

CORIA

Département ER (Ecoulements Réactifs)

Département TASC (Turbulence, Atomisation et Spray, Chaos)

Département OL (Optique Lasers)

Analyse numérique

Traitement de Données
(expérimentales & numériques)

...

Contexte
Problématiques

Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles (10^9 points, 10^4 Processeurs)

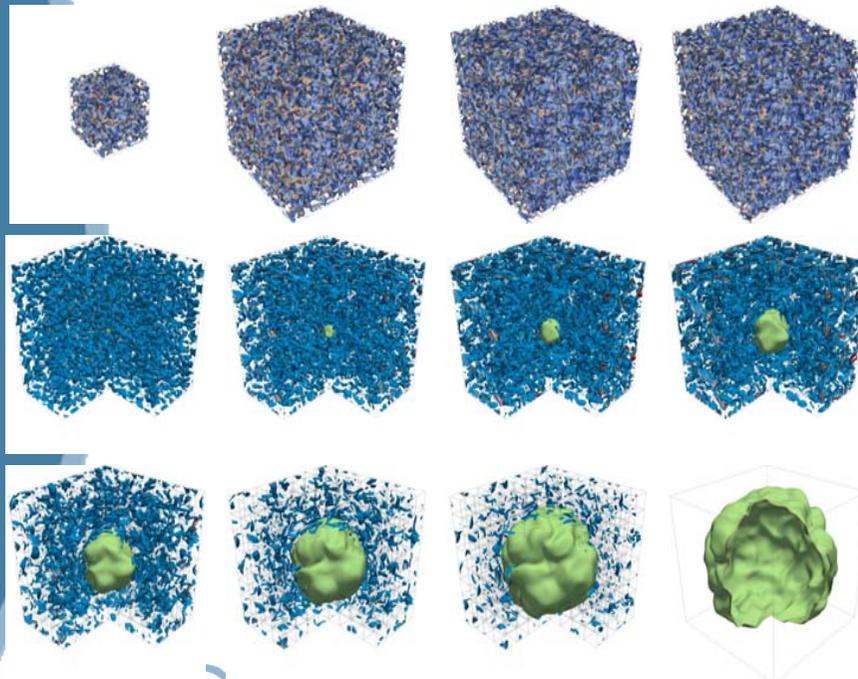
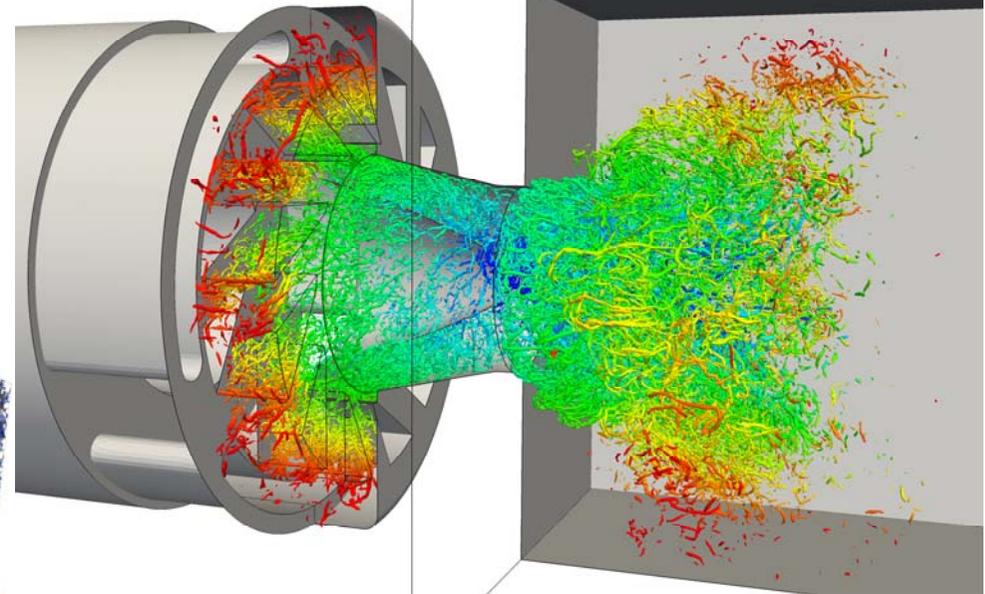
- Ecoulements réactifs (YALES 2 / H-ALLEGRO)
- Ondes de chocs (CHOCWAVES)
- Atomisation (ARCHER / ASPHODELE / YALES 2)

Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles

- Ecoulements réactifs
- Ondes de chocs
- Atomisation

Chambre de combustion complète

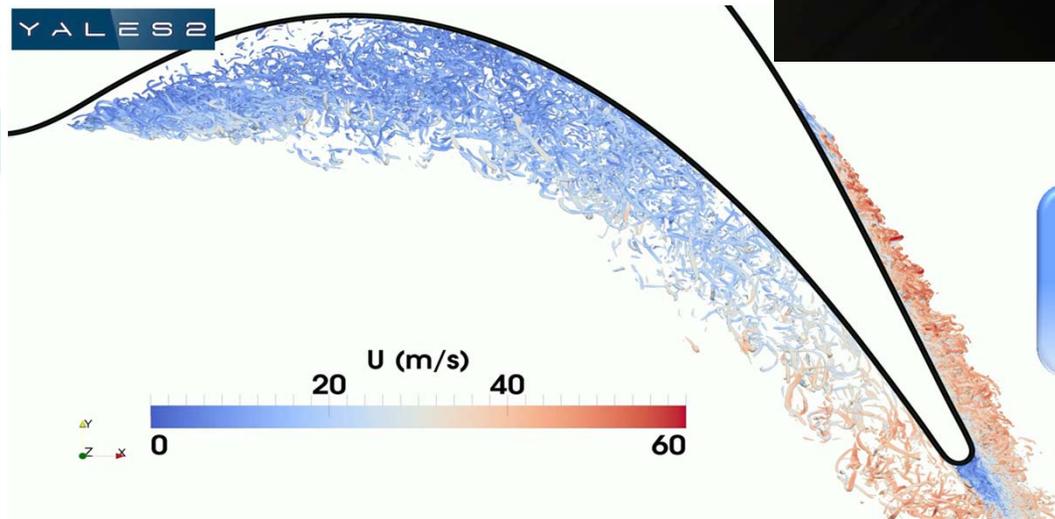
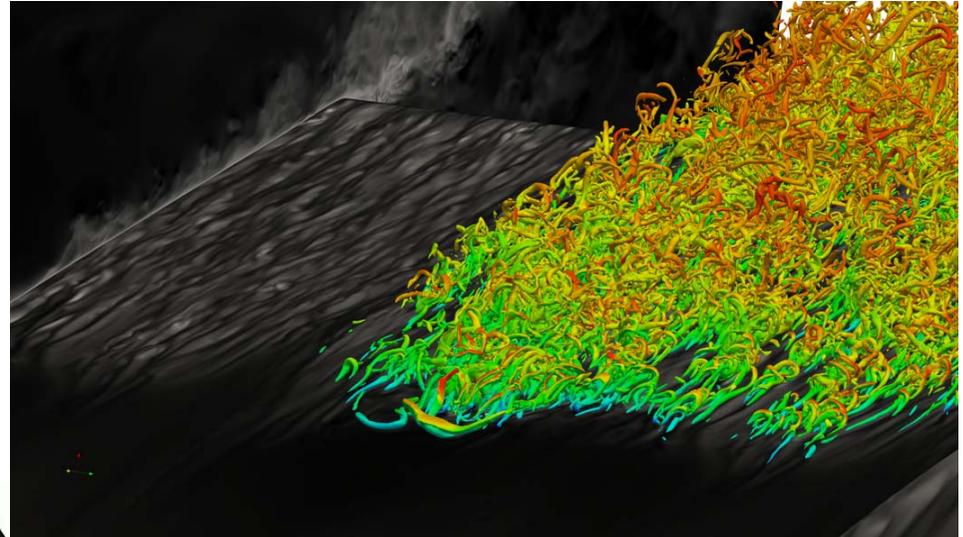


Propagation de Flame
(validation expérience)

Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles

- Ecoulements réactifs
- Ondes de chocs
- Atomisation



Etudes des Transferts Thermiques sur des pales de turbines

Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles

- Ecoulements réactifs
- Ondes de chocs
- Atomisation

Interaction onde de choc / couche limite

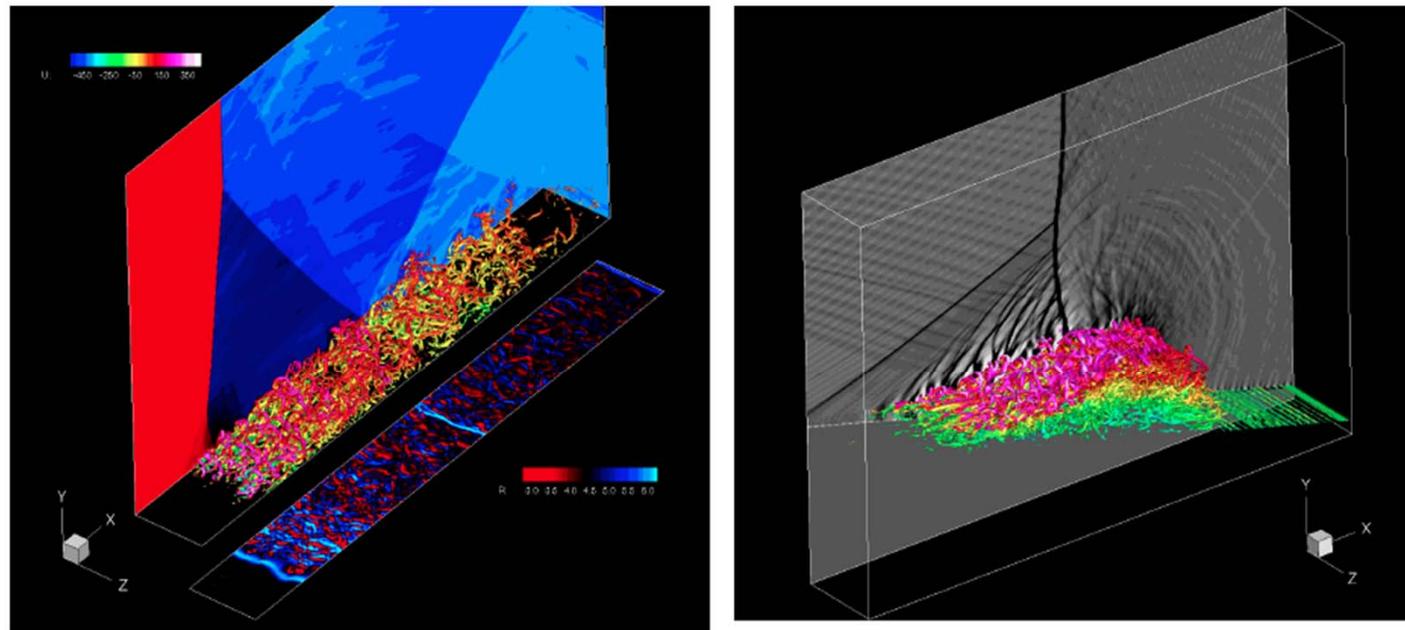
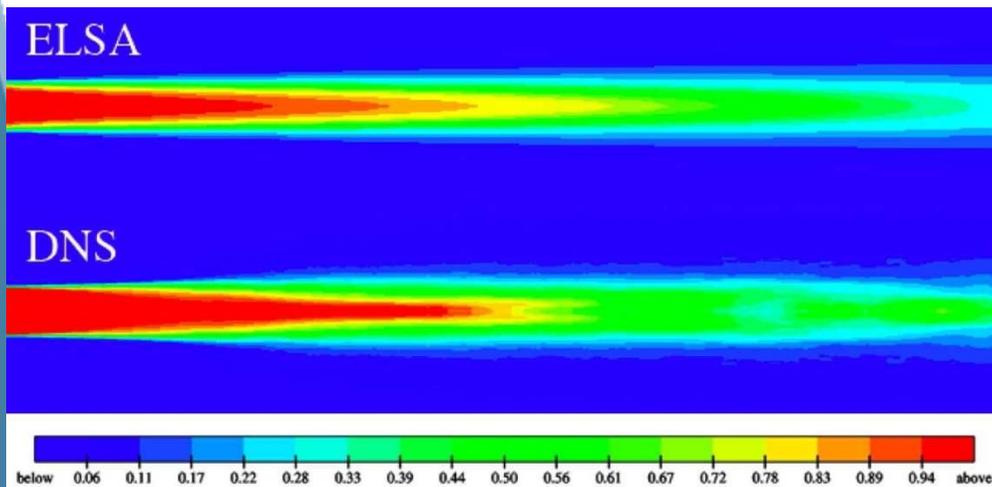


Fig. 1 Interaction onde de choc/couche limite turbulente dans une tuyère à Mach 1.8. Zoom sur la région de l'interaction. Calcul LES avec 1.39 milliard de points répartis sur 8064 cœurs sur Jade.

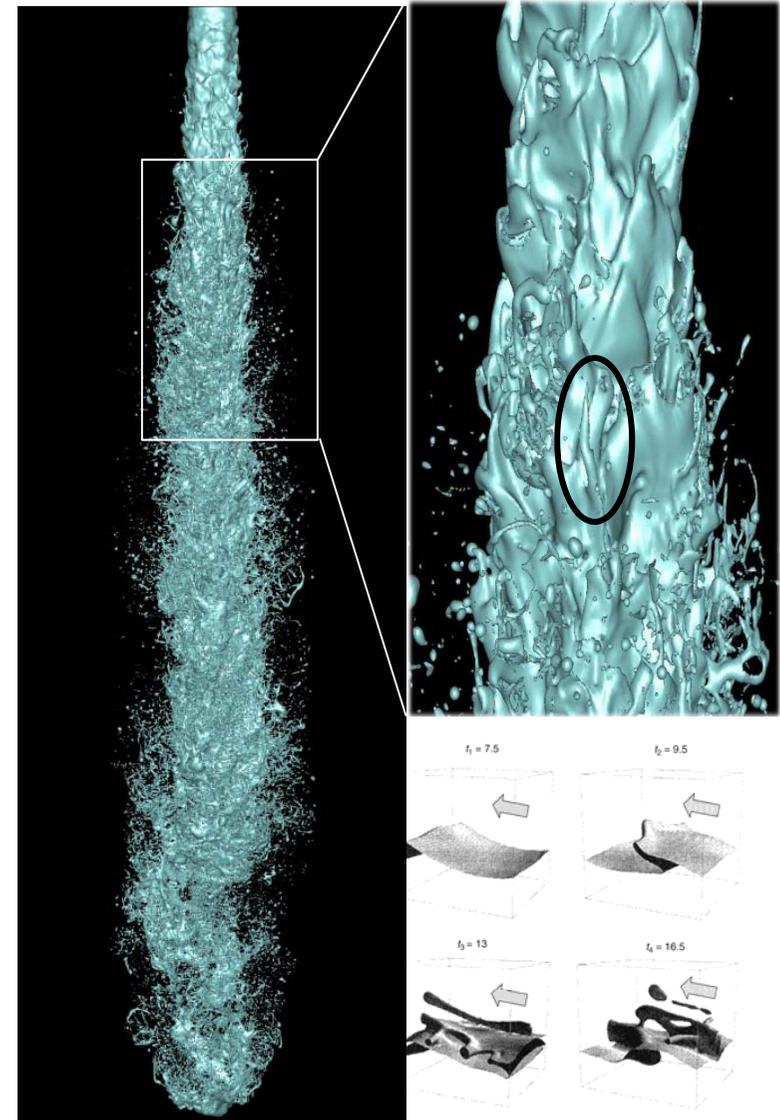
Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles

- Ecoulements réactifs
- Ondes de chocs
- Atomisation



Amélioration de modèles

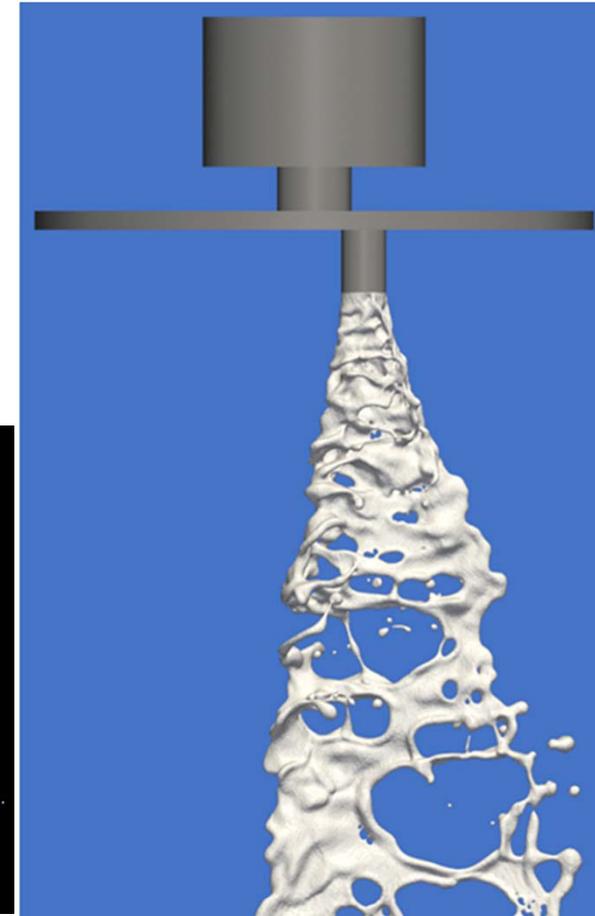
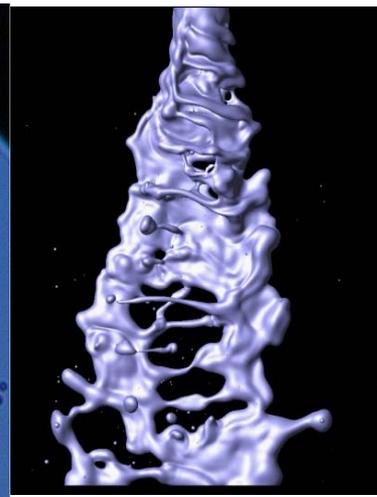
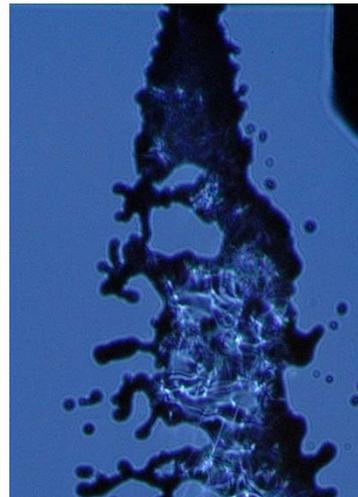
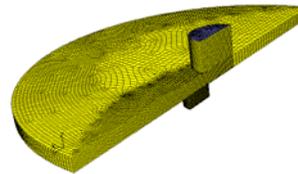


Identification de processus d'atomisation

Analyse numérique

Développements de codes de calculs massivement parallèles

- Ecoulements réactifs
- Ondes de chocs
- Atomisation



Validation expérimentale / Comparaison des codes de calculs

Analyse numérique

- Résolution d'un système linéaire mal conditionné
- Développement de méthode Gradient conjugué préconditionné par un Multigrille (ou/ Bi-CG, Déflation)
- Problèmes rencontrés lors de développement de nouvelles méthodes
- ...

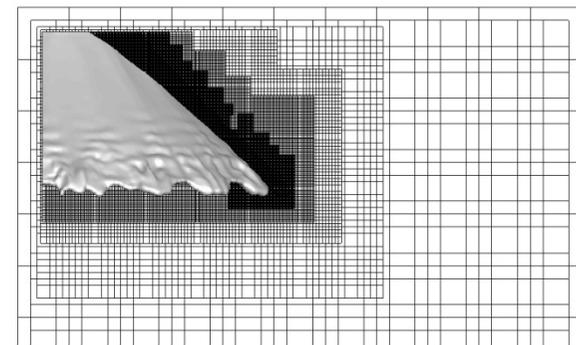
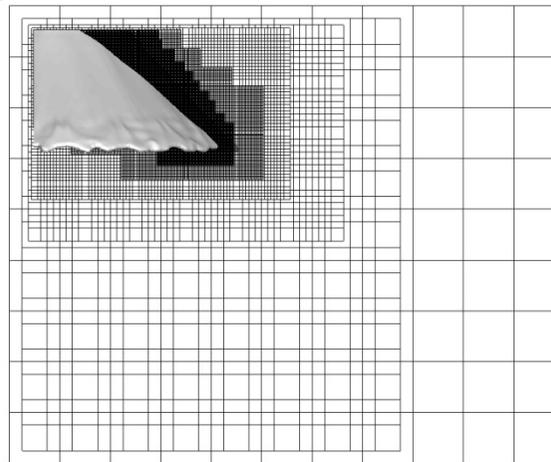
$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla \phi = 0$$

$$\begin{cases} \rho(\phi) \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} \right) = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu(\phi) \mathbf{D}) + \rho(\phi) \mathbf{g} \\ \nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} [\rho]_{\Gamma} &= \rho_{\text{liq}} - \rho_{\text{gaz}} \\ [\mu]_{\Gamma} &= \mu_{\text{liq}} - \mu_{\text{gaz}} \end{aligned}$$

$$\nabla \cdot \left(\frac{\nabla p^{n+1}}{\rho(\phi)} \right) = \frac{\nabla \cdot \mathbf{V}^*}{\Delta t}$$

$$[p]_{\Gamma} = \sigma \kappa(\phi) + 2[\mu]_{\Gamma} (\nabla u \cdot \mathbf{n}, \nabla v \cdot \mathbf{n}, \nabla w \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{n}$$



Problématiques liés au raffinement automatique de maillage

Analyse numérique

Convection

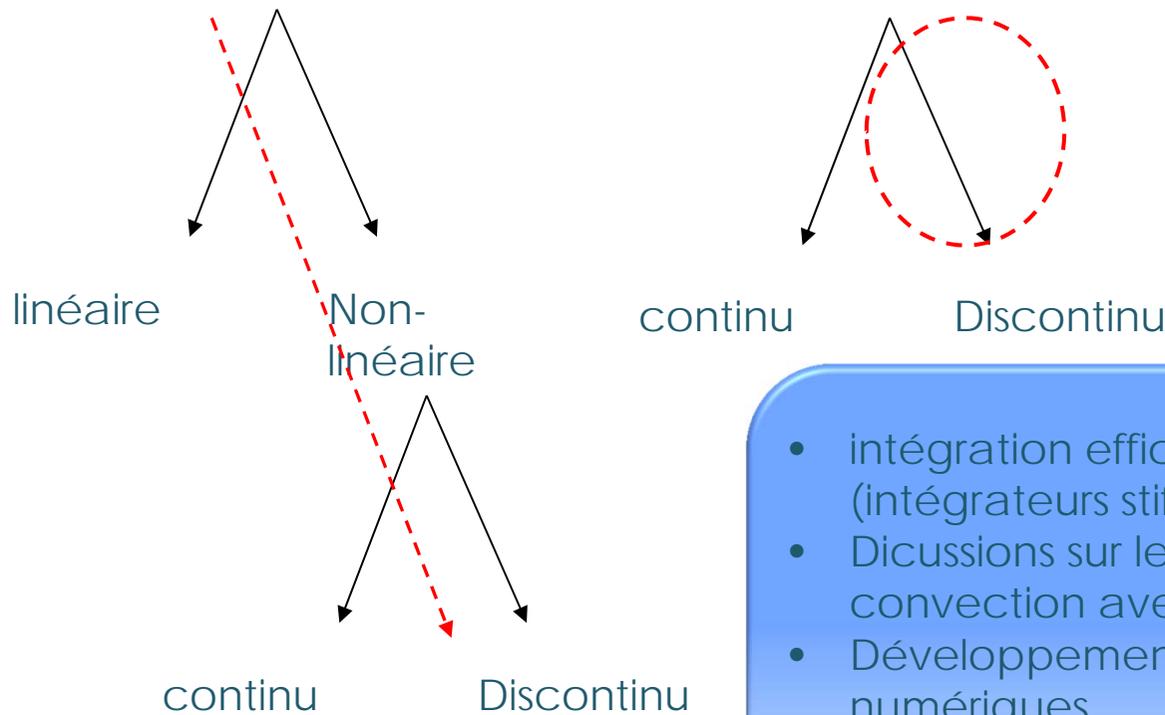
+

Diffusion

=

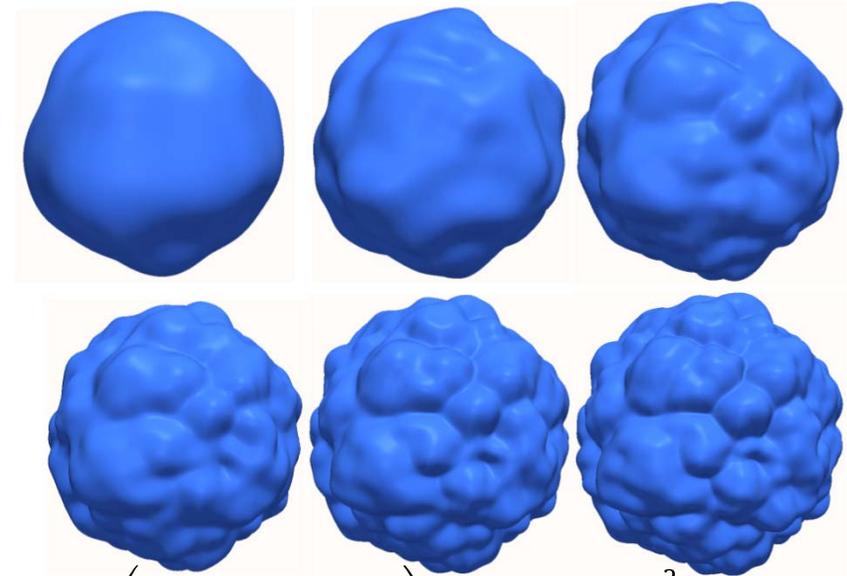
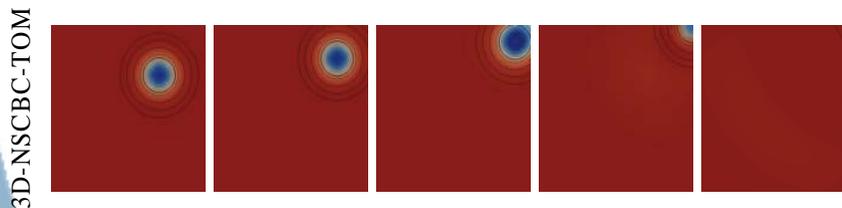
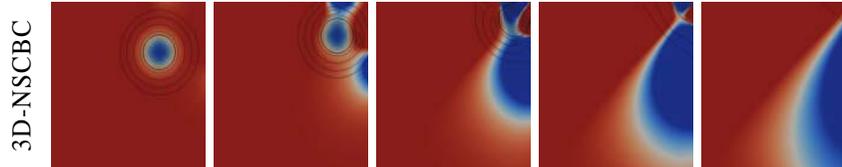
Source

ODE raide



- intégration efficace d'ODE raides (intégrateurs stiffs)
- Discussions sur les schémas de convection avec discontinuités
- Développement de schémas numériques.

Analyse numérique



3D-NSCBC/TOM

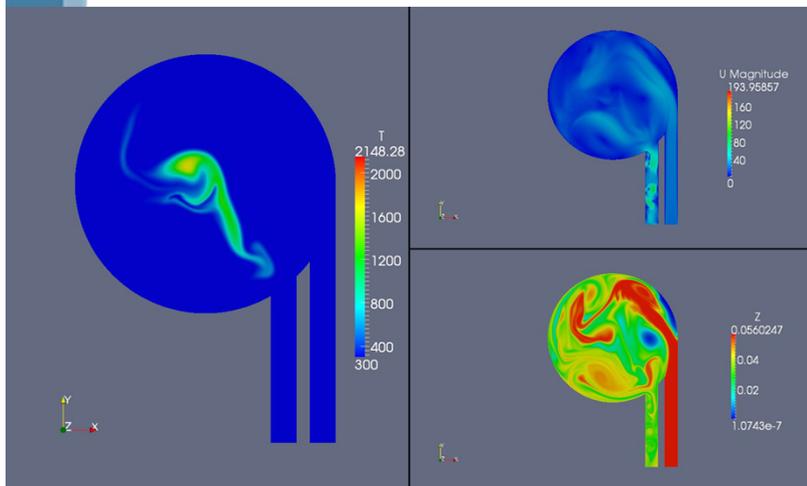
Improvement of the 3DNSCBC strategy for outflows

$$\frac{1}{S_L^0} \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial t} = \Omega(\alpha) \left(\frac{H(\mathcal{F})}{R_M} - \frac{1}{K_n} \frac{C(\mathcal{F})}{R_M^2} \right) + a(\alpha) \frac{\|\nabla_S \mathcal{F}\|^2}{2R_M^2} + \text{CT} + u'$$

u' : additive random noise
Solved by pseudo-Spectral method + ETDRK in time

- Développement de conditions limites pour écoulement compressible
- Modèle de propagation de front de flamme - comportement des équations modèles ?

Analyse numérique



- solveurs de Poisson
- schémas d'ordre élevé sur les maillages non-structurés
- Singular Value Decomposition en massivement parallèle (pour la Dynamic Mode Decomposition)
- intégration efficace d'ODE raides (intégrateurs stiff)
- parallélisme spatio-temporel
- schémas temporels d'ordre élevé qui conservent l'énergie cinétique (quadrature de Gauss, ...)
- répartition de charge en parallèle
- adaptation de maillage anisotrope
- Uncertainty Quantification (polynômes du chaos, ...)
- optimisation multi-objectifs
- Principal Component Analysis pour la détermination de variables d'avancement optimales

Traitement de données

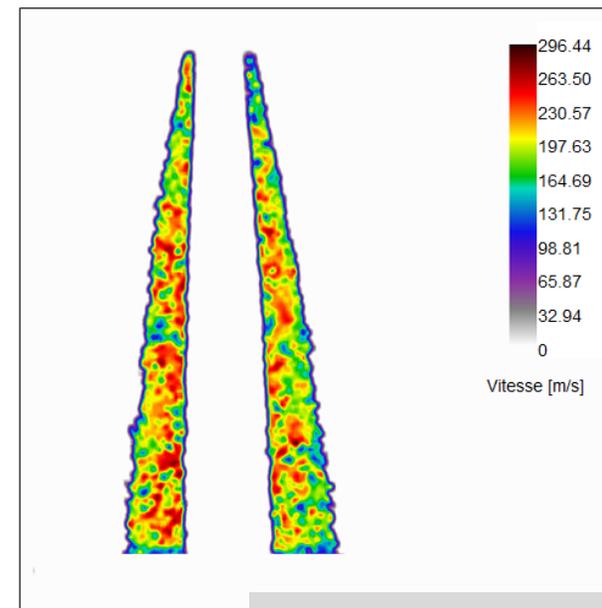
Laser femtoseconde à double pulse

1) Ombroscopie – extraction de vitesses en sortie d'injecteur

Images individuelles (écart 200ns)



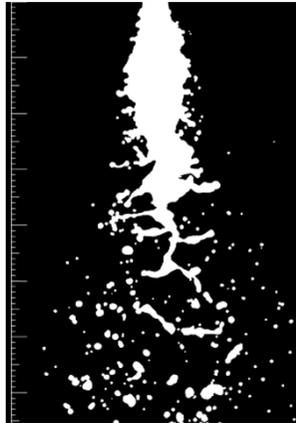
Statistique sur la norme de la vitesse



Single-hole diesel test injector
 $P_{inj} = 50$ MPa
ISO4113 calibration oil

Traitement de données

Analyse multi-échelle : Evolution de la distribution d'échelle

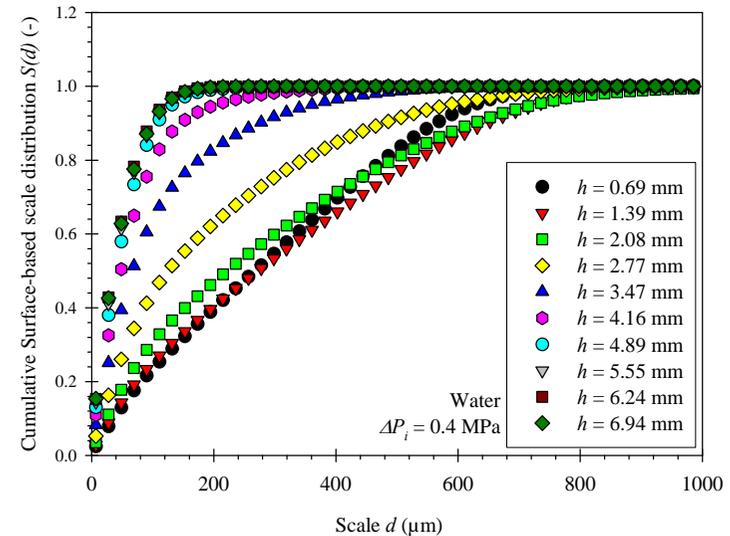


Eau, $\Delta P_i = 4$ bar



Echelle : $r = d/2$

$$E_2(d) = \frac{\text{Surface à l'échelle } d}{\text{Surface totale}}$$



• Entropie d'échelle:

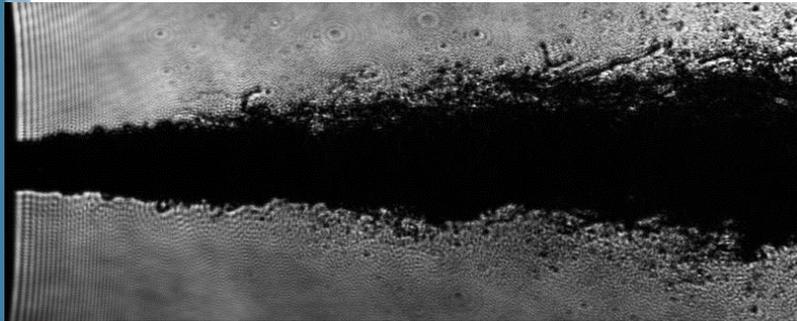
$$\Sigma(x) = \ln\left(\frac{1}{E_2(d)}\right) \quad x = \ln\left(\frac{d}{d_{or}}\right)$$

• Equation de diffusion de l'entropie d'échelle:

$$\frac{\partial^2 \Sigma(x,t)}{\partial x^2} - \omega(x,t) = \frac{1}{\chi} \frac{\partial \Sigma(x,t)}{\partial t}$$

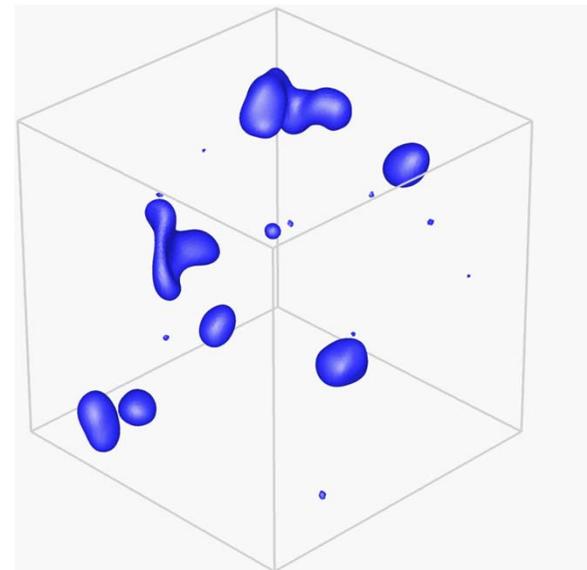
$$\chi \approx 0.4356 We_L^{0.555} \ln^2\left(\frac{We_L}{67}\right) \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_L \tilde{\lambda}_0^3}}$$

Traitement de données

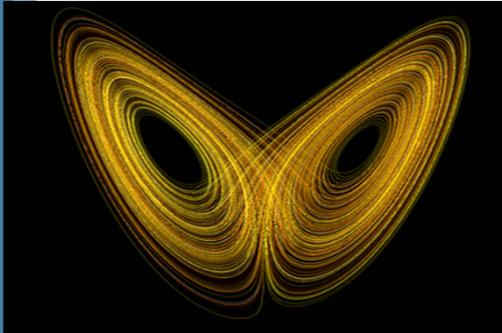


- Construction à partir d'images de paramètres pour caractériser les processus / objets physiques
- Caractérisation de la forme des objets
- Outils d'analyse de grandes quantités de données – Stochastiques/statistiques

- Parallélisation efficace des outils d'analyse
- FFT sur des champs restreints



...



- Interaction acoustique / interface fluide ou solide
- Modélisation de problèmes en Mécanique des fluides-acoustique
 - Mise en évidence de streaming acoustique : écoulement stationnaire issu de l'acoustique non linéaire faisant intervenir une force de radiation obtenue à partir de l'équation de Navier-Stokes
 - Interaction de l'acoustique non linéaire (pression de radiation) avec un jet : mise en évidence de seuil conduisant à la déformation du jet et son atomisation. Comparaison avec la théorie.
 - Acoustique et combustion : simulation de flamme laminaire de prémélange dans une onde stationnaire (caractérisation du front de flamme et de l'écoulement).
- Système dynamique – Biomédicale
- Turbulence
- ...

Collaborations ...

- Discuter des passerelles, des échanges possibles.
- Aide pour la compréhension, le développement de schémas et méthode numériques
- Caractérisation d'objets
- Gestion de données
- L'œil mathématique.
- Intégrer dans la création d'un pole numérique – modélisation mathématique.
- IR au CORIA dont Maths Appli.

- contact nationaux, internationaux
- institutions publiques
- ANR
- contrats industriels

