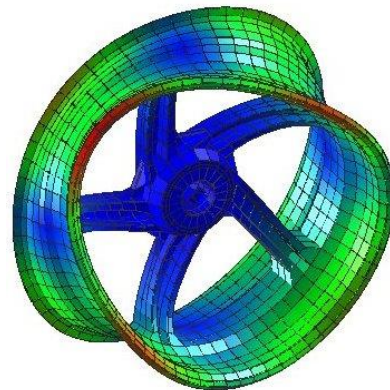


# Méthode des éléments finis

**Pr. Francois Gallaire**

Lab. of Fluid Mechanics and Instabilities

School of Engineering, EPFL



Cours conçu par Pr. Thomas Gmür

# Méthode des éléments finis

## Chapitre 1 Petite introduction

Cours conçu par Pr. Thomas Gmür

# Description du cours

- Objectifs du cours : **initier l'étudiant à la méthode des éléments finis [une des techniques numériques les plus courantes en mécanique]**
  - Acquérir une initiation théorique à la méthode des éléments finis
  - Être capable d'appliquer cette méthode à des problèmes simples
  - Apprendre à exploiter cette technique pour résoudre les problèmes rencontrés dans la pratique
- Contenu du cours
  - Notions de base en analyse fonctionnelle
  - Concepts fondamentaux de la méthode des éléments finis
  - Problèmes aux limites uni- et bidimensionnels
  - Exemples et études de cas

# Description du cours

- Acquis de formation (acquis d'apprentissage)
  - Compétences de domaine

Dériver une formulation par éléments finis à partir des équations différentielles en forme forte, S9

Utiliser la méthode des éléments finis pour la réalisation d'une étude complète d'un problème réel, S10
  - Compétence transversale

Auto-évaluer son niveau de compétence acquise et planifier ses prochains objectifs d'apprentissage

# Description du cours

- Concepts importants à maîtriser

- Compétences de domaine

Modéliser et résoudre analytiquement des problèmes de statique et d'analyse de contraintes, S1

Analyser et dimensionner en statique et en flambage des assemblages d'éléments mécaniques simples, S2

- Cours pré-requis

Introduction à la mécanique des structures

Mécanique des structures (pour GM)

Analyse III et IV

Continuum mechanics

Analyse numérique

# Description du cours

- Forme de l'enseignement
  - Cours (2h/sem) + exercices (1h/sem)
  - Simulations numériques sur ordinateur
  - Analyse par éléments finis d'une structure réelle
- Site moodle

Méthode des éléments finis ME-372  
(transparents, énoncé des exercices, corrigés  
des exercices, démonstrations, videos)

<http://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=14242>

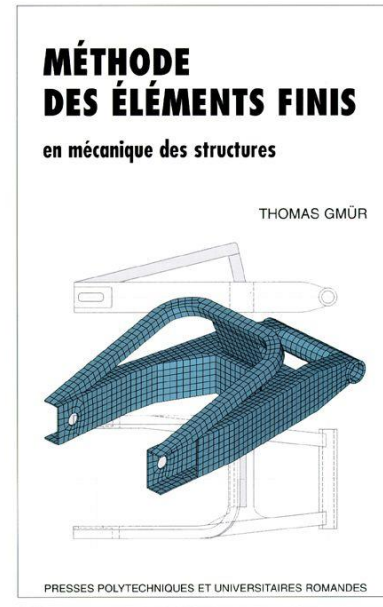
# Description du cours

- Support du cours

Thomas Gmür, Méthode des éléments finis en mécanique des structures, Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne, 2018 (2000), 2<sup>ème</sup> édition, ISBN 978-2-88915-158-5, CHF 56.50

- Travail attendu

- Participation au cours
- Résolution des exercices et problèmes



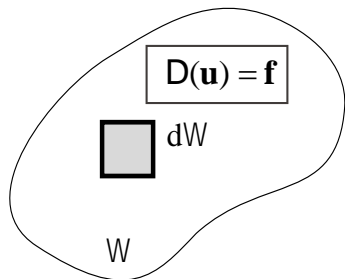
# Description du cours

- Contrôle des connaissances
  - Examen écrit en session d'hiver
  - Nombre de crédits : 3 ECTS
- Préparation pour
  - Modélisation et simulation par éléments finis
  - [Dynamique numérique des solides et des structures]
  - Méthodes de discrétisation en fluides
  - Projets de génie mécanique
  - Numerical flow simulation

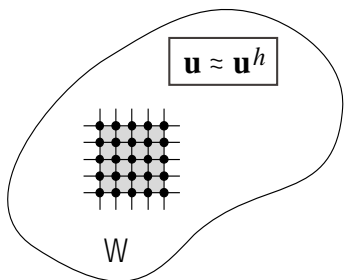


# Classification des méthodes de résolution

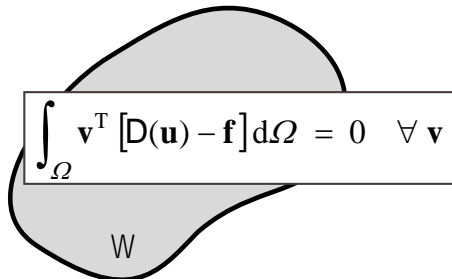
Forme forte



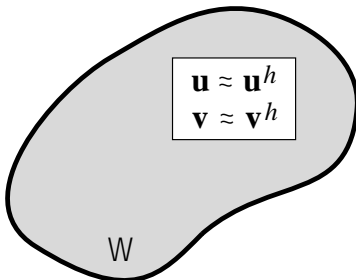
Méthodes des différences finies



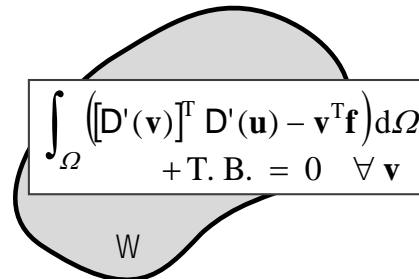
Forme intégrale



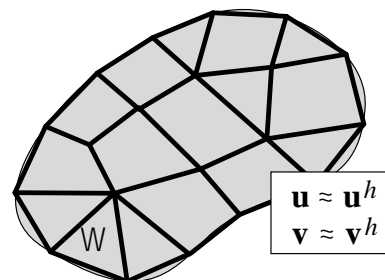
Méthodes des résidus pondérés



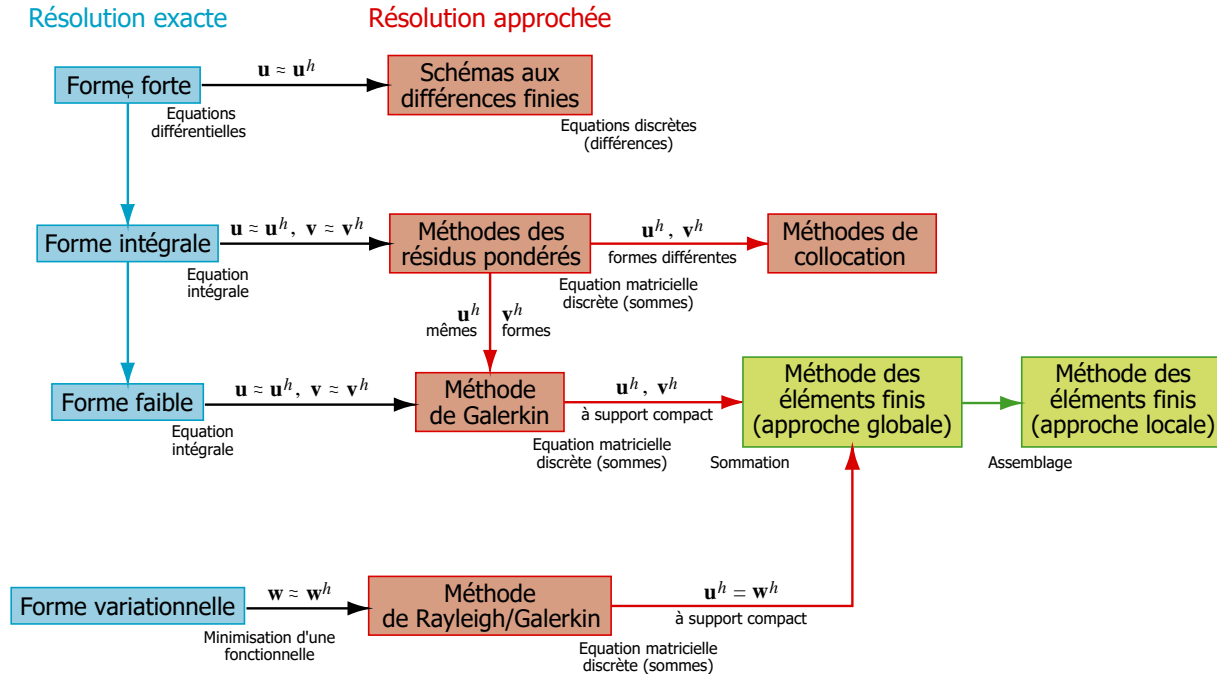
Forme faible



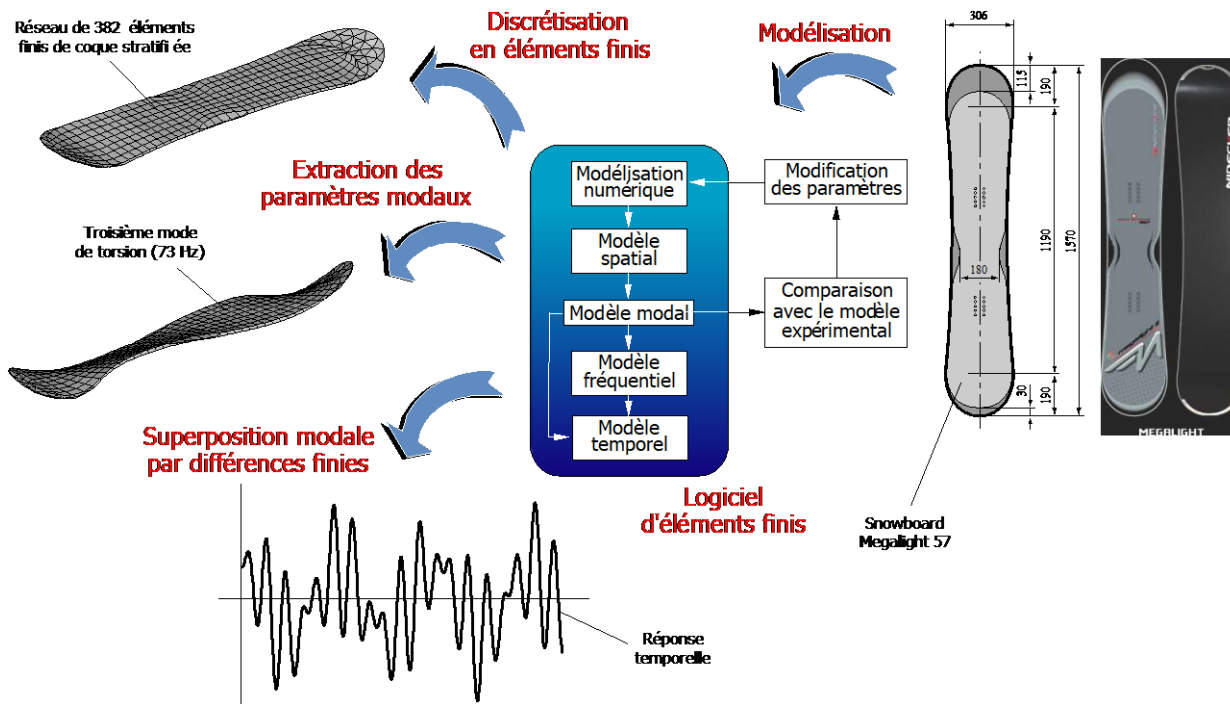
Méthodes de Galerkin et des éléments finis



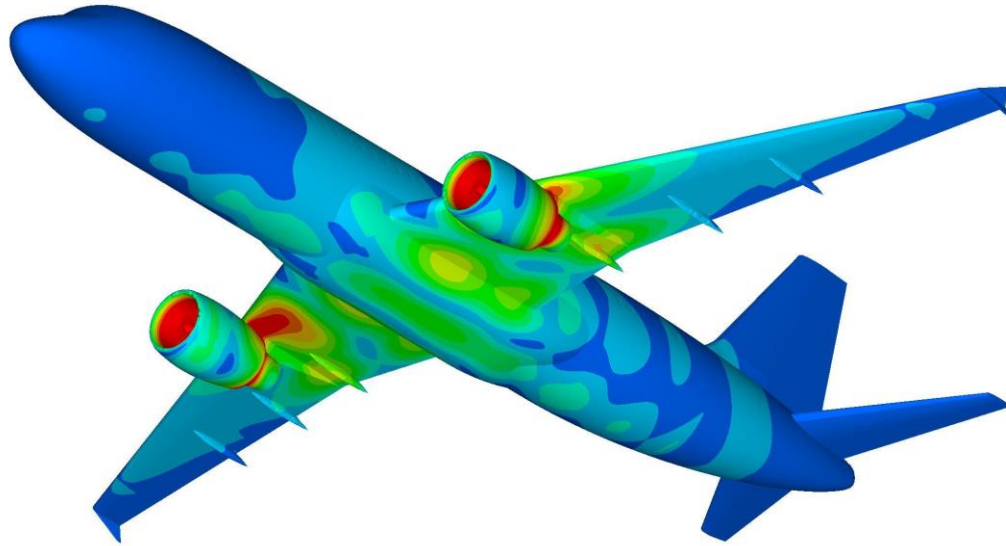
# Origines de la méthode des éléments finis



# Discrétisation spatiale par la méthode des éléments finis



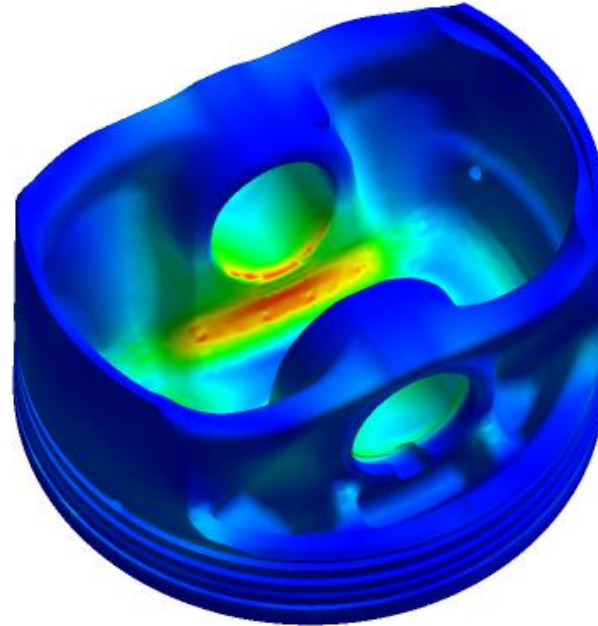
# Exemples d'application



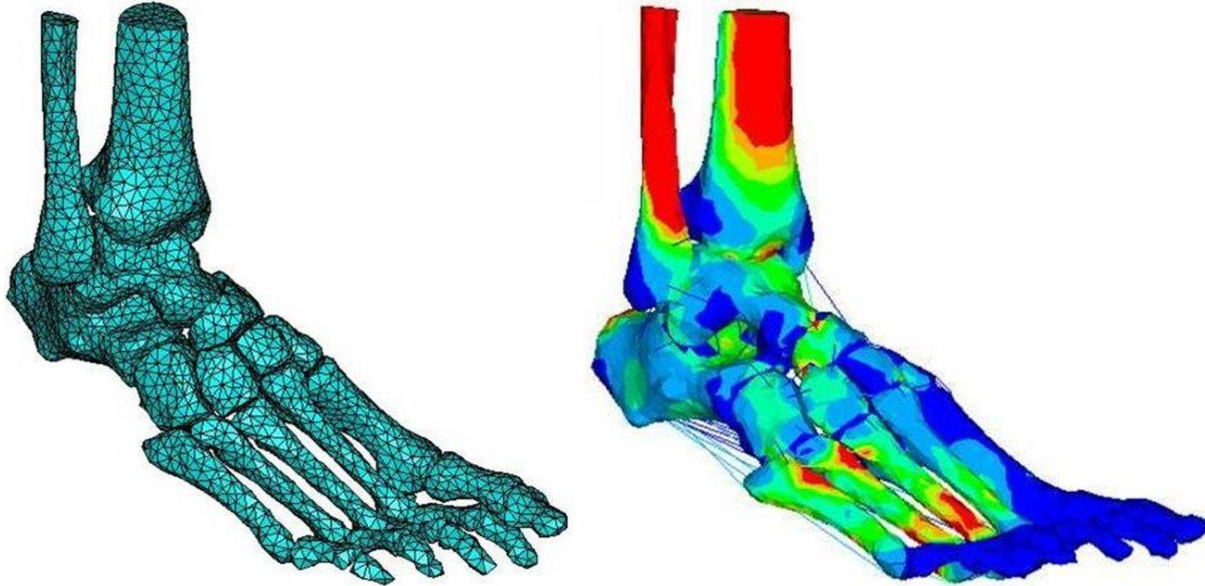
Distribution des températures à la surface d'un A320 en vol

# Exemples d'application

Distribution des  
contraintes et pressions  
dans un piston de  
véhicule automobile  
(sans combustion)



# Exemples d'application



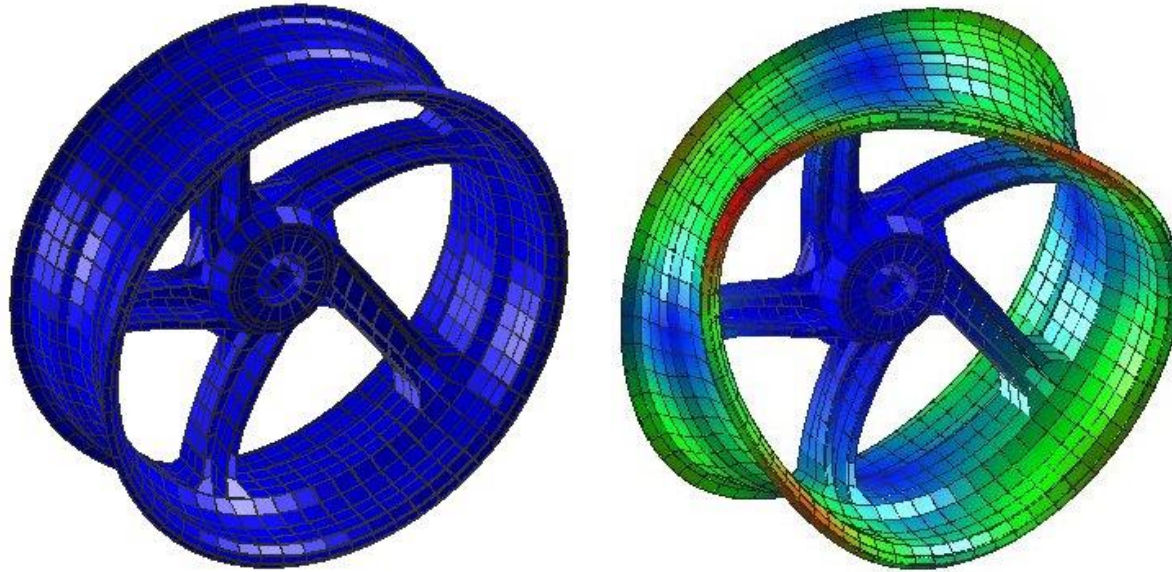
Distribution des contraintes dans les os du pied en appui

# Exemples d'application

Distribution des  
contraintes dans  
la voûte d'une  
cathédrale  
gothique



# Exemples d'application



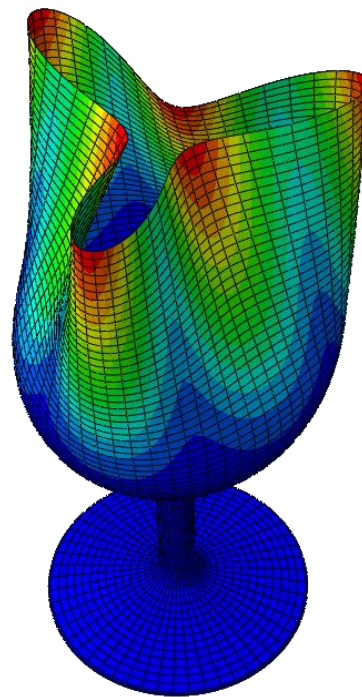
Forme propre associée à la première fréquence naturelle d'une jante de motocycle

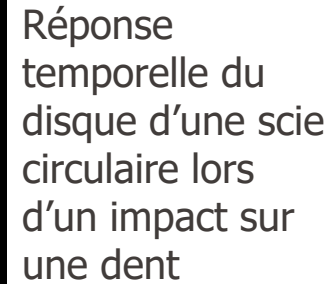


# Exemples d'application

-17-

Forme propre  
radiale trilobée d'un  
verre à vin

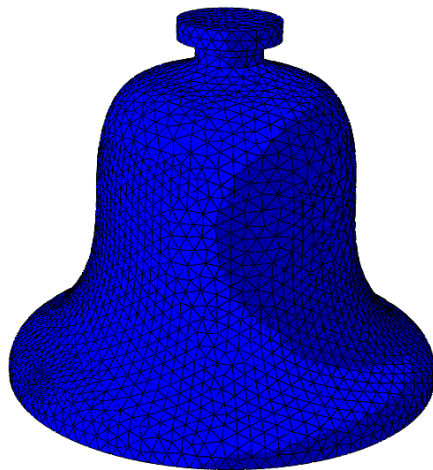
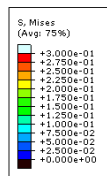




# Exemples d'application

-19-

Contraintes  
temporelles de  
von Mises dans  
une cloche lors  
de l'impact du  
battant



Step: Step-2 Frame: 0

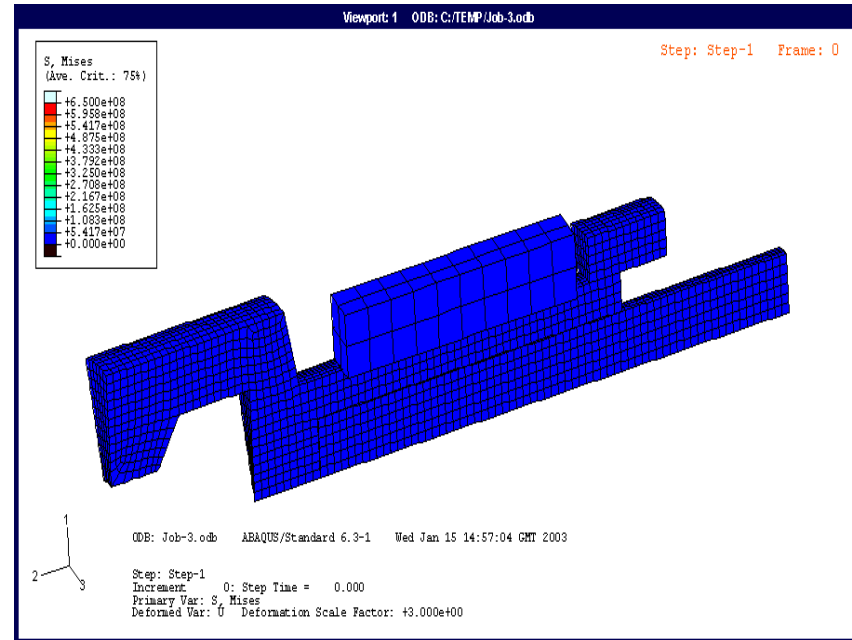
ODB: Job-1-MODAL-PLUS.edb Abaqus/Standard Version 6.8-1 Wed May 21 10:18:46 W. Europe Daylight Time 2014



Step: Step-2  
Increment 0: Step Time = 0.000  
Primary Var: S, Mises  
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +2.000e+04

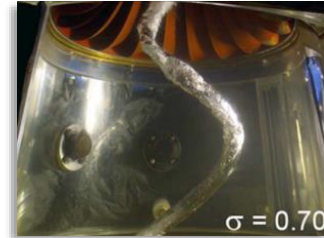
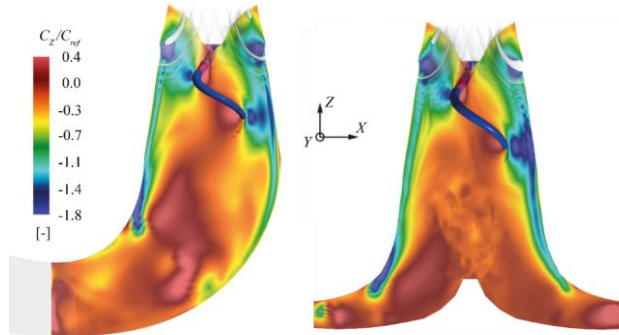
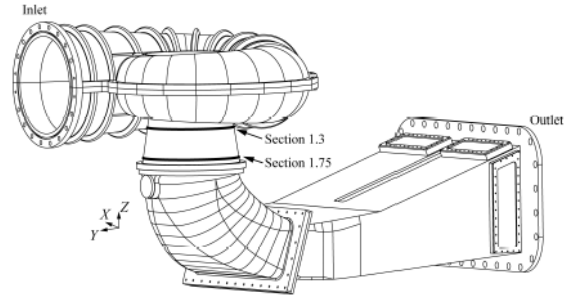
# Exemples d'application

-20-



Comportement d'un joint mixte acier-composite et essai de traction

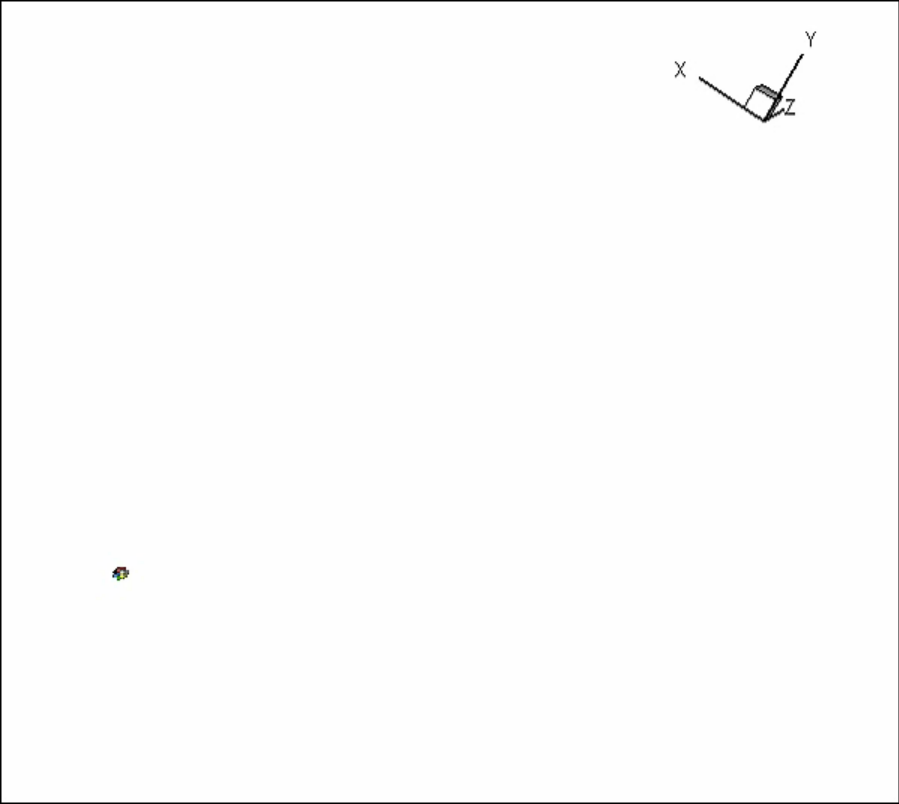
# Precessing vortex rope in Francis turbines



# Streaklines $m=1$

$S=1.3$

$Re=120$



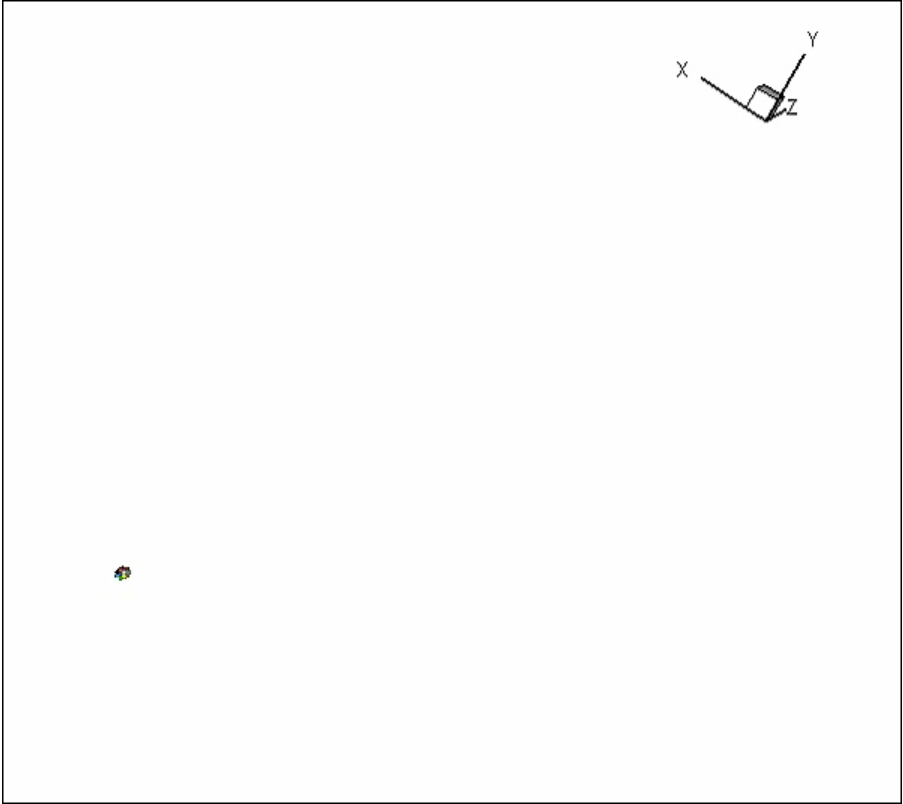
# Streaklines $m=1$

$S=1.3$   
 $Re=120$



**Streaklines**  
 **$m=2$**

$S=1.5$   
 $Re=100$



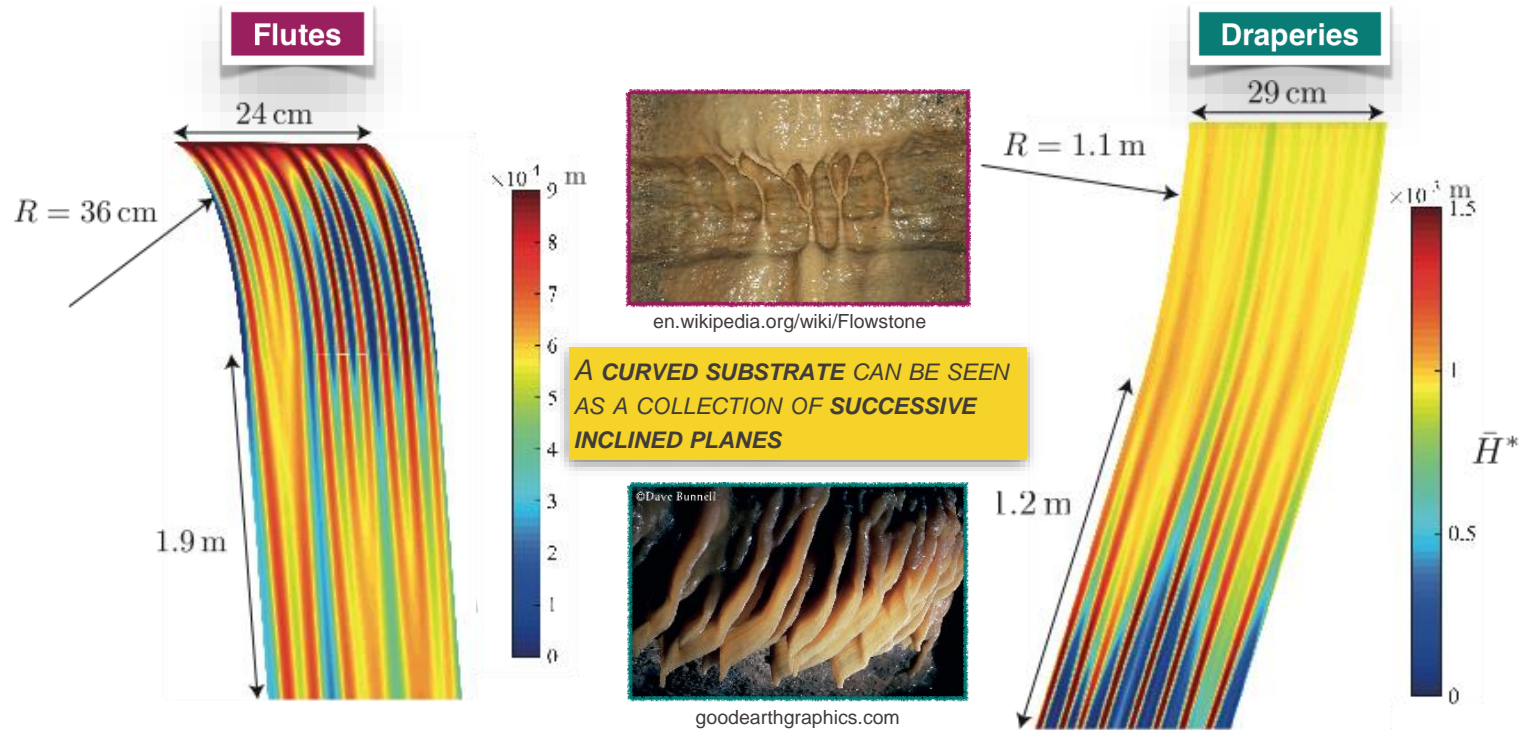


# Streaklines $m=2$

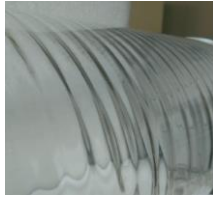
$S=1.5$   
 $Re=100$



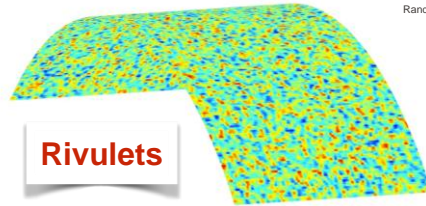
# Speleothems



# Ecoulements sous une voûte cylindrique



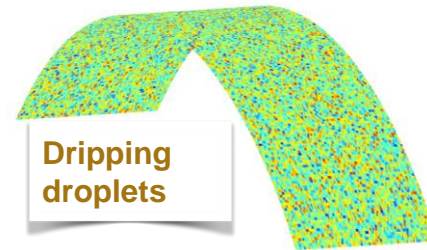
$$Bo = 60$$



Random noise initial condition

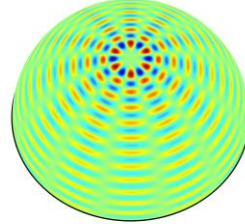
$$\varepsilon = 10^{-3}$$

$$Bo = 180$$



# Ecoulement sous un dôme

$$Bo = 150, m_0 = 6, \varepsilon = 10^{-2}$$



*THE LARGER THE **BOND**  
NUMBER, THE **MORE**  
NUMEROUS THE **DROPLETS***



# Fin de l'introduction