

**Rapport de M. Gérard COGNET, Habilité à Diriger des Recherches,
sur le mémoire de thèse intitulé :**

**Effet matériaux lors de l'interaction corium-eau: Analyse structurale des
débris d'une explosion vapeur et mécanismes de solidification**

présenté par

M. Václav TYRPEKL

**En vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Strasbourg
Spécialité: Chimie – Physique**

Le travail de M. Václav TYRPEKL s'inscrit dans le cadre général de l'étude de l'interaction entre un matériau en fusion et un liquide à basse température et de son application dans le cadre plus restreint de l'étude des accidents graves dans un réacteur nucléaire. Dans ce dernier cas, la fusion du cœur du réacteur, si elle se produit, pourrait entraîner la formation d'un fluide complexe à haute température, dénommé corium, composé des principaux constituants du cœur en fusion (UO₂, ZrO₂, Zr, acier,...), qui pourrait interagir violemment avec de l'eau injectée dans la cuve ou dans le puits de cuve pour arrêter la progression de l'accident. Ce phénomène d'interaction violente, appelé "explosion vapeur", bien connu également dans l'industrie sidérurgique, est encore mal compris et, de ce fait peu prédictible.

Le sujet confié à M. Tyrpekl consistait à analyser ce qu'il est convenu d'appeler "l'effet matériaux", c'est-à-dire l'influence des propriétés physico-chimiques du corium, sur les mécanismes conduisant à l'explosion vapeur.

Dans un premier chapitre, après avoir rappelé le contexte et présenté la problématique des accidents graves dans un réacteur nucléaire, M. Tyrpekl a expliqué ce qu'est le risque d'explosion vapeur et quelles peuvent en être les conséquences.

Le chapitre 2 présente un état de la connaissance de l'explosion vapeur. Cette étude bibliographique permet à M. Tyrpekl de détailler les quatre phases (prémélange, déclenchement, propagation et expansion) de l'interaction corium – eau et l'ensemble des phénomènes hydrodynamique et physico-chimique identifiés et susceptible d'intervenir.

Dans le chapitre 3, M. Tyrpekl, au travers d'une revue des différentes expériences réalisées dans le passé, tant en matériaux réels que simulants, pour comprendre l'explosion vapeur, réalise une analyse critique des modèles existants qui le conduit à proposer une nouvelle approche pour expliquer l'effet matériaux.

Le chapitre 4 consiste en une analyse théorique des phénomènes identifiés précédemment en séparant ceux résultant des propriétés thermodynamiques et ceux résultant des propriétés thermophysiques du matériau fondu représentant le corium. Cette analyse permet à M. Tyrpekl de montrer que l'énergie transmise par de l'UO₂ en fusion à l'eau est significativement plus grande que celle transmise par de l'alumine en fusion. Cela l'amène à conclure que l'émissivité, jusqu'ici négligée, a un rôle non négligeable sur le transfert d'énergie.

Le chapitre 5 est consacré à l'analyse des débris collectés lors des essais MISTEE, PREMIX et ECO dont il conclut qu'il est difficile de les utiliser pour la validation des modèles du fait d'un processus de solidification complexe dû à la nature des matériaux simulants utilisés.

Dans les chapitres 6 à 8, M. Tyrpekl présente les quatre essais réalisés en matériaux réels sur l'installation KROTOS et auxquels il a participé. Expliquant en détail les analyses qu'il a réalisées, il met en évidence des différences de comportement entre le corium purement oxyde et celui comportant du zirconium et il montre qu'une partie seulement du corium contribue à l'explosion vapeur.

Le chapitre 9 permet enfin à M. Tyrpekl de synthétiser ces résultats qu'il présente selon une classification en trois catégories des paramètres jouant un rôle dans "l'effet matériaux". De ces résultats, il en tire ensuite quelques pistes pour de futurs travaux.

Ce travail, rapporté dans un mémoire rédigé selon un plan clair et original qui en permet une lecture agréable, se situe à l'intersection de différentes disciplines des sciences physique et chimique (mécanique des fluides, thermique, thermochimie, matériaux). Il a nécessité un investissement important de M. V. TYRPEKL, et cela d'autant plus qu'il a dû surmonter l'obstacle de la langue pour s'intégrer dans l'équipe qui l'a accueilli. Après une revue approfondie des phénomènes susceptibles d'intervenir dans l'explosion vapeur, M. Tyrpekl a analysé, sous l'angle "effet matériaux" les résultats disponibles d'essais réalisés sur diverses installations. La participation directe à des essais réalisés en matériaux réels et l'analyse sérieuse qu'il en a faite, l'a amené à conclure sur l'importance de paramètres jusqu'ici sous-estimés ou négligés dans les modèles d'explosion vapeur. On peut toutefois regretter que les résultats obtenus n'aient pas été synthétisés dans un modèle qui aurait pu être implémenté dans un logiciel de calcul d'explosion vapeur.

Enfin, la mise en œuvre de méthodologie et de techniques très différentes, tant pour l'analyse des essais que pour leur interprétation: modélisation thermique et thermodynamique, analyses post-mortem, analyses d'images, montrent l'aptitude de M. Tyrpekl à mener un travail de recherche.

En conclusion, j'émet un avis favorable à la soutenance de cette thèse.

Budapest le 12/06/2012

G. COGNET

