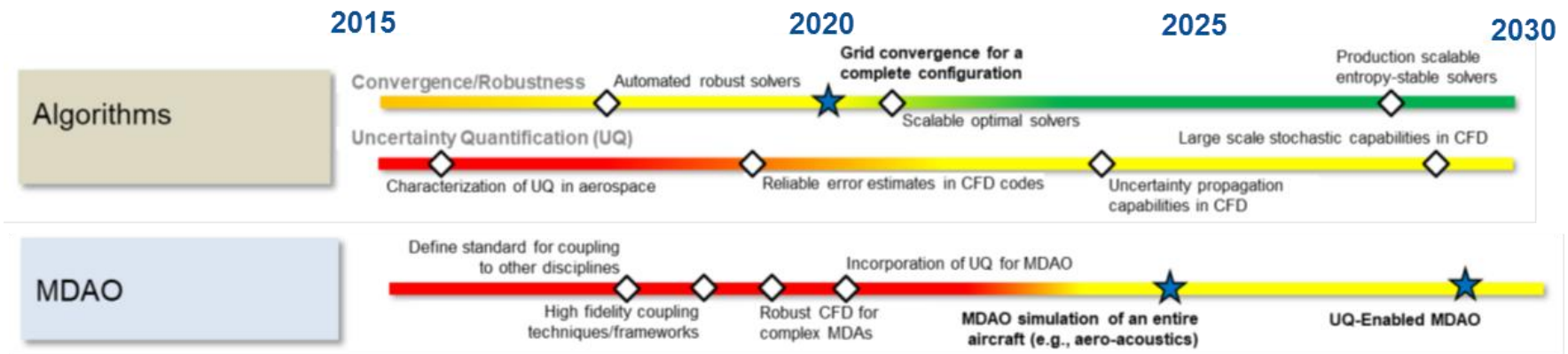


Statut en 2020

- « Increases in penetration of UQ have been made since the publication of the Study **but it is not yet standard in the aerospace CFD industry** »
- « The community is still limited. »
- « Efforts are underway to increase fluid dynamic community awareness of UQ »

Outils UQ (uncertainty quantification) un besoin avéré, mais un recours à accroître

NASA : Feuille de route CFD Vision 2030 (avec large consultation internationale)



Statut en 2020

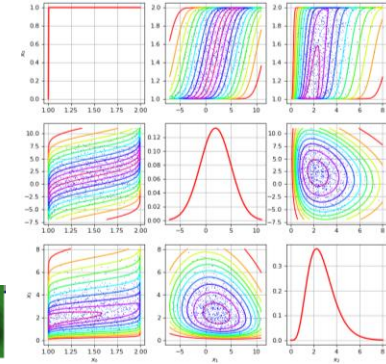
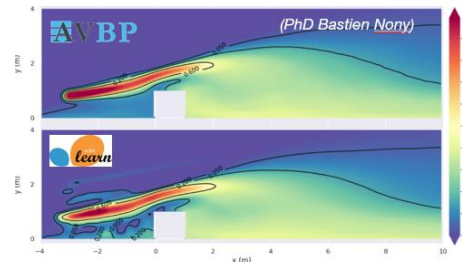
- « Increases in penetration of UQ have been made since the publication of the Study but it is not yet standard in the aerospace CFD industry »
- « The community is still limited. »
- « Efforts are underway to increase fluid dynamic community awareness of UQ »



Nécessité de s'appuyer sur un cadre UQ pour les projets de conception aérospatiale à la fois pour la compétitivité et pour la sûreté.

Le GIS : un effort commun de recherche en UQ

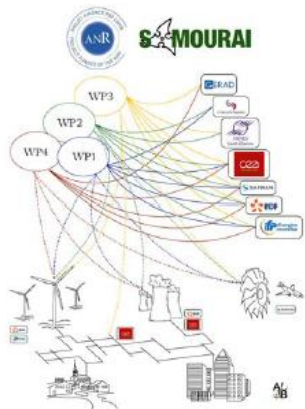
L'ONERA, Airbus et Safran sont tous les trois associés du CERFACS, avec EDF



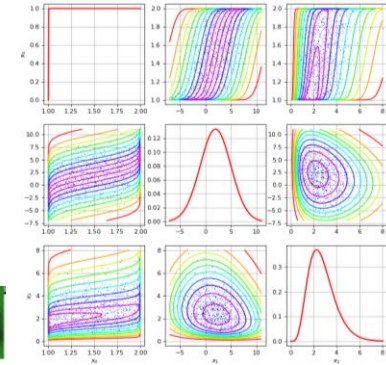
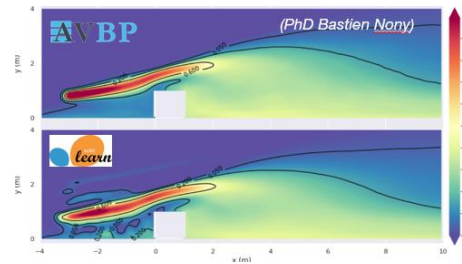
L'ONERA, Airbus et EDF sont membres du consortium OpenTURNS, qui permet la capitalisation des développements méthodologiques

Le GIS : un effort commun de recherche en UQ

L'ONERA, Airbus et Safran sont tous les trois associés du CERFACS, avec EDF



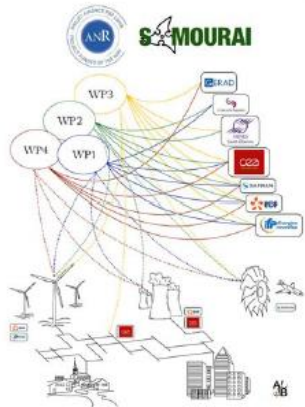
Safran participe aussi à l'ANR SAMOURAI avec les partenaires du domaine de l'énergie et l'UPS



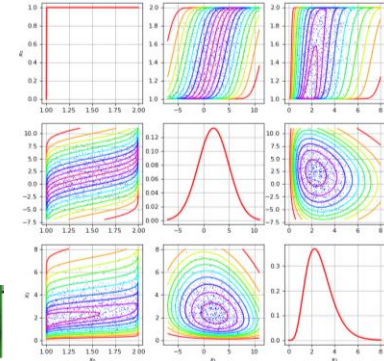
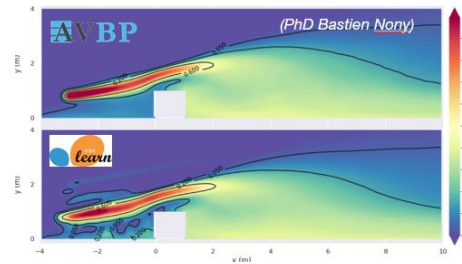
L'ONERA, Airbus et EDF sont membres du consortium OpenURNS, qui permet la capitalisation des développements méthodologiques

Le GIS : un effort commun de recherche en UQ

L'ONERA, Airbus et Safran sont tous les trois associés du CERFACS, avec EDF



Safran participe aussi à l'ANR SAMOURAI avec les partenaires du domaine de l'énergie et l'UPS



L'ONERA, Airbus et EDF sont membres du consortium OpenTURNS, qui permet la capitalisation des développements méthodologiques

Un GIS pour :
Fédérer les compétences en apprentissage et gestion des incertitudes pour l'énergie et l'aérospatial
Constituer un pôle scientifique d'excellence autour de l'UQ dans les simulations numériques



Travaux en Collaboration



Apporter des solutions concrètes aux défis scientifiques du domaine de l'aérospatial