

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



## Club Cast3M 2013

28 novembre 2013

# Modélisation fine de la réaction sodium-eau

Olivier Marfaing

Thèse CEA Saclay (DM2S/STMF/LATF)

Ecole doctorale

UPMC



Encadrants

Arnault Monavon (UPMC)  
Alberto Beccantini (CEA)  
Stéphane Gounand (CEA)  
Etienne Studer (CEA)

Contexte et phénoménologie

Premières études

Modèle bas Mach du film gazeux

# CONTEXTE ET PHENOMENOLOGIE

## Réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium

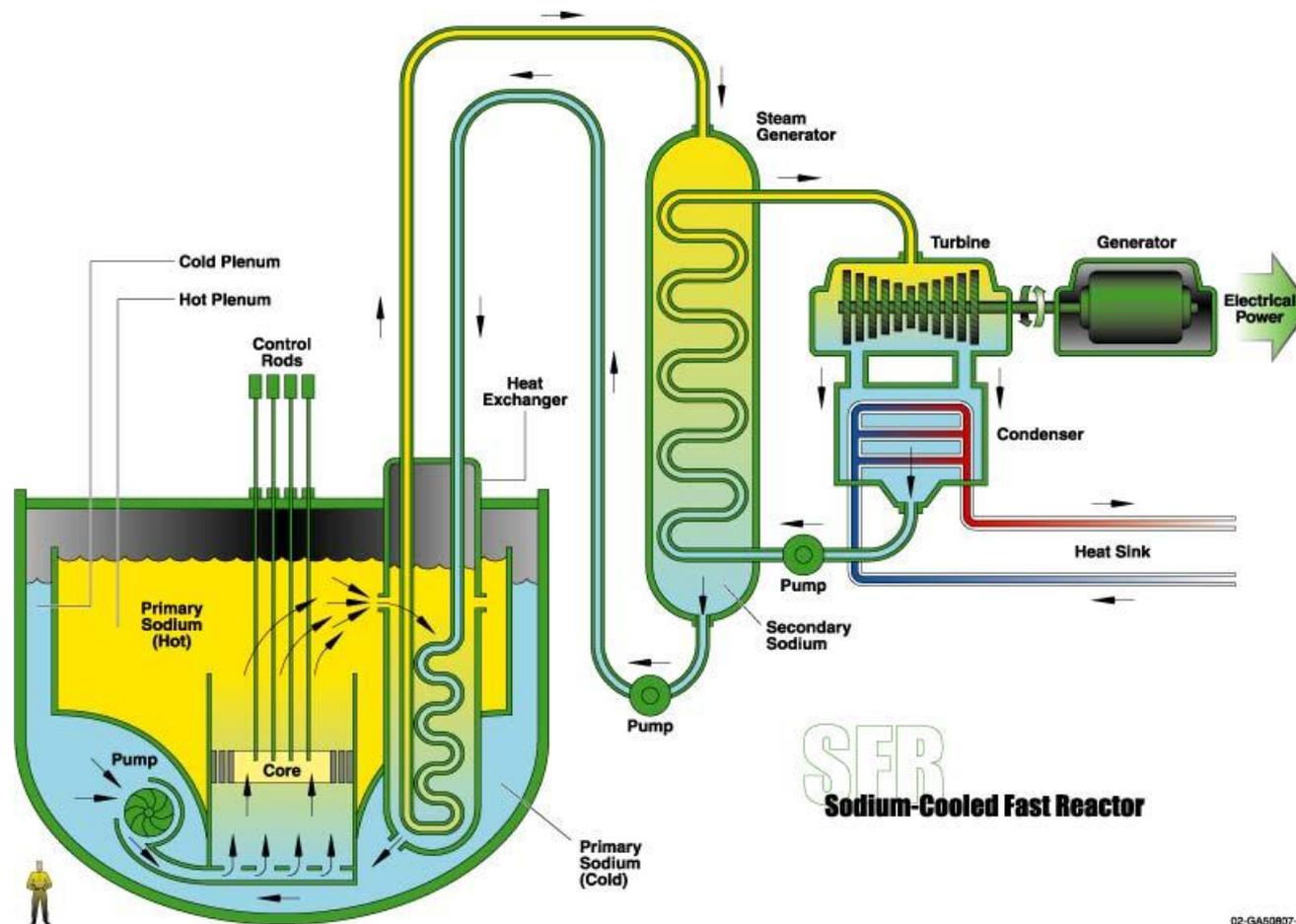
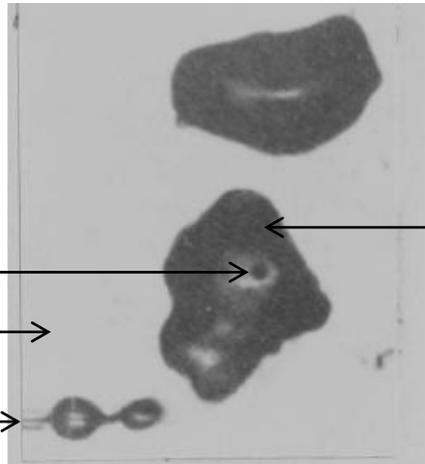


Schéma de principe d'un RNR-Na

Source: <http://www.gen-4.org/Technology/systems/sfr.htm>



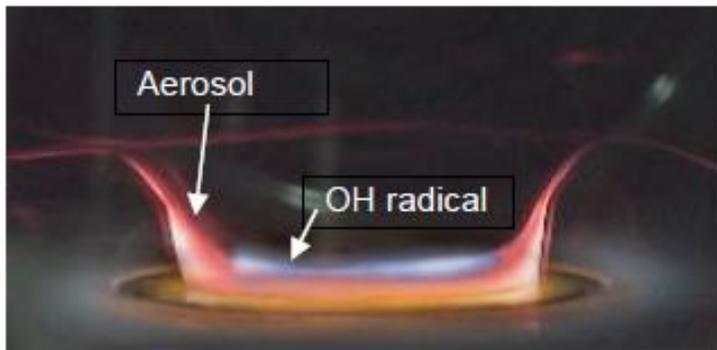
Globule de métal liquide

Eau liquide

Injecteur

Film de gaz

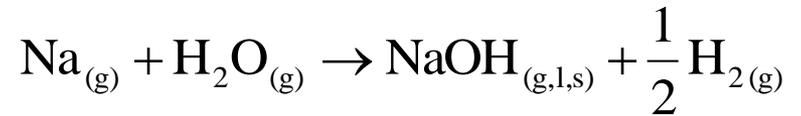
Injection de sodium dans l'eau  
(Ashworth, 1979)



Aerosol

OH radical

Visualisation LIF+ diffusion laser  
(Yamaguchi et al, 2006)



Eau liquide

Front d'évaporation



Flamme de diffusion

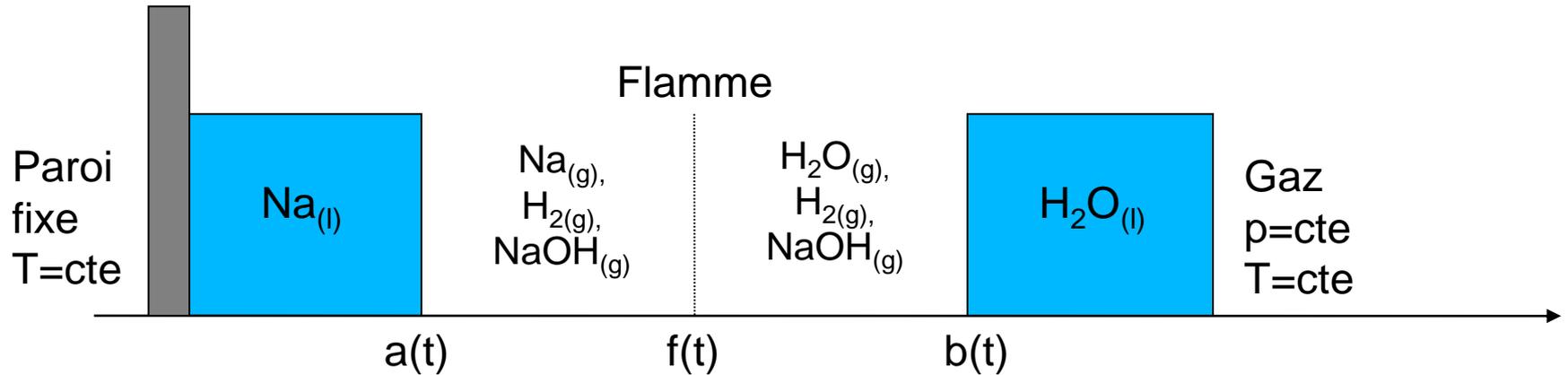


Front d'évaporation

Sodium liquide

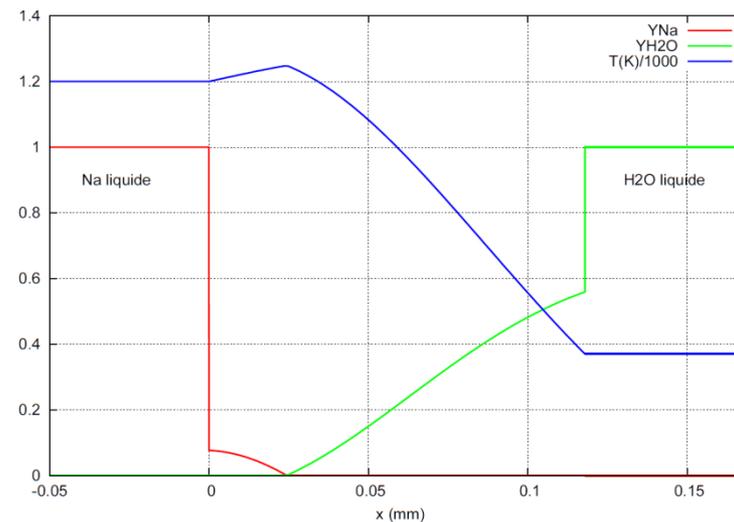
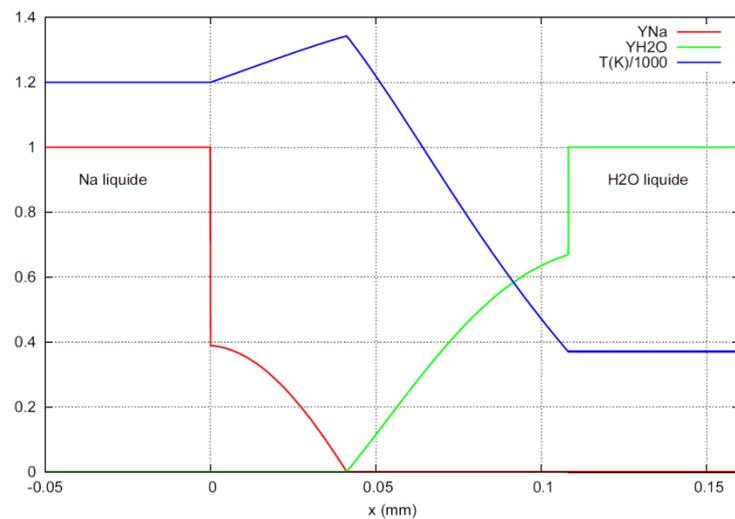
# PREMIERES ETUDES

## ETUDE ANALYTIQUE 1D PLAN



- **Problème à surfaces libres:** les positions  $a(t), f(t), b(t)$  des frontières font partie des inconnues
- **On peut faire une étude analytique:**
  - Hypothèses de Shvab-Zel'dovich
  - Soude traitée comme un gaz
  - Masse volumique du gaz constante
- **La chaleur de réaction est insuffisante pour compenser l'évaporation des réactifs!**
- ➔ **Modéliser la production de soude condensée.**

- Éléments finis Arbitraire Lagrange-Euler sous Cast3M
- Validation par la solution analytique
- Si la soude est supposée purement gazeuse, la chaleur de réaction est trop faible, et la flamme s'éteint → influence du taux de vaporisation de la soude générée

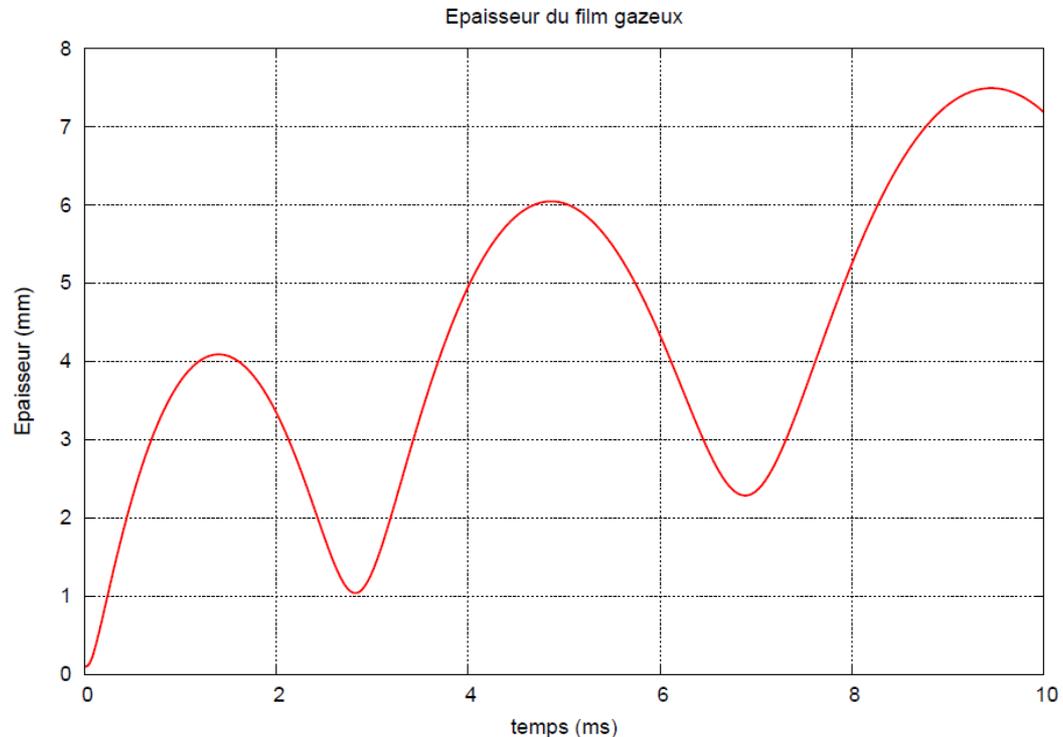


- Travail accepté pour publication dans *International Journal of Heat and Mass Transfer* (Marfaing, O.; Beccantini, A.; Gounand, S.; Monavon, A.; Studer, E.)

**MODELE BAS MACH DU FILM GAZEUX**

- Prise en compte de la compressibilité du mélange gazeux
- Données expérimentales Ashworth   $Ma \leq 10^{-2}$  et  $Re \geq 1$
- **Modèle asymptotique bas Mach à 1 échelle d'espace et de temps** (Paolucci, 1982; Beccantini et al., 2008)
  - $p(x,t) = P(t) + p'(x,t)$  avec  $p'/P = O(Ma^2)$
  - Dissipation visqueuse négligeable dans le bilan d'énergie
- Hypothèses conservées:
  - 1D plan (ou sphérique)
  - Chimie simplifiée
  - L'aérosol de soude n'est pas modélisé

- **Oscillations** du film, qui n'existaient pas dans le cas incompressible



- A rapprocher d'autres études de films gazeux qui ont également mis en évidence des oscillations 1D (e.g. Kazimi et al., 1974)
- A comparer aux mesures d'Ashworth (Ashworth, 1979)

## Des contributions...

- Etude analytique, importance de l'état physique de la soude
- Développement d'un modèle bas Mach 1D pour simuler la flamme de diffusion gazeuse (et le film boiling)

## ... et de nombreuses questions à explorer

- Rayonnement
- Aérosol de soude
- Déstabilisation du film gazeux
- Chimie
- Turbulence
- ...

# MERCI DE VOTRE ATTENTION

---

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex  
T. +33 (0)1 69 08 59 36 |

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

DANS  
DM2S  
STMF  
LATF