

La visualisation collaborative: un des grands défis de la science actuelle

Collaborative Visualization: A grand challenge in modern science

Séminaire Maison de la Simulation / Association Aristote

Interaction/visualisation temps réel en CFD: vers de nouveaux usages et modes de travail ?

Florian De Vuyst

Centre de Mathématiques et leurs Applications

CMLA CNRS UMR 8536

NVIDIA CUDA Research Center – ENS CACHAN

devuyst@cmla.ens-cachan.fr

Plan de l'exposé

1. Révolution en cours : //, Teraflop et visu HPC pour tous
2. Interaction temps réel comme raccourci pour l'Ingénierie
3. Interaction temps réel comme "simulateur physique"
4. Run interactif pour le debug avancé de solveurs
5. Rechercher/partager des configurations d'intérêt
6. Enseignement/formation : comprendre la physique, apprécier un solveur numérique

1. Révolution en cours : //, Teraflop et visu HPC pour tous

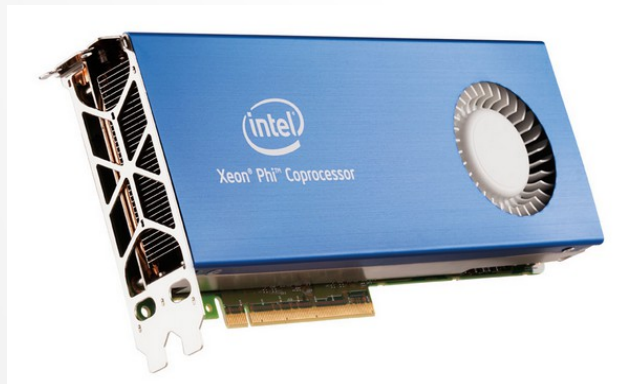
Coprocesseurs GPU ou manycore

NVIDIA TESLA K20X



- **2688 cores**, 250W !
- 14 streaming multiprocessors (SM)
- Memory bandwidth 250 GB/sec
- MEM 6 GB
- 3.95 Tflops SP, **1.31 Tflops DP !**
- Binding computing / visualization

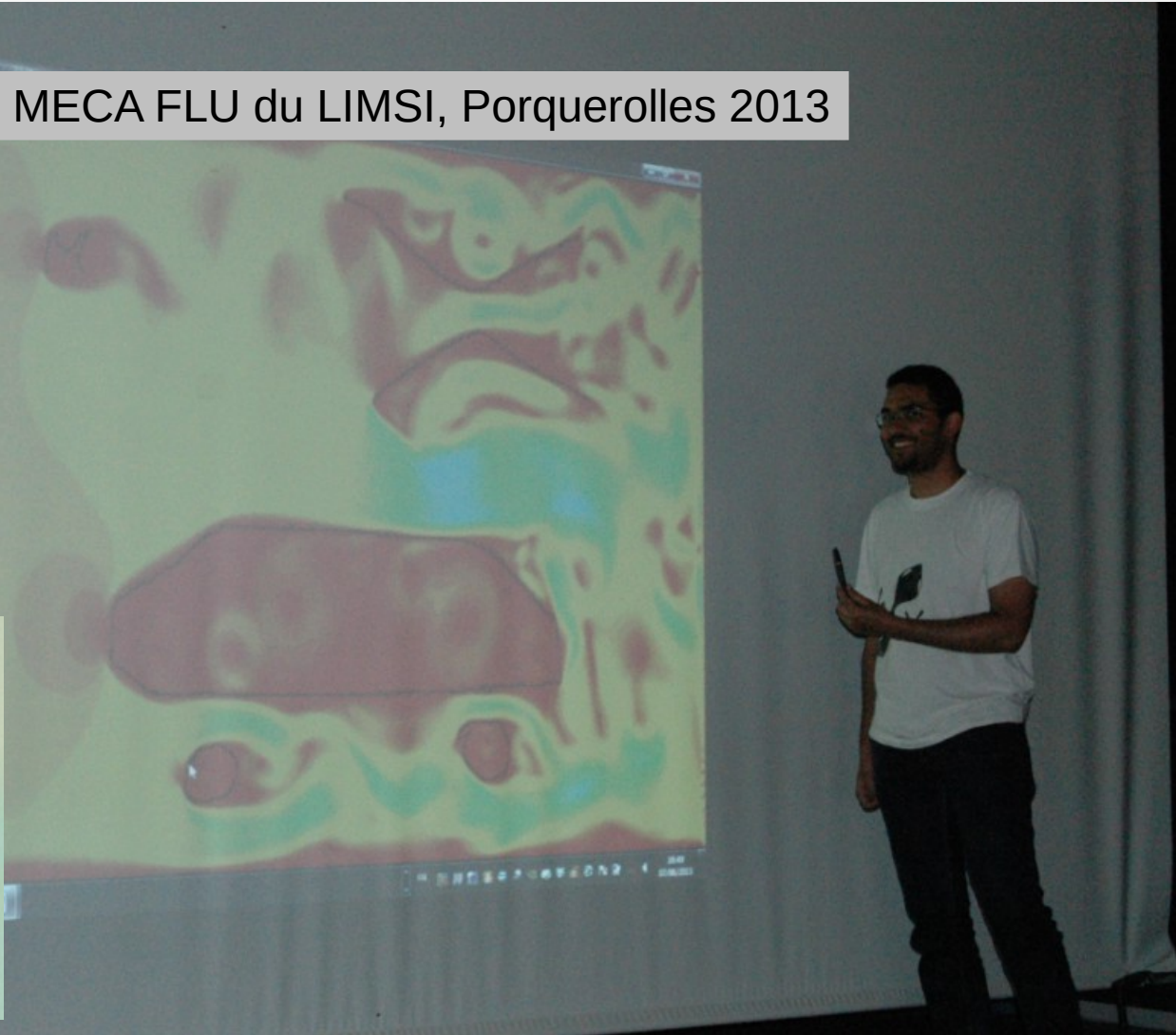
Intel Xeon Phi



- **61 cores**
- **Intel-based cores**
- **1.2 Tflops DP**

Vers le calcul temps réel ...

Démo à l'Ecole MECA FLU du LIMSI, Porquerolles 2013



Envisager de nouveaux usages et/ou modes de travail numériques ?

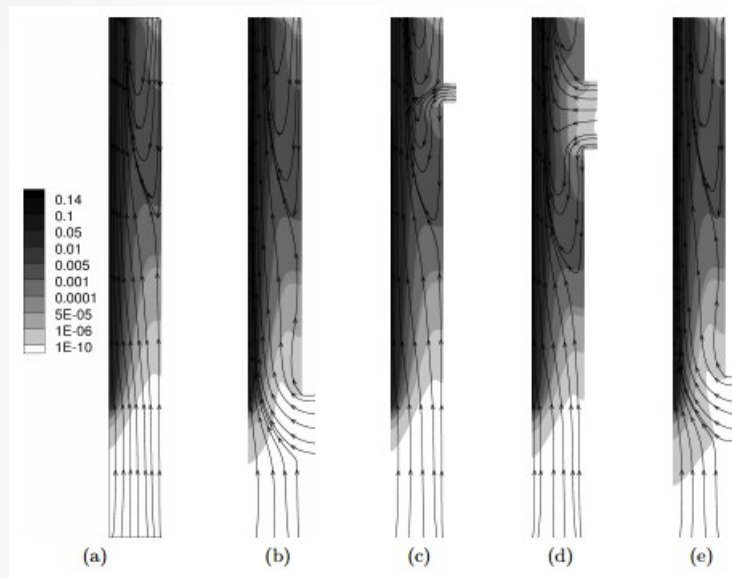
- Peut-on en tirer avantage pour la R&D et l'Innovation ?
- Quel impact sur les processus de conception numérique, les revues de projet ?
- Peut-on toucher plus d'utilisateurs, de branches d'activité ?
- Peut-on combler certains „manques“ des outils existants ?
- Quel impact sur les modes d'enseignement ?

2. Interaction temps réel comme raccourci pour l'Ingénierie

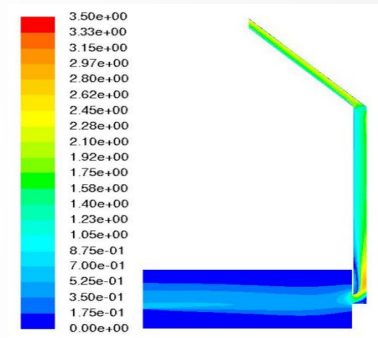
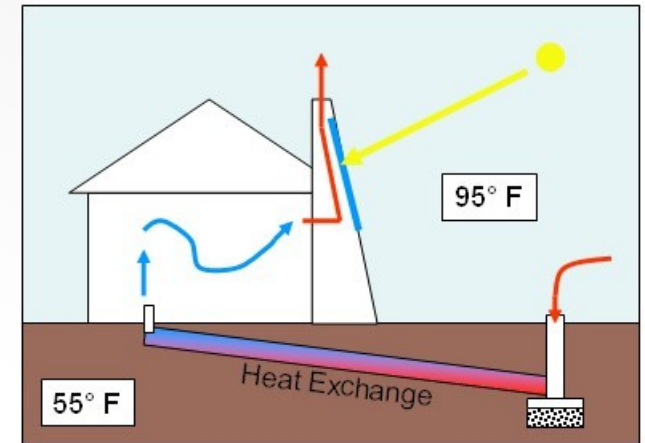
Un exemple (parmi tant d'autres)

Cheminée solaire

Placement et dimensionnement optimal d'entrée d'air pour réduire la recirculation de sortie



[Garnier, Sergent, Le Quéré CFM 2013]



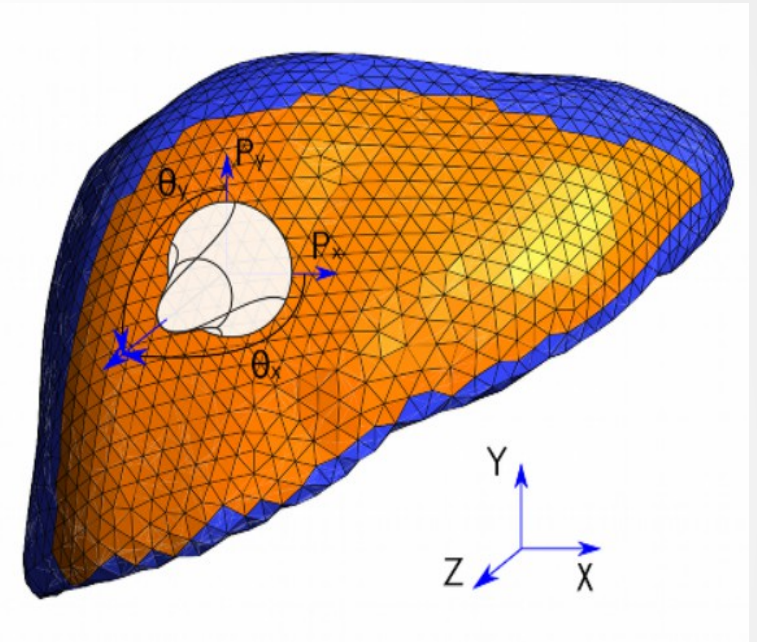
[Tan et al, Energies 2013]

- Expérimenter en temps réel la réponse
- Réduire le domaine de design en se faisant un opinion de la zone d'intérêt

2. Interaction temps réel comme „simulateur physique“

Simulation TR de la déformation d'un foie humain sous l'action d'une force paramétrée par la position et l'orientation

- Equations de l'élasticité 3D
- Application d'une force surfacique extérieure (t)
- Objectif : Calculer les déplacements et contraintes en temps réel (résoudre les équations de l'élasticité en instantané)



<http://rom.research-centrale-nantes.com/>
Equipe de Paco Chinesta (ECN)

Réduction de modèles (réduction de dimensionalité)

$$\Pi^K u^{CI}(x; \mu) = \sum_{k=1}^K u^k(x) \varphi_1^k(\mu_1) \dots \varphi_d^k(\mu_d)$$

Réduction de modèles : bases réduites, RBM, POD, PGD [Maday, Patera, Fahrat, Willcox, Ryckelynck, Haasdonk, Ladevèze, Chinesta, Nouy, Lelièvre, Huerta, Cueto, Ammar, Falco, Boucard, Néron, Matthies, Sorensen, ...]



Workshop

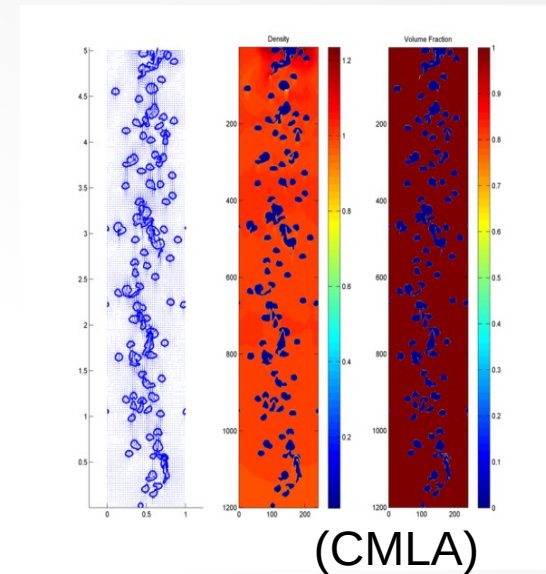
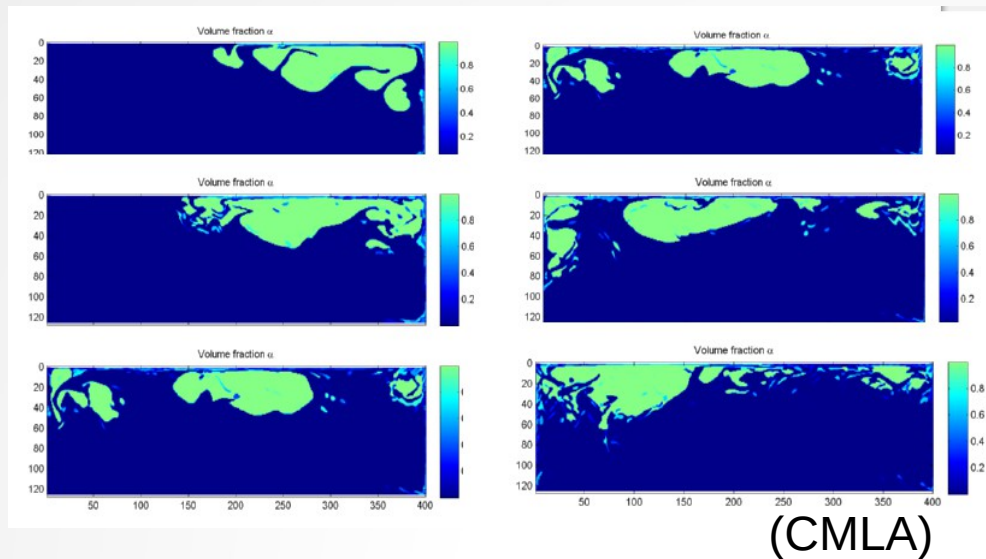
**Reduced Basis,
POD and PGD model
Reduction Techniques: a Breakthrough
in Computational Engineering?**

*An ECCOMAS Thematique Conference
in Computational Methods in Applied Sciences*

<http://website.ec-nantes.fr/rbpodpgd/>

3. Run interactif pour le debug avancé de solveurs

Problème (raide) d'écoulements air-eau (sloshing, impact de vagues, écoulement à bulles)



Fréquent pendant le design de la méthode numérique :
plantage „soudain“ en plein run, ou pas de temps qui tend vers 0 (agaçant)

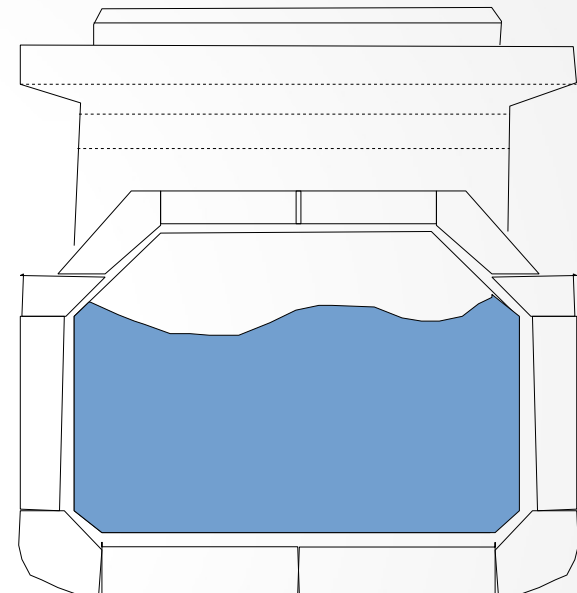
Pression négative ? Energies négatives ? Fractions phasiques négatives ?
Equations d'état inappropriées ? Inconsistances ?

L'idéal serait : un „éditeur de runtime“ : play, rewind, forward,
display, assert, edit, resume, save, graphic query

4. Rechercher/partager/exploiter des configurations d'intérêt

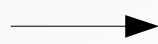
Recherche de configurations d'intérêt

- Application : navires de transport du gaz naturel liquéfié (LNG)
- Etude : impact de vagues, pressions d'impact, endommagement
- Q : quelles sont les conditions génératrices de pressions d'impact maximales, quelles sont les pressions ?



Entrées / sorties

Entrées



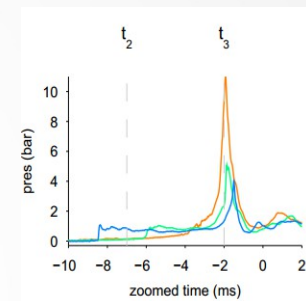
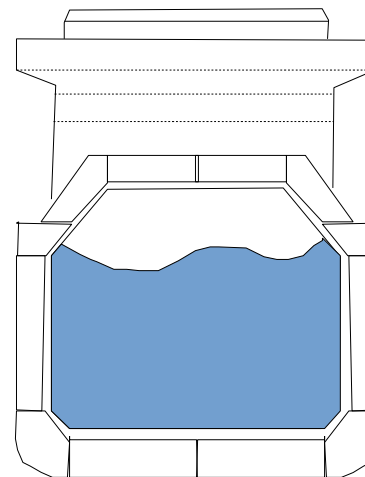
Etat interne



Sorties



Conditions de houle



Pressions
d'impact

Paramètres
(fréquence d'onde,
amplitude, direction,
paquet d'onde ...)

Eqs de Navier-Stokes
bi-fluide gas-liquide

Analyse
multi-objectif

Différentes conditions d'impact de vagues

[Lefaber, Brosset, Bogaert 2012]

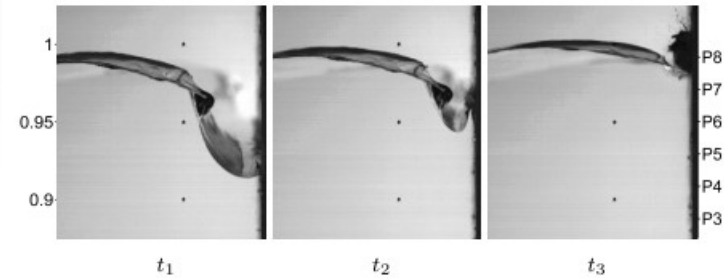


FIGURE 6: Slosh impact at three different instants. Time step equals 4 ms. Height given in meters.

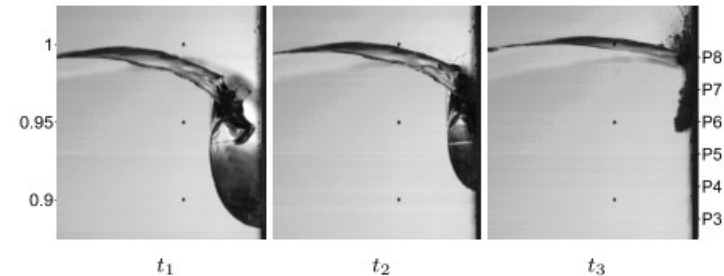


FIGURE 7: Flip-through impact at three different instants. Time step equals 4 ms. Height given in meters.

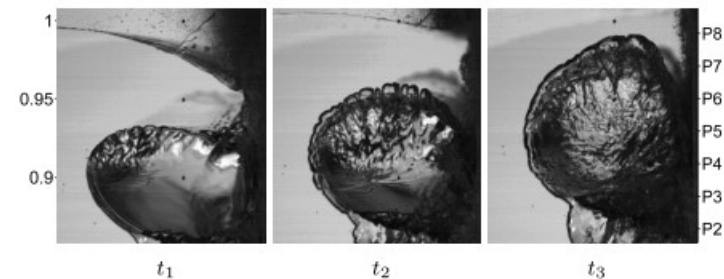
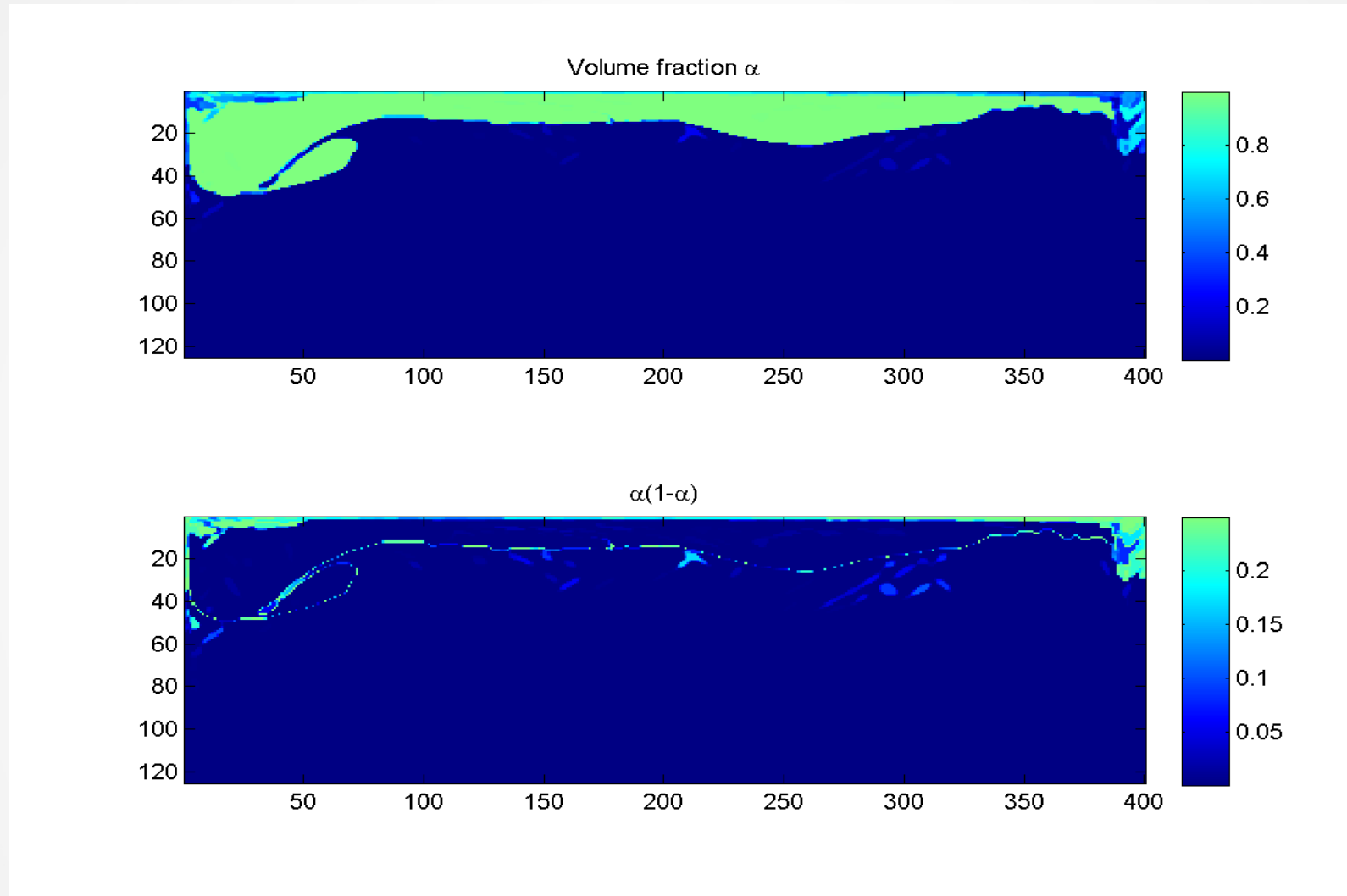


FIGURE 8: Air pocket impact at three different instants. Time step equals 8 ms. Height given in meters.

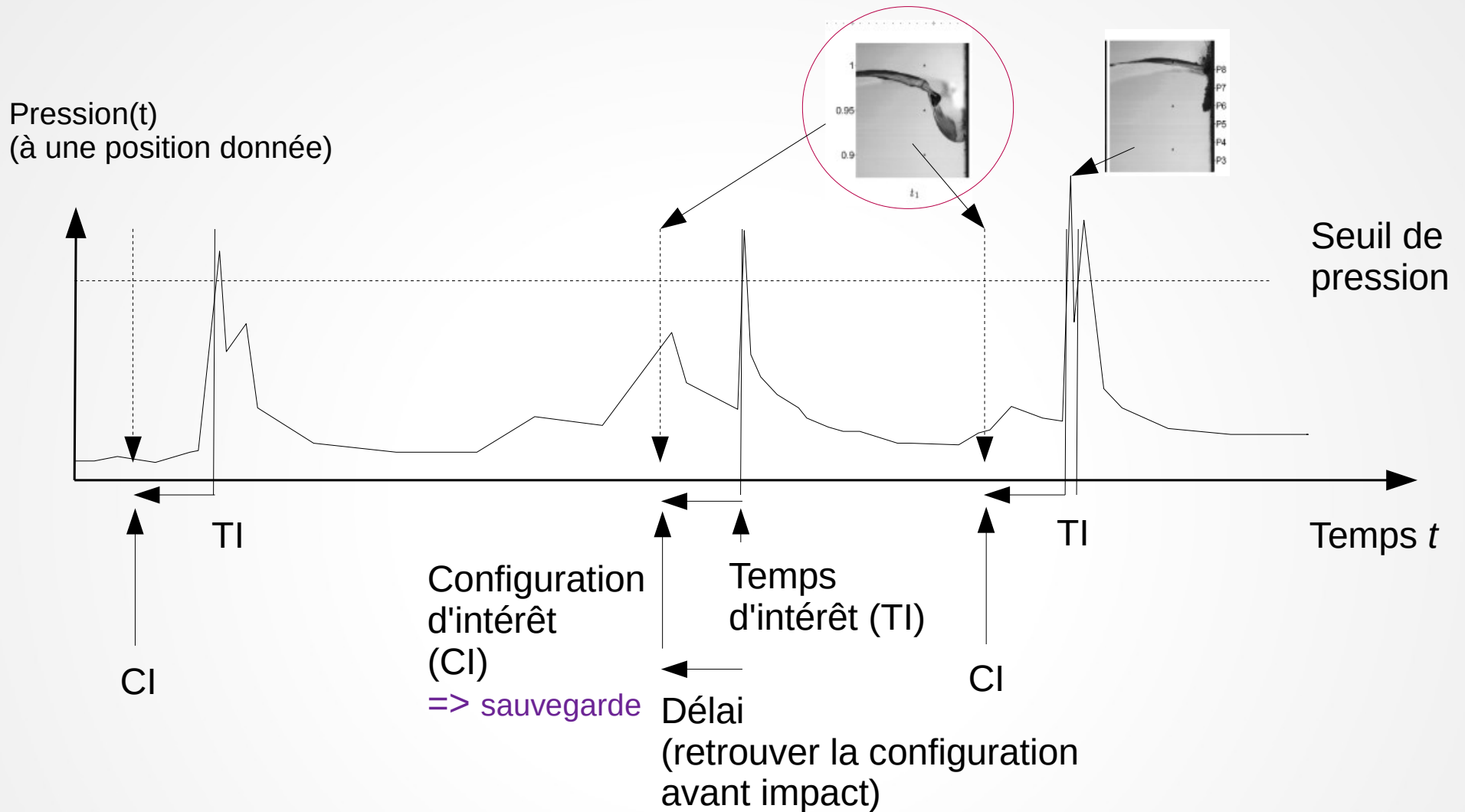
[Lefaber, Brosset, Bogaert 2012]
[Braeunig, Brosset, Dias, Ghidaglia 2009]

...

Simulation numérique de sloshing horizontal



Recherche de configurations d'intérêt (CI) ...



Réduction de dimension sur l'ensemble des configurations d'intérêt

Appliquer un algorithme de clustering sur les configurations d'intérêt :

- ▶ Identifier les classes de configuration de vagues d'impact
- ▶ Classifier les conditions de houle type
- ▶ Y associer les réponses en pression

Résumé de la méthodologie complète

- Plan d'expérience numérique (# conditions de houle, simulation, HPC).
Calibrer le seuil de pression critique.
- Recherche des CI → Construction d'une base de données
- Réduction de dimension
- Appliquer un algorithme de clustering de CI.
- Analyse :
 - Détermine les impacts de pression max pour chaque cluster
 - „Rejouer“ un impact de vague (HPC, GPU), éventuellement y ajouter une physique + riche (Interaction Fluide-Structure)

Okay.

6. Enseignement : comprendre la physique, évaluer un solveur numérique

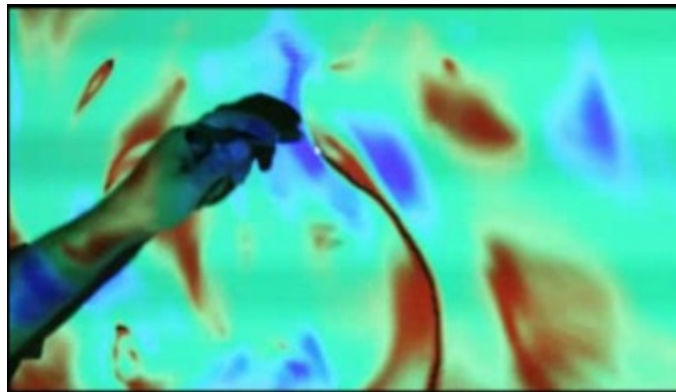
Volet enseignement

- Visualiser un phénomène physique „à la volée“
- Comparer différents solveurs
- Révéler les possibles artefacts, phénomènes parasites d'un solveur ou d'un modèle
- Cours en ligne : matière numérique en support
- Aller vers des applications réelles, dès l'enseignement
- Appréhender les outils numériques R&D d'entreprise

Interaction/visualisation temps réel : en conclusion

- S'approprier un système en l'évaluant de multiples fois (simulateur)
- Permettre des raccourcis dans les phases de conception
- Rechercher/partager/enrichir/exploiter des éléments d'intérêt
- Placer l'homme dans la chaîne de valeur
- (Formation) Illustrer des concepts abstraits par la preuve (*evidence*) et l'exemple

Remerciements : Christophe Labourdette, Christian Rey,
Jean-Michel Ghidaglia, NVIDIA, FMJH, Labex LMH,
Institut Farman ENS Cachan, Equipex DIGISCOPE



Merci de votre attention