

Dissolution, thermohydraulique et transferts thermiques dans un cœur dégradé

Elie Chalopin, Julien Belloni, Florian Fichot et Joelle Fleurot - IRSN/DPAM/SEMCA/LESAG

Michel Quintard - IMFT

Dominique Gobin et Benoît Goyeau - Université P. et M. Curie/FAST

Estelle Iacona et Jean Taine - ECP/EM2C

**Contexte :** En cas de brèche sur le circuit primaire et d'impossibilité de réinjecter de l'eau le cœur du réacteur s'échauffe et peut se dégrader fortement ou même fondre.**Objectifs :** Simuler numériquement les phénomènes physiques intervenant dans le cœur du réacteur au cours d'un accident grave, et plus particulièrement les réactions chimiques (oxydation, dissolution), les transferts thermiques à haute température ainsi que la thermohydraulique (écoulements complexes pendant le dénoyage et le renoyage du cœur).

Modélisation des phénomènes de dissolution

Si la température du cœur dépasse 2100K (point de fusion du Zr), les pastilles d' UO_2 entrent en contact avec le Zr fondu, ayant pour conséquence une dissolution simultanée des pastilles et de la couche oxydée ZrO_2 (fig.1b), très en dessous de leurs points de fusion respectifs (3120K et 2960K).

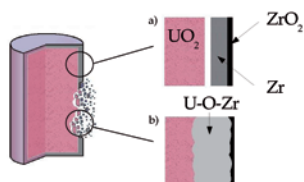


Fig.1 Représentation schématisée d'une portion de crayon combustible.
a) avant dissolution ($T < 2100\text{K}$)
b) dissolution simultanée de la pastille et de la gaine

Etude de la dissolution du ZrO_2 solide par du Zr fondu.

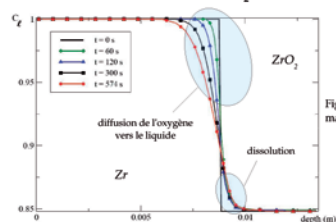


Fig.2 Profils de fractions massiques de Zr (2373K).

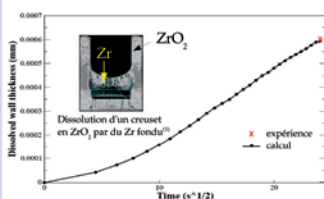


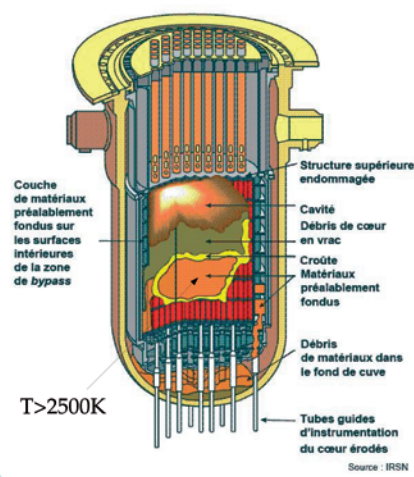
Fig.3 Epaisseur de paroi dissoute (2373K)

→ Prédiction de la quantité de matériaux fondus présents dans le cœur du réacteur.

Réactions
chimiques

Thermohydraulique

Un accident grave : Three Miles Island (1979).



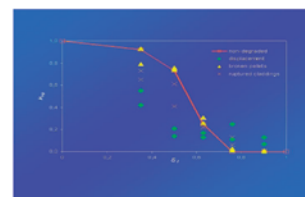
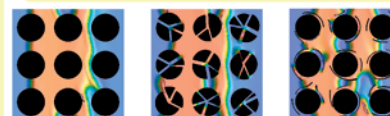
Transferts
thermiques

Ecoulement diphasique dans une grappe dégradée

Des géométries « types » de grappe dégradée sont définies à partir d'images obtenues sur les essais PHEBUS

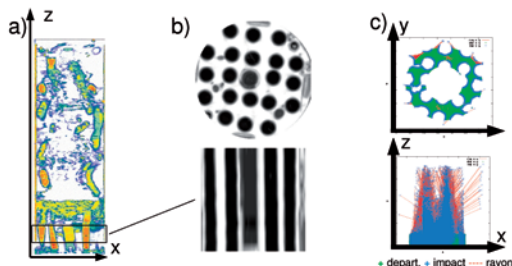


Un modèle à interface diffuse (Cahn-Hilliard) permet de simuler numériquement les écoulements diphasiques (sans changement de phase dans cette version du modèle)



Variation de la perméabilité relative du gaz en fonction de la saturation pour différentes géométries de grappe dégradée → estimation des frottements dans le cœur dégradé

Modélisation des transferts radiatifs



a) Tomographies de 21 crayons dégradés⁽²⁾

b) Reconstitution 3D du cœur

c) Monte Carlo: tirs aléatoires de rayons (plans xy et xz).

$T > 1500\text{K} \Rightarrow$ rayonnement thermique prépondérant or la morphologie du cœur est inconnue.

Exploitation des tomographies des essais FPT de PHEBUS-PF.

Les fonctions de distribution des longueurs des rayons $G_e(s)$ sont calculées.

Le coefficient d'extinction ($\beta = \text{absorption} + \text{diffusion}$) est obtenu par ajustement des fonctions de distribution radiatives $G_e(s)$ à celle d'un milieu semi-transparent $g_e(s)$.

$$G_e(s) \Leftrightarrow g_e(s) = e^{-\beta s}$$

Une conductivité radiative est calculée à partir de l'ETR et du coefficient d'extinction.

(1) Projet Européen « Corium Interactions and Thermochemistry », Karlsruhe 1999

(2) Jacquemain et al. PHEBUS-PF FPT1 final report, 2000

Elie Chalopin*, Julien Belloni*, Florian Fichot*, Joelle Fleurot* - Michel Quintard**
Dominique Gobin et Benoit Goyeau*** - Estelle Iacona et Jean Taine****

NOTES