

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

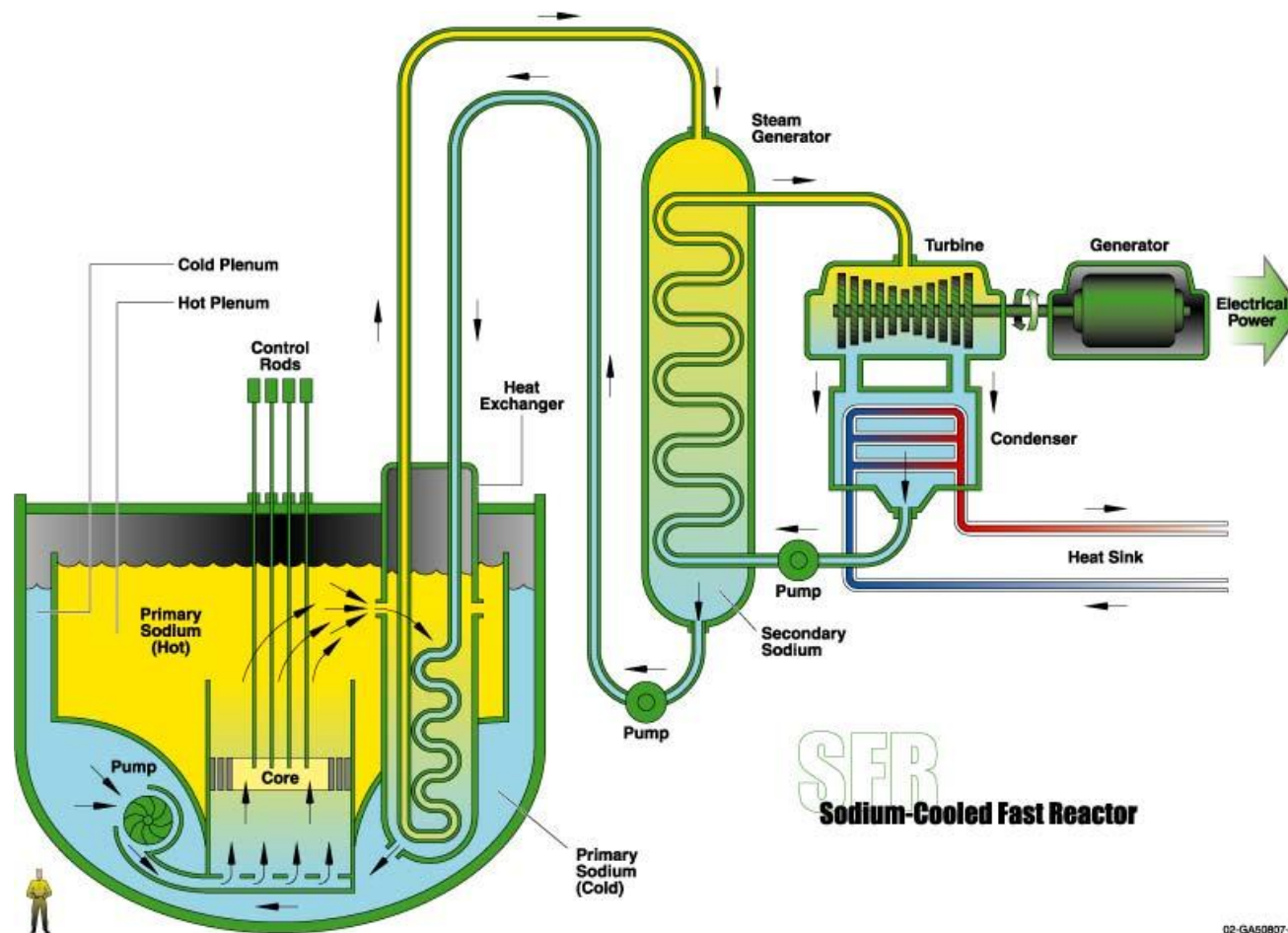
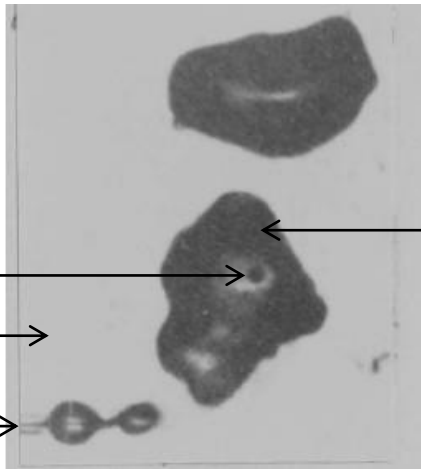


Schéma de principe d'un RNR-Na

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

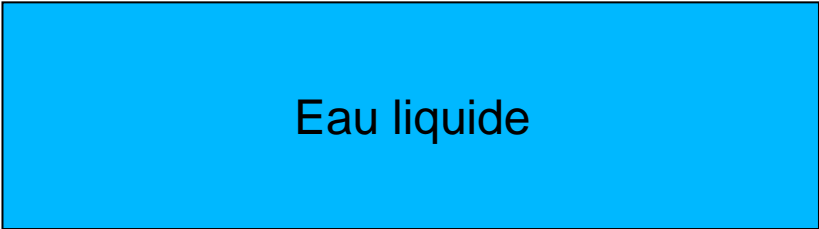
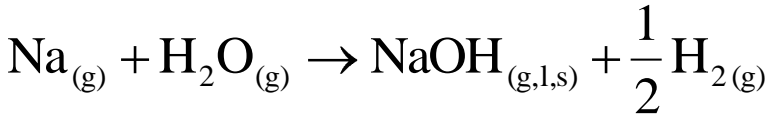
PHENOMENOLOGIE



Globule de métal liquide
Eau liquide
Injecteur

Film de gaz

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



Eau liquide

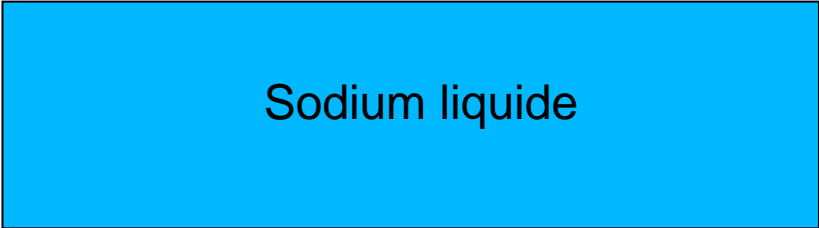
Front d'évaporation



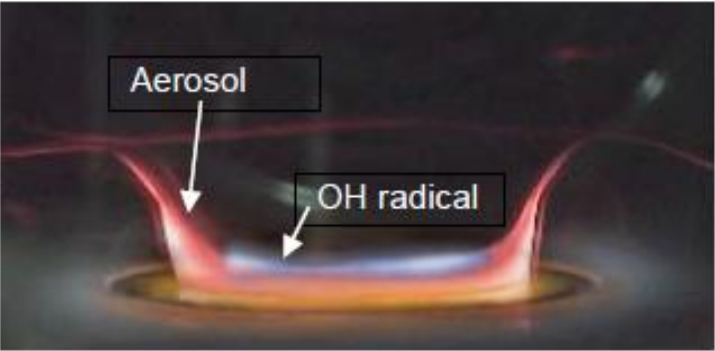
Flamme de diffusion



Front d'évaporation



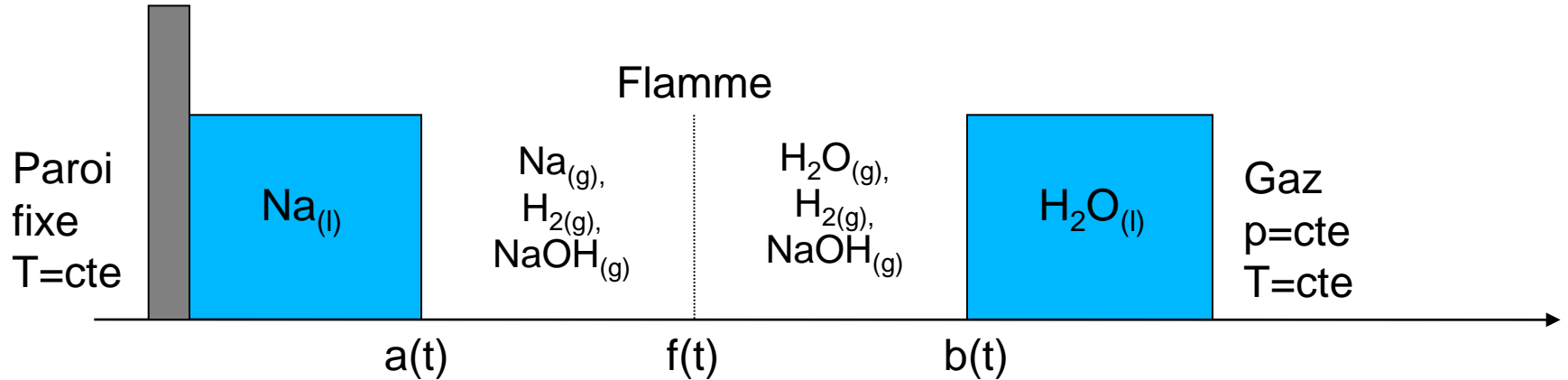
Sodium liquide



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

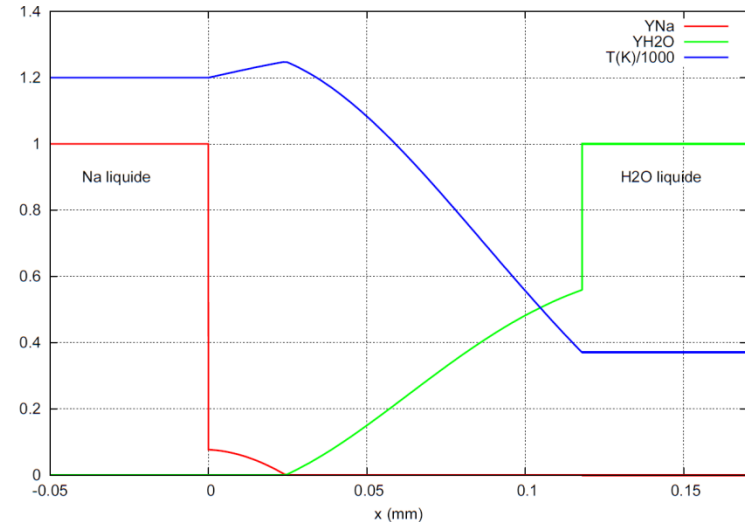
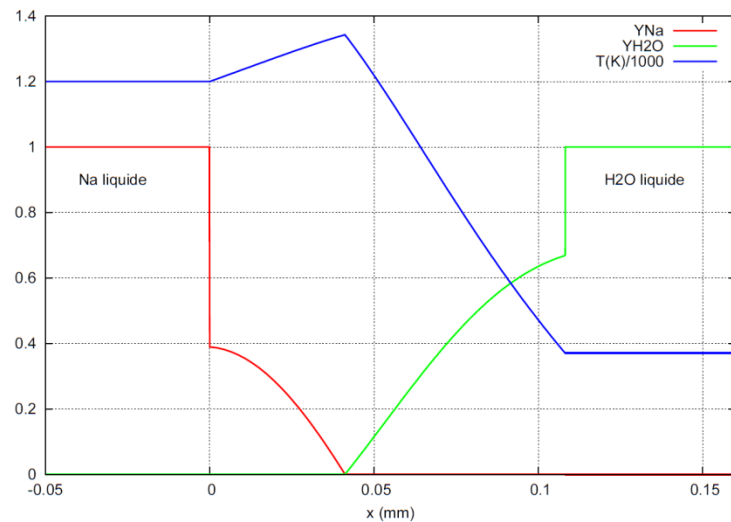
PREMIERES ETUDES

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.**

- Eléments 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

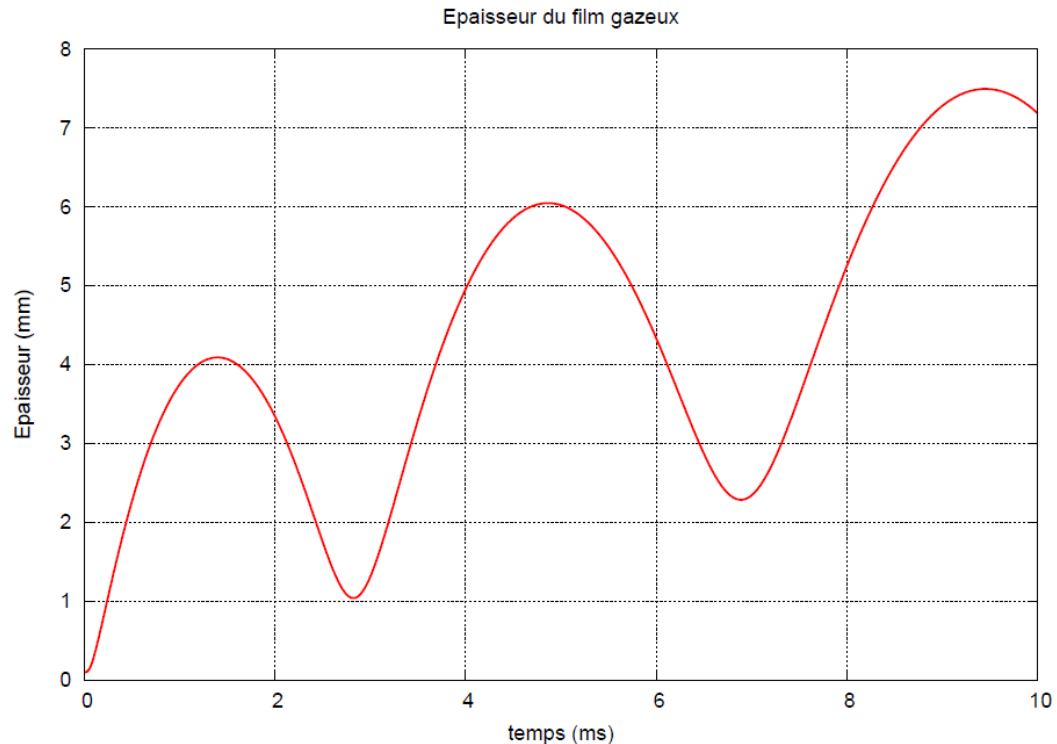


- Travail accepté pour publication dans *International Journal of Heat and Mass Transfer* (Marfaing, O.; Beccantini, A.; Gounand, S.; Monavon, A.; Studer, E.)

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