

## Interaction Fluide Structure :

Application à l'étude des endommagements d'un aileron composite soumis à un écoulement turbulent en régime transsonique

**Jéromine Dumon, doctorante 1<sup>ère</sup> année**  
**EDAA – Ecole Doctorale Aéronautique Astronautique**

**Nicolas Gourdain**  
**Laurent Michel**

**ISAE/DAEP**  
**ICA et ISAE/DMSM**

**Florent Puel**  
**Jean Oswald**

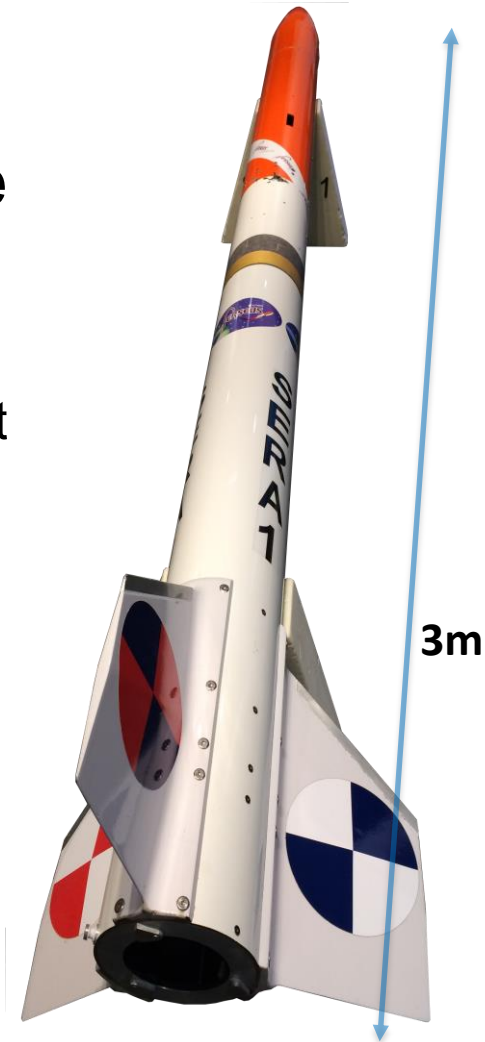
**CNES/DLA/SDT/EA**  
**CNES/DLA/SFR/RT**

- **Introduction**
  - Laboratoire : ISAE DAEP et DMSM
  - PERSEUS
  - Aileron Stabilisateur
  - Objectifs de la thèse
- **Endommagements des matériaux composites**
  - Aileron SERA
  - Endommagements
- **Etude Aérodynamique**
  - Simulation numérique instationnaire : tremblement transsonique
  - Résultats numériques
  - Conclusions et Perspectives
- **Interaction Fluide Structure**
  - Couplage tremblement transsonique et structure composite
  - Couplage 2D
- **Conclusions et Perspectives**

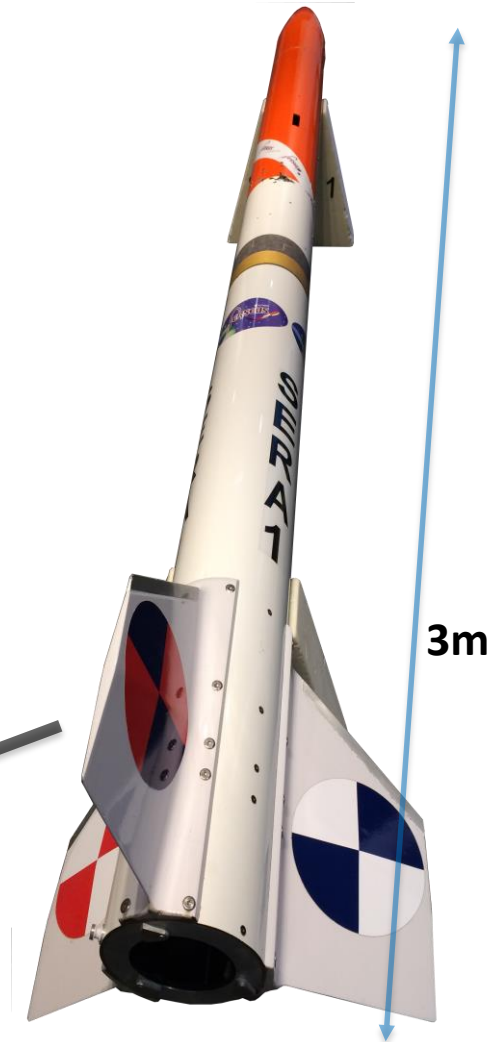
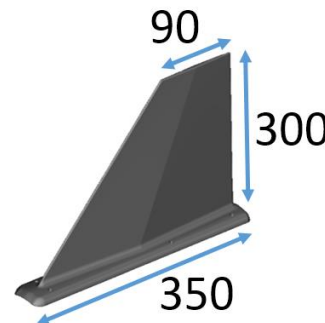
- **ISAE** : Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace à Toulouse
- **DAEP** : Département Aérodynamique Energétique Propulsion  
→ Nicolas Gourdain ISAE/DAEP
- **DMSM** : Département Mécanique Structure Matériaux  
→ Laurent Michel ISAE/DMSM et ICA (Institut Clément Ader)



- **PERSEUS : Projet Etudiant de Recherche Spatiale Européen Universitaire et Scientifique**
  - Développer un ensemble de démonstrateurs, sol et vol
  - Etablir un dossier d'avant projet d'un système de lancement nanosatellites (10kg)
- **SERA : Supersonic Experimental Rocket ARES**



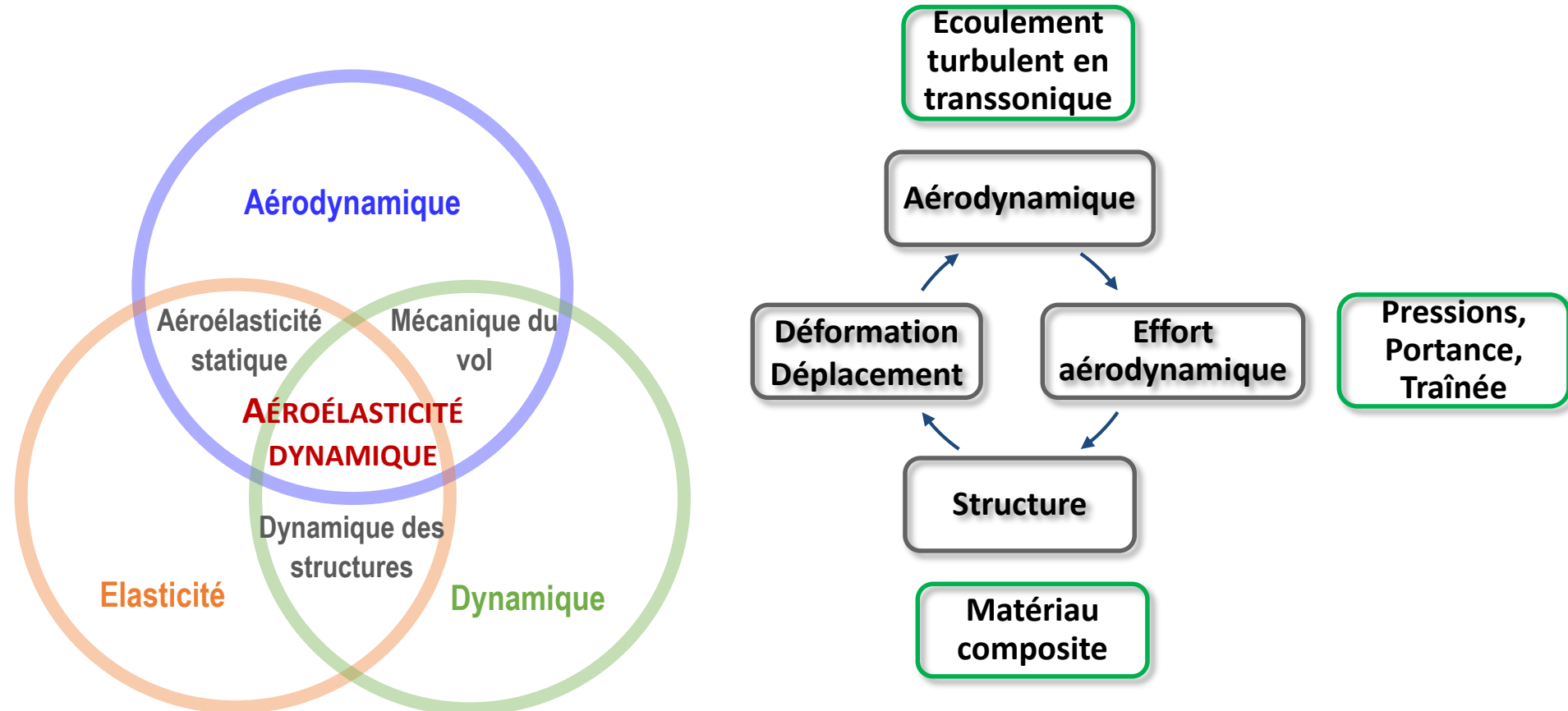
- **Fonction stabilisatrice :**
  - Position du centre de poussée
  - Objectif d'une trajectoire rectiligne
- **Ailerons :**
  - Matériau composite sandwich : époxy / stratifié
  - Profil losange supersonique



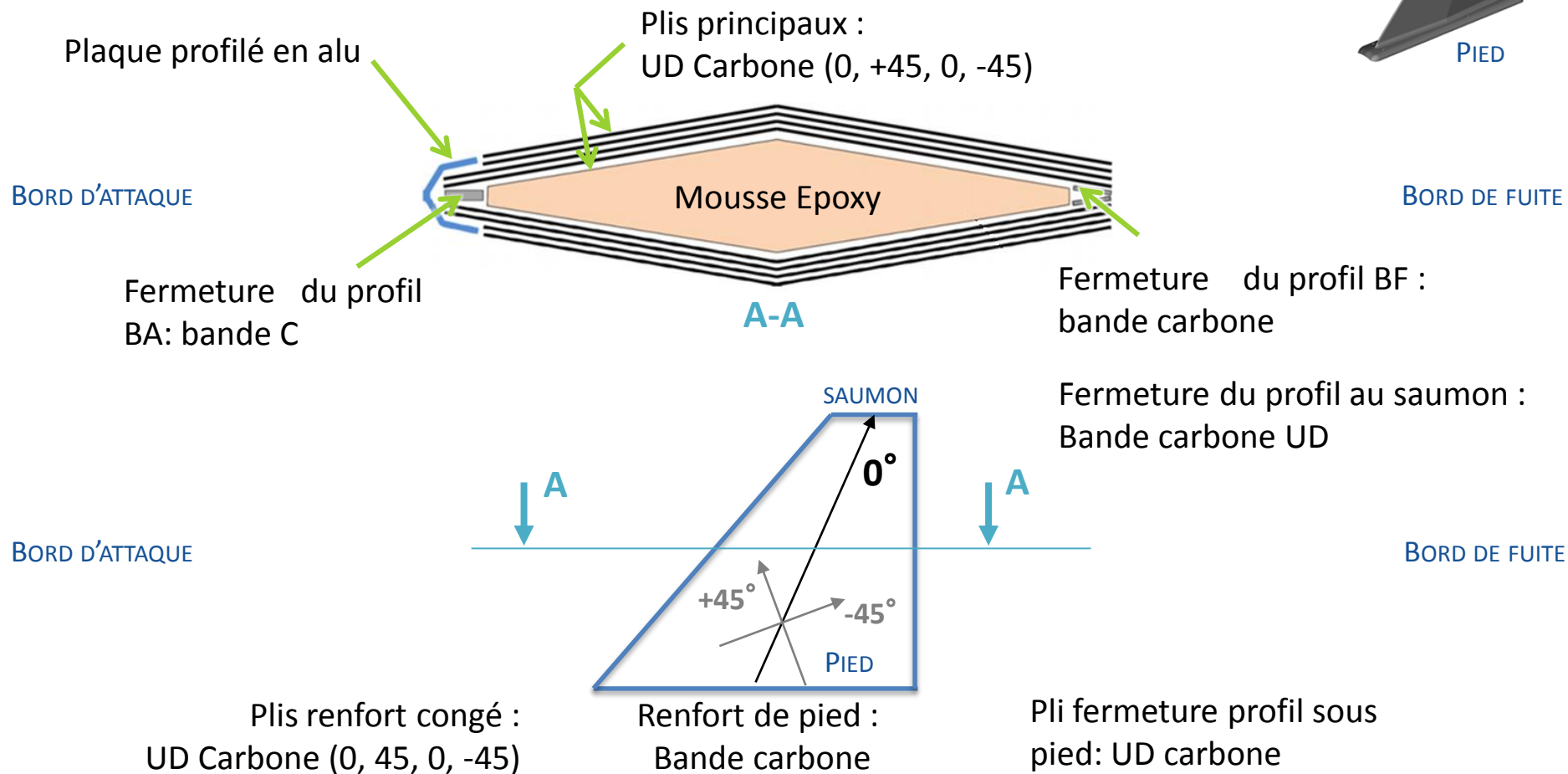


- **Physique** : Comprendre les interactions entre un aileron composite et un écoulement transsonique
- **SERA** : Prédire l'écoulement instationnaire et les charges mécaniques par méthode numérique et expérimentale
- **Ailerons** : Améliorer la fiabilité des ailerons par l'étude de l'endommagement de l'aileron sous chargement aérodynamique

## ■ IFS : Interaction Fluide Structure

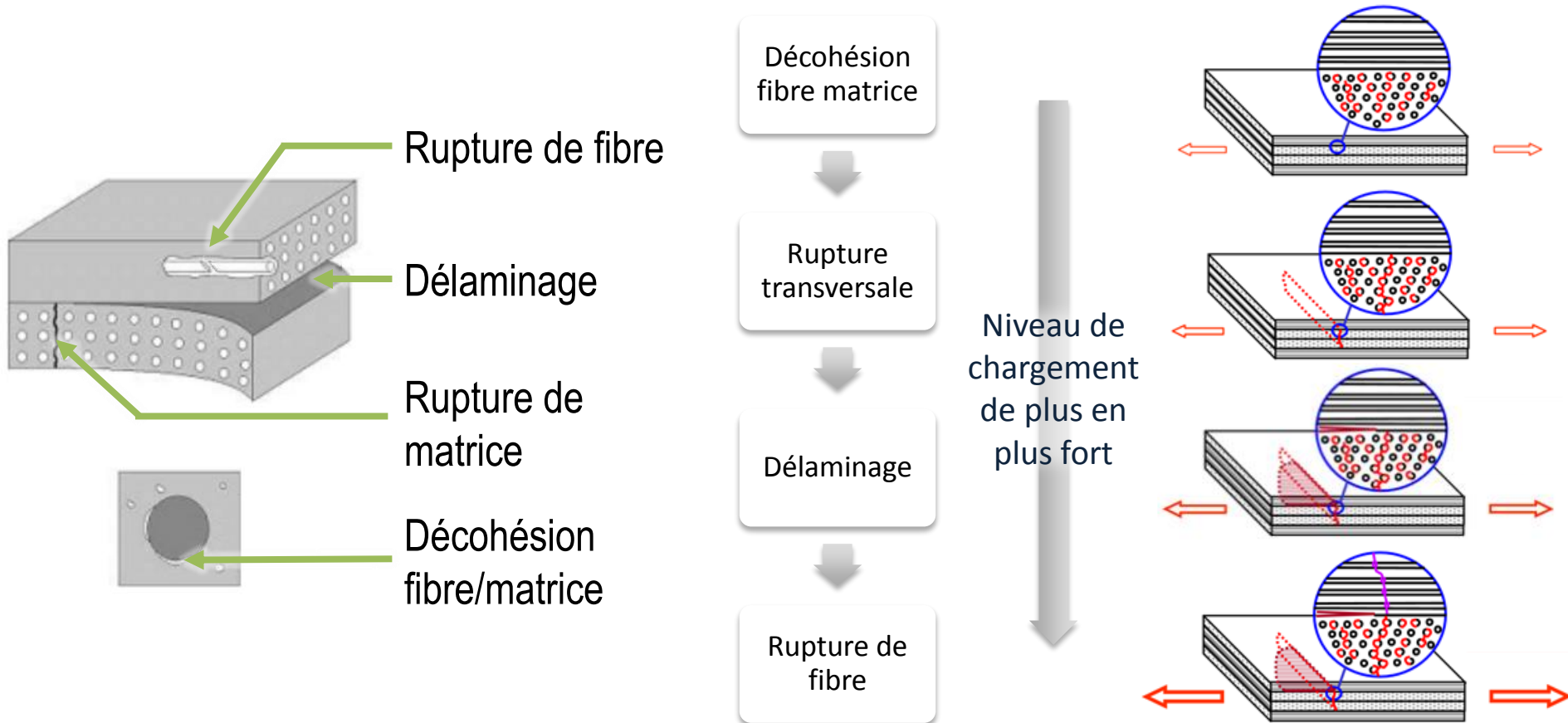


## ■ Aileron SERA: Composite sandwich stratifié/Epoxy

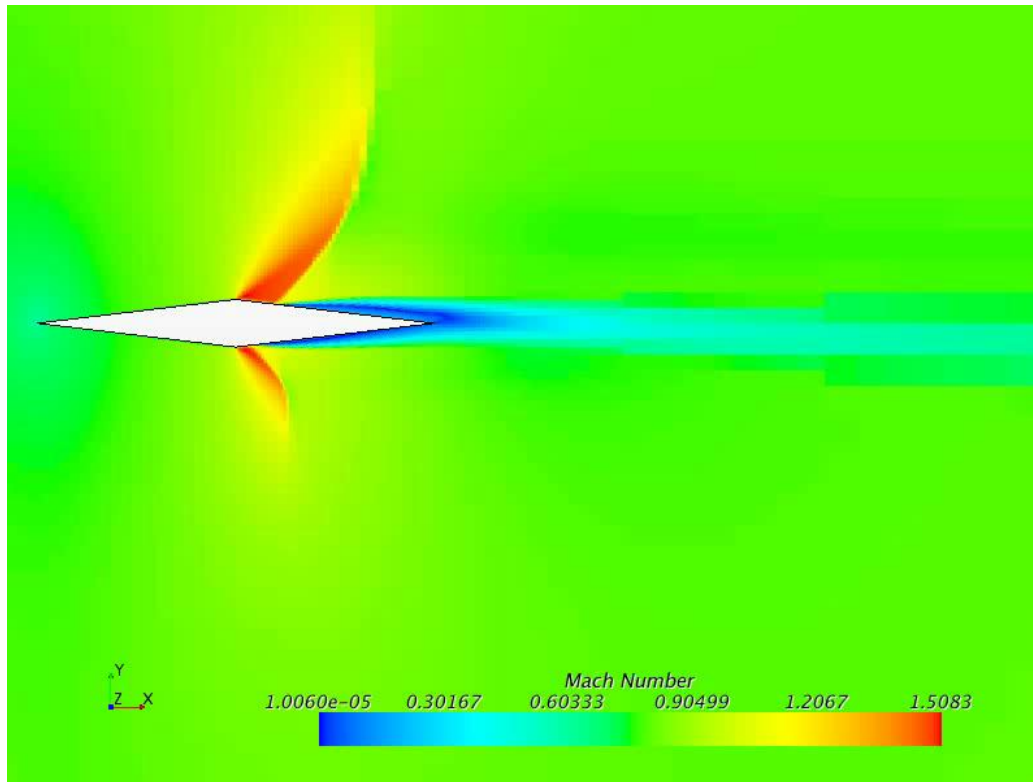




## ■ Endommagement d'un stratifié :



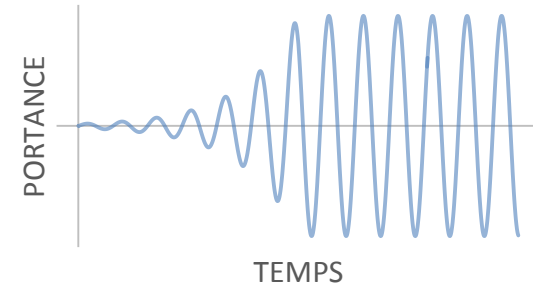
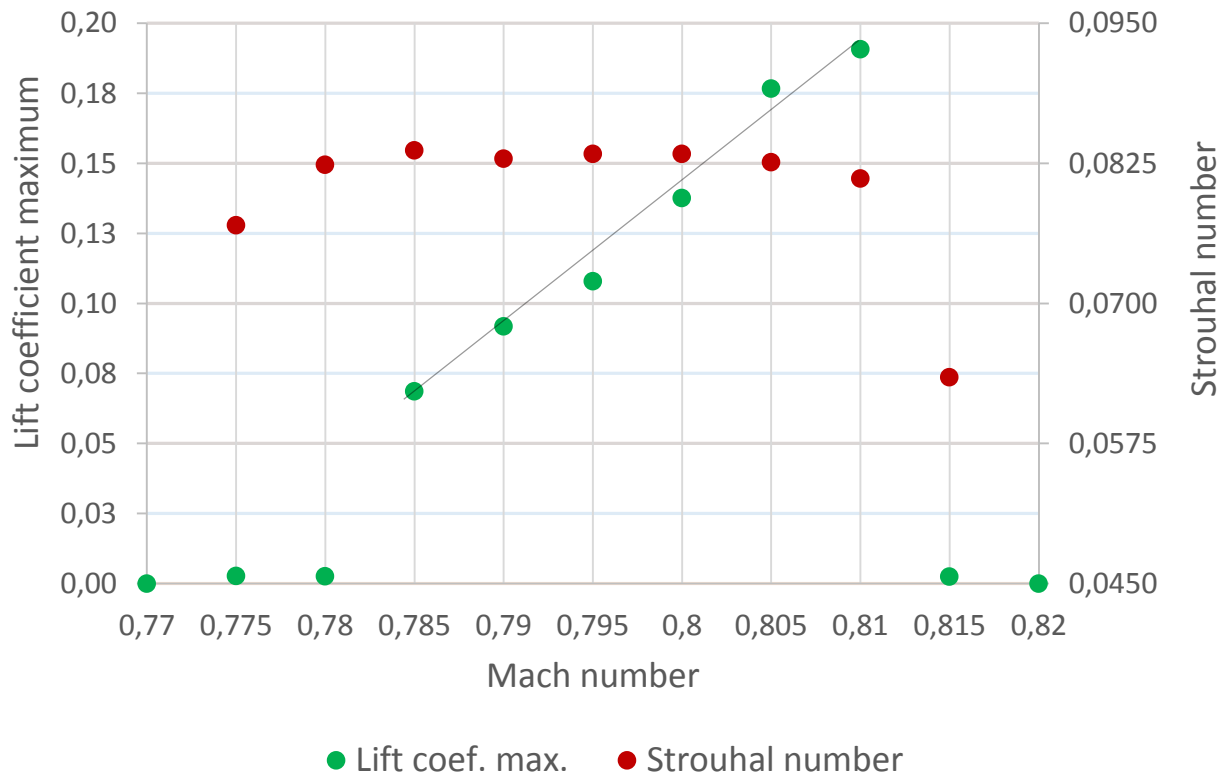
## Etude aérodynamique numérique



$Ma_{\text{amont}} = 0,805$  à incidence nulle

- Etude 2D
- Profil losange 12%, corde = 0,2m
- Incidence nulle
  
- Star CCM +
- U-RANS
  - Pas de temps :  $1, 2 \cdot 10^{-5}$
  - Nombre de cellules : 50000
- Couche limite
  - Minimum 30 points dans la couche limite
- Turbulence : k- $\Omega$  SST
- Schéma ordre 2

## Transonic buffeting



**Strouhal :**

$$St = \frac{f \times L}{V}$$

**Note :**

**Fréquence  
d'oscillations  
des chocs 115Hz**

- **Etude 2D** : présence de tremblement transsonique
- **Etude 3D** : pas de tremblement transsonique visible numériquement
- **Perspectives**
  - Essais dans une soufflerie supersonique à l'ISAE
  - Calculs LES





## Exigences :

### Aérodynamique

- 3D
- Tremblement transsonique
- Instationnaire

### Mécanique

- Aileron 3D
- Composite stratifié
- Endommagement

## Difficultés :

- 3D : modélisation du tremblement encore difficile en U-RANS
- Coût

## Compromis :

- Pour la mise en place du couplage :
- Approche 2D

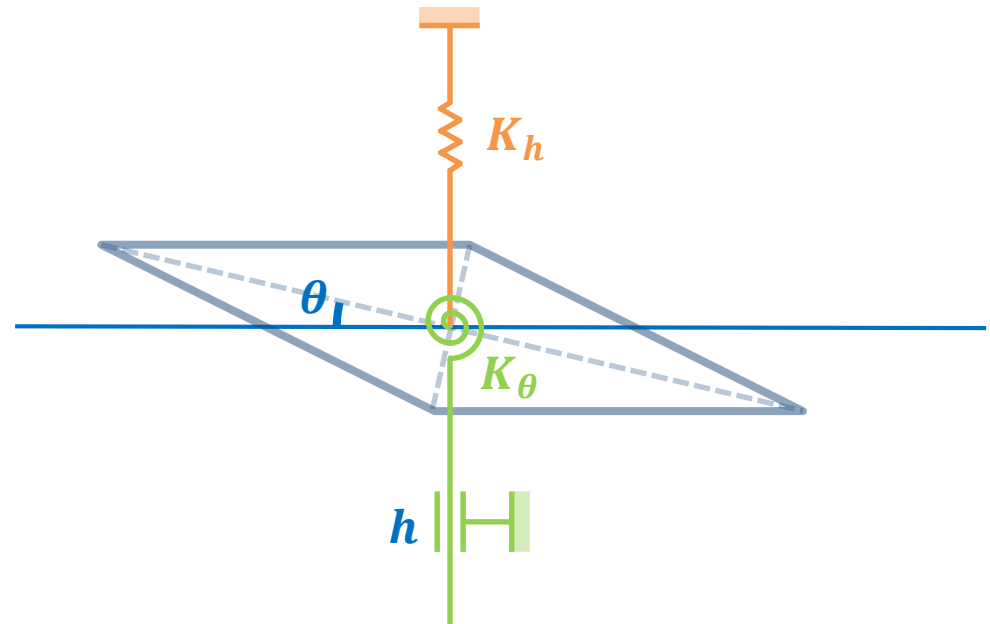


## Hypothèses

- Aileron rigide
- 2 degrés de liberté :  $h$  et  $\theta$

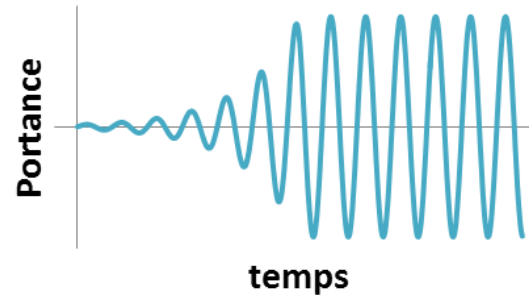
## Mise en équation :

$$M \begin{pmatrix} \ddot{h} \\ \ddot{\theta} \end{pmatrix} + K \begin{pmatrix} h \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F \\ M \end{pmatrix}$$





Résultat aérodynamique à incidence nulle

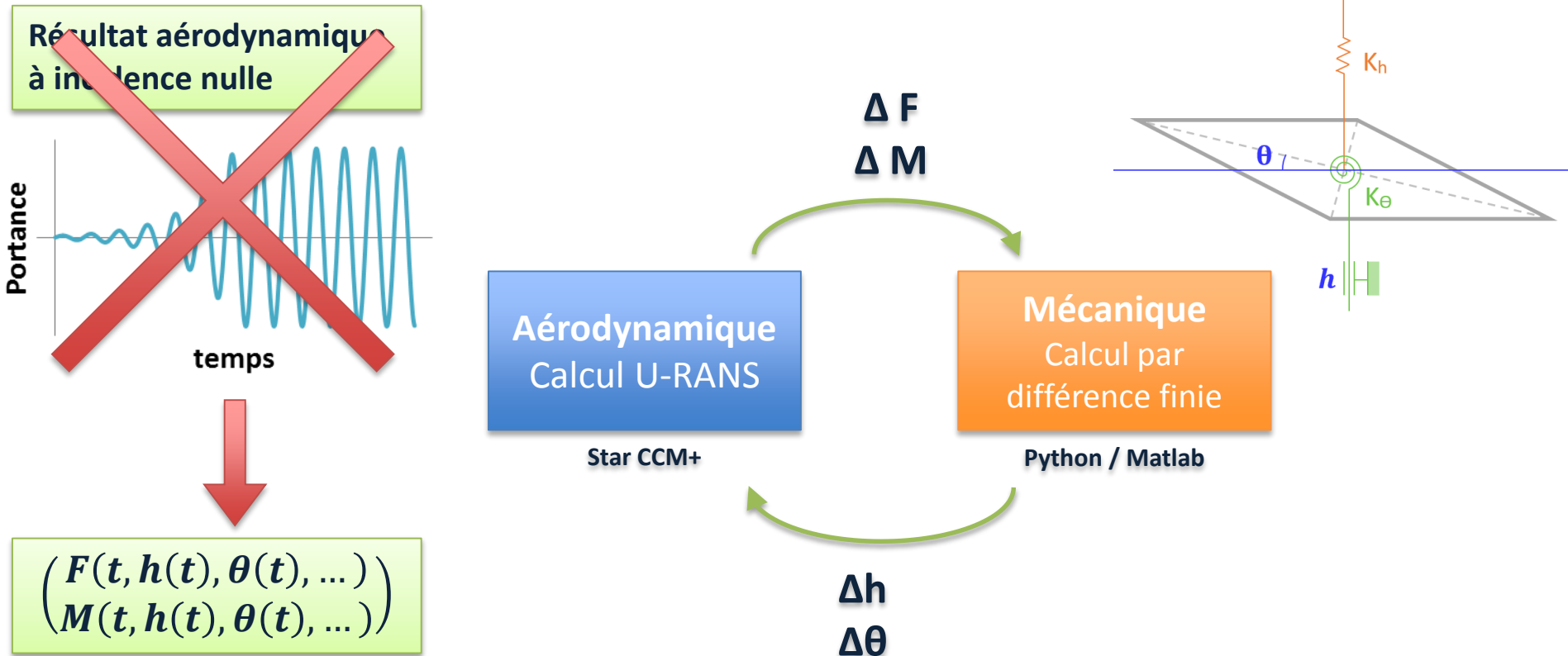


$$\begin{pmatrix} F(t) \\ M(t) \end{pmatrix}$$

Couplage fluide structure :

$$M \begin{pmatrix} \ddot{h} \\ \ddot{\theta} \end{pmatrix} + K \begin{pmatrix} h \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F \\ M \end{pmatrix}$$

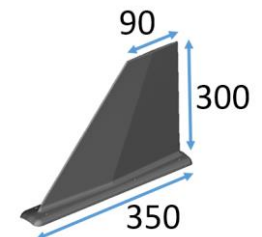
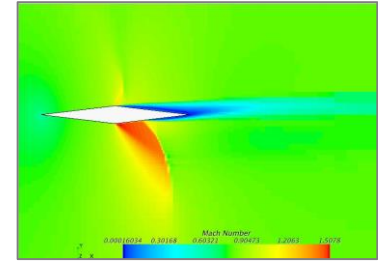
$$\begin{pmatrix} F(t, h(t), \theta(t), \dots) \\ M(t, h(t), \theta(t), \dots) \end{pmatrix}$$





- **Etude aérodynamique :**
  - Tremblement transsonique 2D
  - Tremblement transsonique 3D
  
- **Couplage fluide structure**
  - Mise en place d'un plan d'action
  - Couplage tremblement – structure simplifié 2D
  
- **Endommagement composite**

11/15	Year 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation numérique aérodynamique : starCCM+ <ul style="list-style-type: none"> <li>2D U-RANS : tremblement transsonique (TT)</li> <li>3D U-RANS : TT non visible numériquement</li> </ul> </li> <li>Interaction fluide structure : couplage starCCM/Python</li> </ul>
11/16	Year 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction fluide structure</li> <li>Essai en soufflerie : étude 2D <ul style="list-style-type: none"> <li>Echelle de l'aileron 1:7, section 10x10 cm<sup>2</sup></li> <li>Similitude du Ma (0.7 – 1.2)</li> </ul> </li> <li>Simulations 3D U-RANS et LES <ul style="list-style-type: none"> <li>Aileron seul et fusée avec ailerons</li> </ul> </li> <li>Endommagements composite, propagation de fissure</li> </ul>
11/17	Year 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campagne expérimentale à Kyutech ? (fin 2017) <ul style="list-style-type: none"> <li>Echelle de l'aileron 1:1</li> <li>Etude aéroélastique</li> </ul> </li> <li>Analyses et conclusions</li> </ul>
11/18		



# **Merci pour votre attention**

## **Avez-vous des questions, des remarques ?**