

# Introduction à la modélisation des écoulements diphasiques

Richard Saurel

# Définition ?

Un écoulement est qualifié de diphasique lorsqu'il est constitué de deux phases en écoulement:

- liquide- gaz,
- liquide – solide,
- solide – gaz.

# Différents types d'écoulements diphasiques (1)

## 1) Ecoulements dispersés

- Gouttes de liquides suspendues dans un gaz → combustion dans les moteurs automobiles, dans les réacteurs d'avion, chaque fois qu'un carburant liquide est injecté. Nuages de gouttes d'eau dans l'atmosphère.
- Particules solides suspendues dans un gaz → explosions de poussières dans les silos à grains, combustion des particules d'aluminium dans les moteurs de roquettes, coups de grisou dans les tunnels miniers ..
- Ecoulements à bulles → thermo hydraulique des centrales nucléaires...
- Milieux granulaires → compaction de poudre pharmaceutique, combustion de charges propulsives, ..

# Différents types d'écoulements diphasiques (2)

## 2) Ecoulements à phases séparées

- Ecoulement annulaire: riser gaz + pétrole, ...
- Ecoulement stratifié: oléoduc gaz + pétrole, ...
- Ecoulement poche-bouchons : oléoducs encore.

## 3) Ecoulements à interfaces

- Surface de la mer.
- Vagues déferlant sur un bateau ou sur une plateforme pétrolière...
- Impact d'astéroïdes.
- Détonique.
- Atomisation de jets liquides.

# Différences ?

- Pour les écoulements à interfaces on calcule un champ de vitesse, pression, température en chaque point. L'interface est un point particulier, une discontinuité qui se déplace.

Les difficultés sont essentiellement d'ordre numérique. On connaît les équations à droite et à gauche de l'interface (Navier-Stokes par exemple) mais le déplacement de l'interface, couplé au respect des conditions d'interfaces est non trivial.

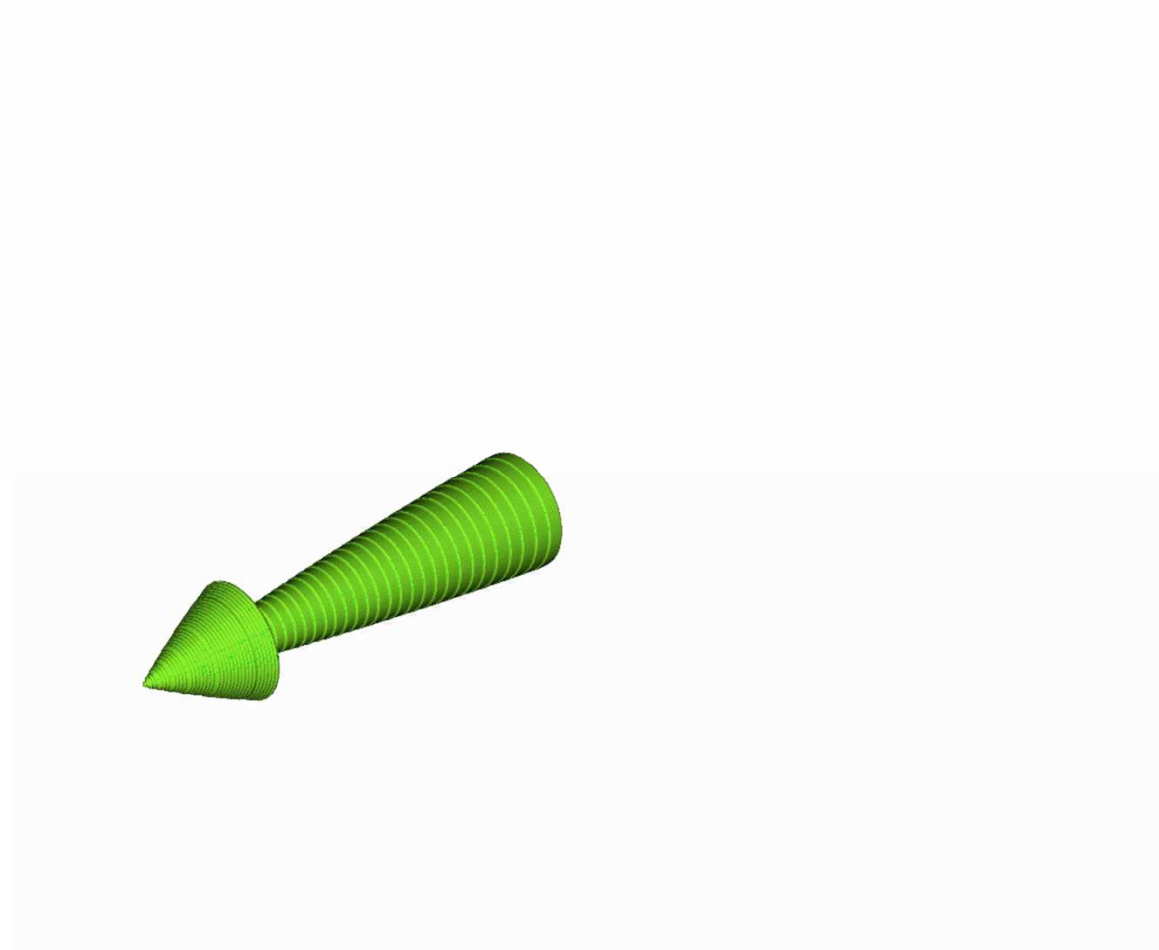
- Pour les écoulements dispersés et à phases séparées il n'est pas possible de résoudre des problèmes à interfaces pour chaque goutte, chaque particule. Il y en a environ  $10^8$  à  $10^{12}$  par mètre cube ...

En un point donné de l'espace, on associe un volume de contrôle diphasique et on calcule 2 vitesses, 2 températures, 2 densités dans ce volume. Les phases interagissent par des échanges de chaleur, des effets de frottements...

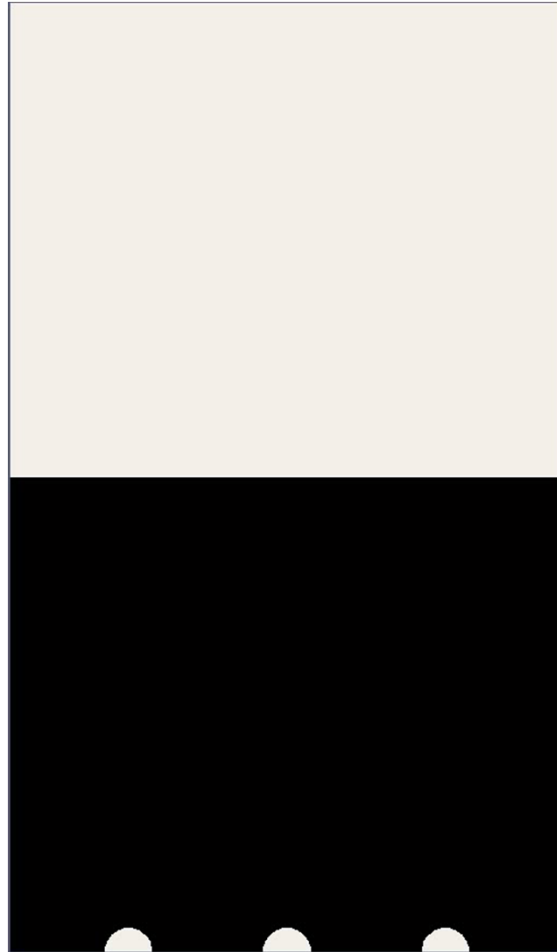
Difficulté: Trouver les équations qui gouvernent ces milieux hors d'équilibre. Il n'y a pas de modèle ou d'équations universelles.

But du cours. Apprendre les éléments de construction de ces équations, si possible celles ayant le plus large domaine d'application.

Écoulement à deux interfaces: eau liquide – eau vapeur  
gaz de propulsion – eau vapeur

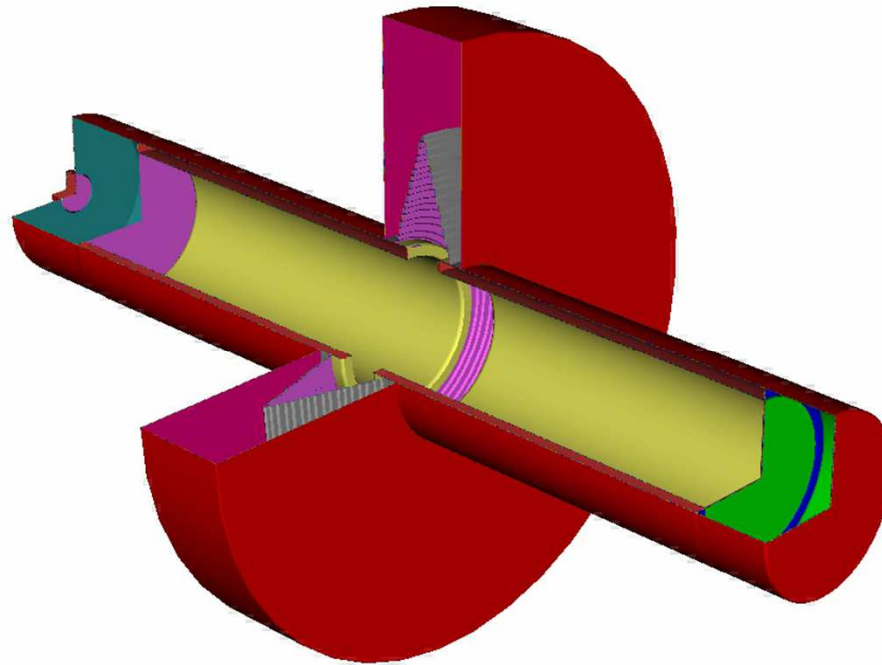


# Écoulement à interfaces avec changement de phase, tension de surface, transfert de chaleur et compressibilité





# Écoulement à interfaces avec ondes de choc et détonation



# Autres exemples:

- [www.rs2n.eu](http://www.rs2n.eu) (société privée spécialisée)
- Travaux de Ronald Fedkiw à Stanford:  
<http://physbam.stanford.edu/>  
→ effets spéciaux au cinéma.
- Beaucoup d'autres sites et publications scientifiques.

# Plan du cours

- Conditions d'interfaces entre fluides
- Elements géométriques et topologiques des milieux hétérogènes
- Modèle diphasique 'moyenné' à deux vitesses et deux températures (et deux pressions).
- Modèle réduit pour les problèmes à interfaces.
- Méthodes numériques associées ... si nous avons le temps.