

Le renforcement des radiers

Guillaume DESSY-LIENART

Master 1 Risques Environnementaux et Sûreté Nucléaire

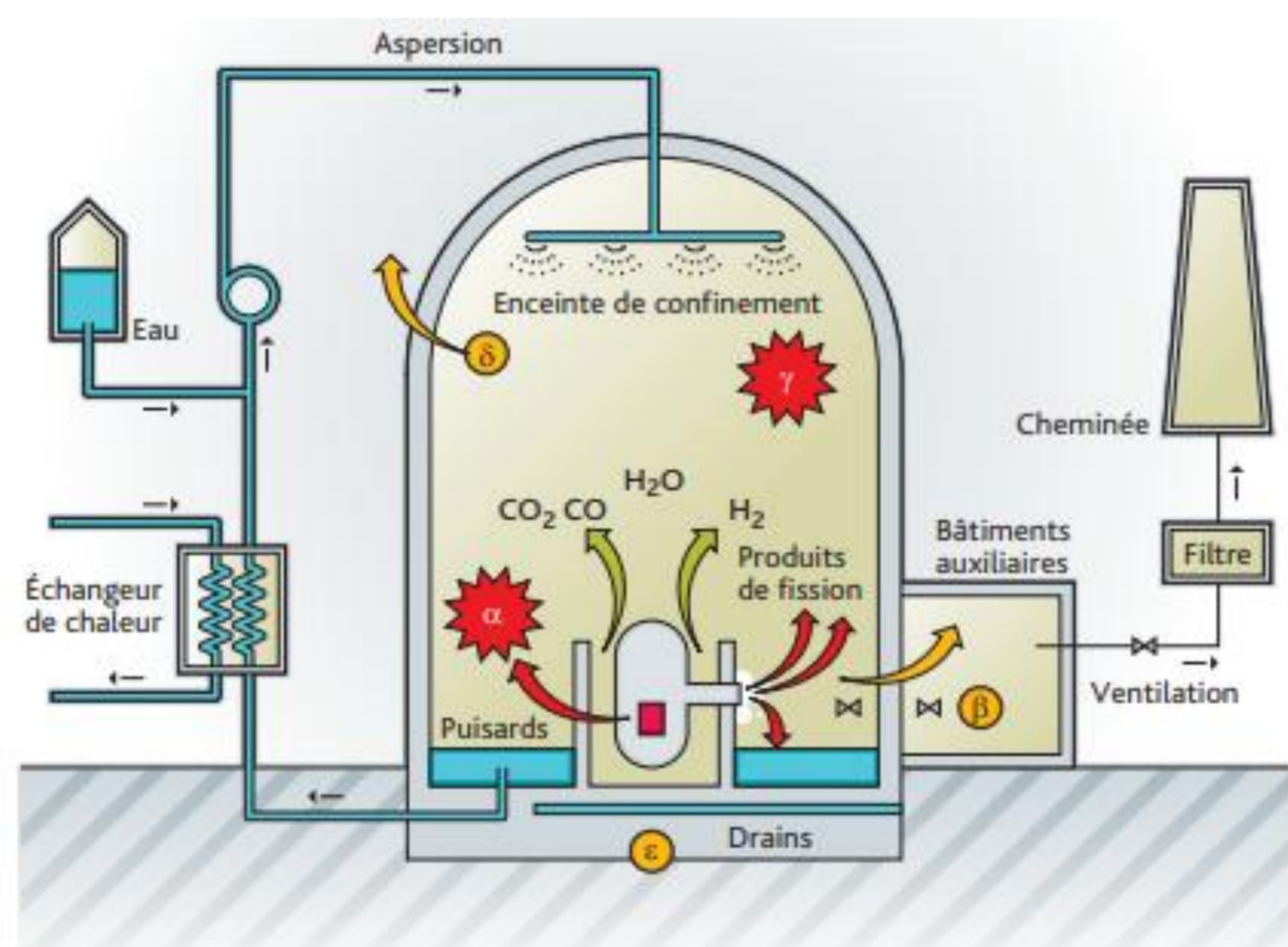
I – Introduction

Les accidents de Three Mile Island en 1979 et Tchernobyl en 1986 ont radicalement changé la conception de sûreté des réacteurs. Il est vite devenu indispensable de réfléchir aux dispositions à prendre pour le renforcement de la sécurité en profondeur et sur les accidents de fusion du cœur car ces accidents, bien que peu probables, peuvent provoquer d'importants problèmes d'étanchéité et de libération de produits toxiques dans l'environnement dus au percement de la cuve et du radier, mais aussi à la connaissance du fonctionnement de la cuve et de l'estimation de la gravité des accidents.

Le radier est une installation en béton qui constitue la fondation des structures internes et des parois de l'enceinte de confinement et qui a pour but de confiner la partie intérieure du bâtiment. De l'aspect d'une galette de béton dont la configuration varie d'un site à l'autre, il est adapté aux caractéristiques géotechniques et sismiques des sites. Son épaisseur varie également en fonction du site, allant de 1,5m à 4m pour un réacteur EPR.

Les études présentées ont été réalisées de manière expérimentale à l'aide de logiciels simulant des accidents de fusion du cœur. Le but de cette présentation est de montrer par quels moyens on peut déterminer la solidité du radier, le temps qu'il faut pour qu'il se perce, et comment renforcer sa sécurité.

II - Etat des connaissances



La classification de Rasmussen classe une possible défaillance d'étanchéité de l'enceinte de confinement en 5 modes. Le mode E correspond à l'attaque du radier par le corium entraînant sa percée. Le délai est supérieur à 24h mais est variable en fonction des caractéristiques du radier.

Fig 1 : modes possibles de défaillance d'étanchéité de l'enceinte de confinement (IRSN)

Le corium résultant de la fusion du cœur va se répandre sur le radier. Leur mise en contact conduit à l'interaction corium-béton (ICB) créant un bain d'oxydes lourds et légers et de métaux

→érosion progressive du béton du radier et parois pouvant entraîner un relâchement de substances radioactives à l'extérieur de l'enceinte.

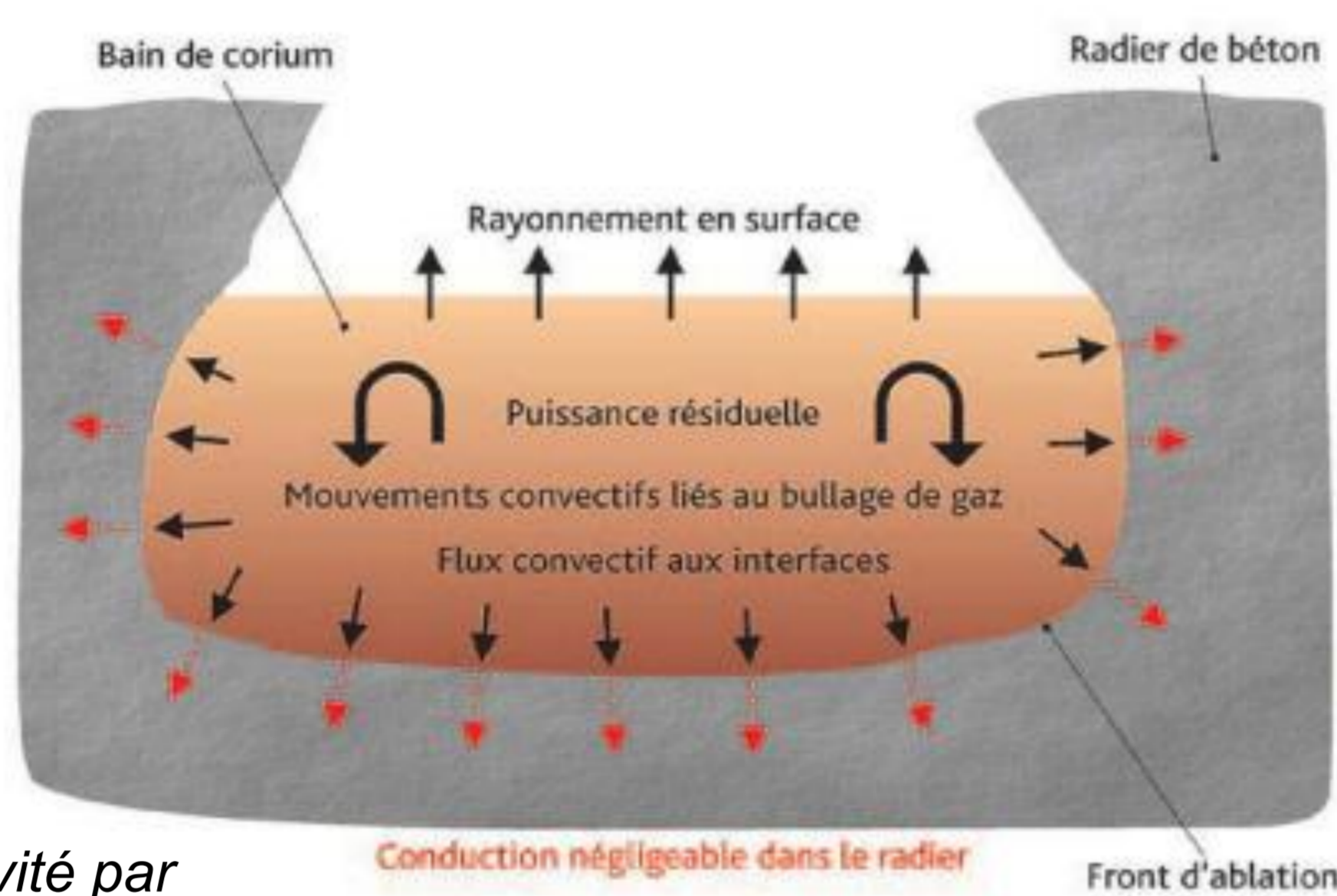


Fig 2 : formation d'une cavité par l'érosion du béton du radier (IRSN)

III – Matériels et méthodes

Les logiciels d'étude se sont basés sur 3 hypothèses communes : bain de corium avec différentes couches avec leur propre température – 2 configurations de bain – résistance thermique « slag layer »

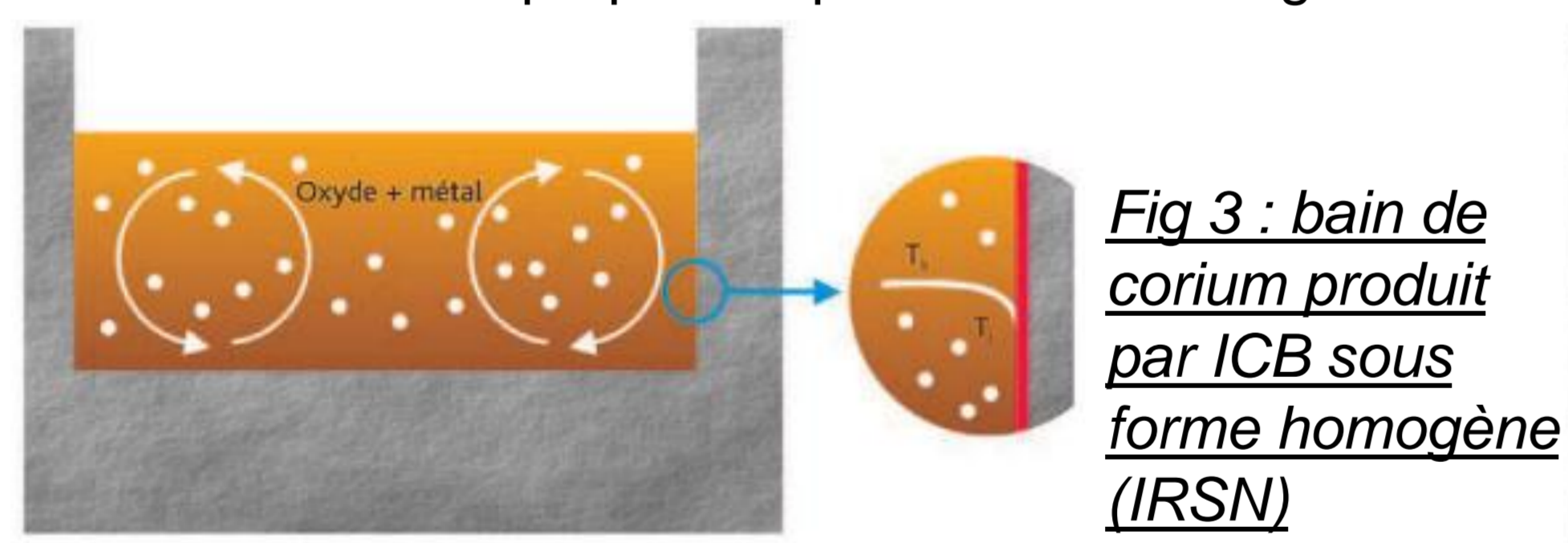


Fig 3 : bain de corium produit par ICB sous forme homogène (IRSN)

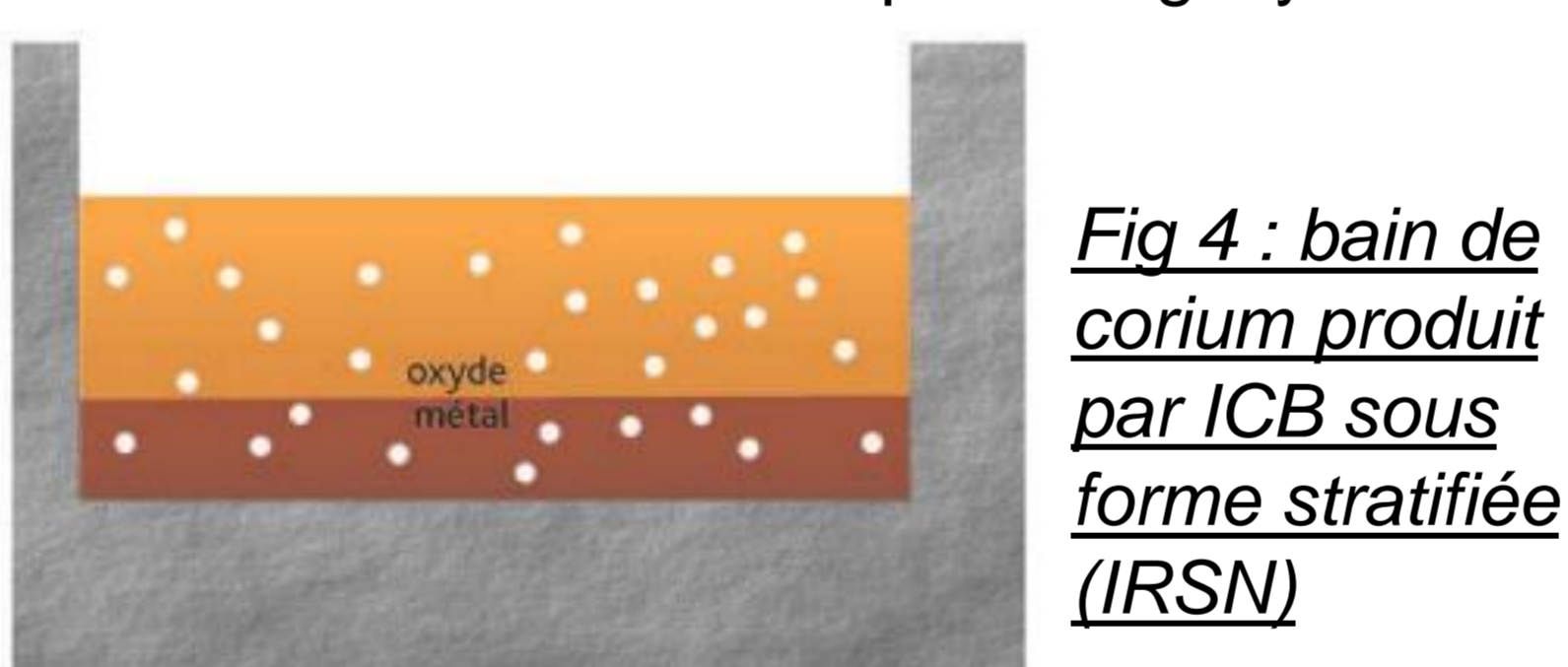
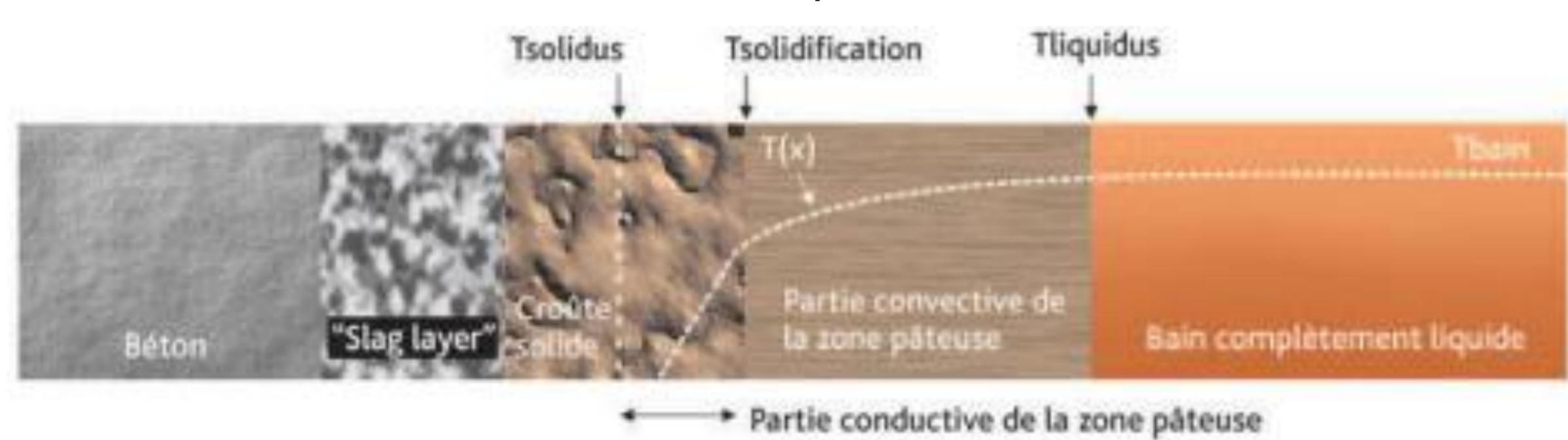


Fig 4 : bain de corium produit par ICB sous forme stratifiée (IRSN)

Le logiciel retenu est le logiciel MEDICIS développé par l'IRSN. Selon lui, « il existe une zone pâteuse à l'interface entre le bain et le béton, comprenant une zone de conduction et de convection ».



La température d'interface utilisée est la température entre les parties convectives et conductives.

Fig 5 : modélisation de l'interface corium-béton par le logiciel MEDICIS (IRSN)

IV – Résultats et interprétations

Trois scénarios ont été réalisés. Le premier avec une configuration homogène du bain qui va conduire à une érosion lente et une percée du radier entre 5 et 9 jours. Le deuxième est moins réaliste, avec une configuration stratifiée où la couche de métal est au-dessous de celle d'oxydes, qui conduit à une érosion très rapide avec un délai de percée entre 14 et 24 heures. Le dernier scénario est le plus réaliste. Il comporte 4 phases : bain initialement stratifié avec couche d'oxydes dessous, ensuite homogénéisé, puis à nouveau stratifié mais avec couche d'oxydes au dessus et enfin le bain redevient homogène. La percée du radier se fait après 49h.

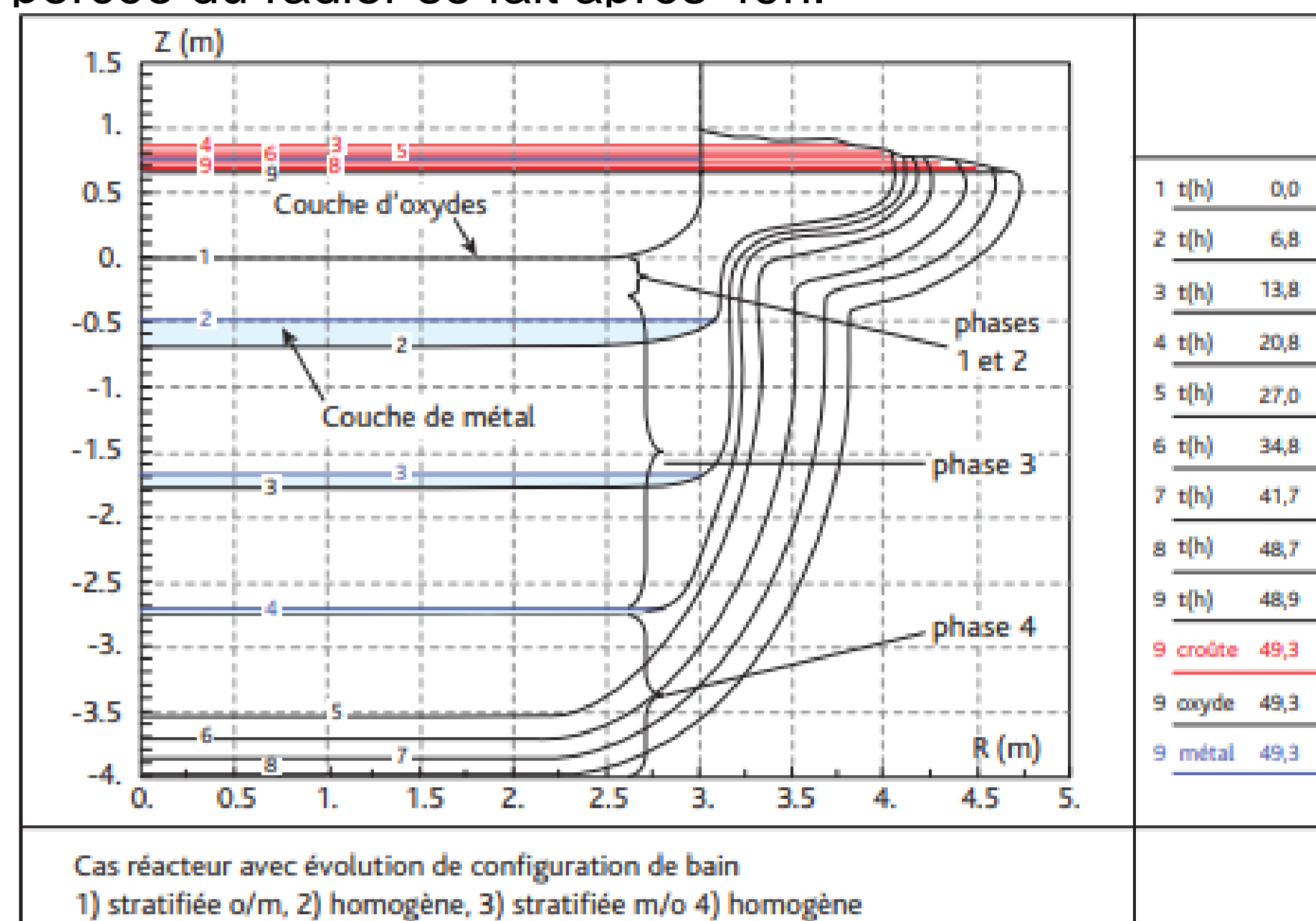


Fig 5 : scénario de percée avec modification du bain (IRSN)

La figure ci-dessous montre que la stratification du bain a donc un effet important sur la percée du radier et ne peut disparaître que si le coefficient d'échange entre les deux couches est fortement diminué (facteur 20). Les graphiques du milieu représentent l'évolution de la configuration avec le coefficient d'échange déduit de la corrélation de Green, obtenue par l'expérience de la figure 6, (h_{Green} o/m) et avec le coefficient d'échange réduit d'un facteur 20 (h_{Green} o/m x0.05).

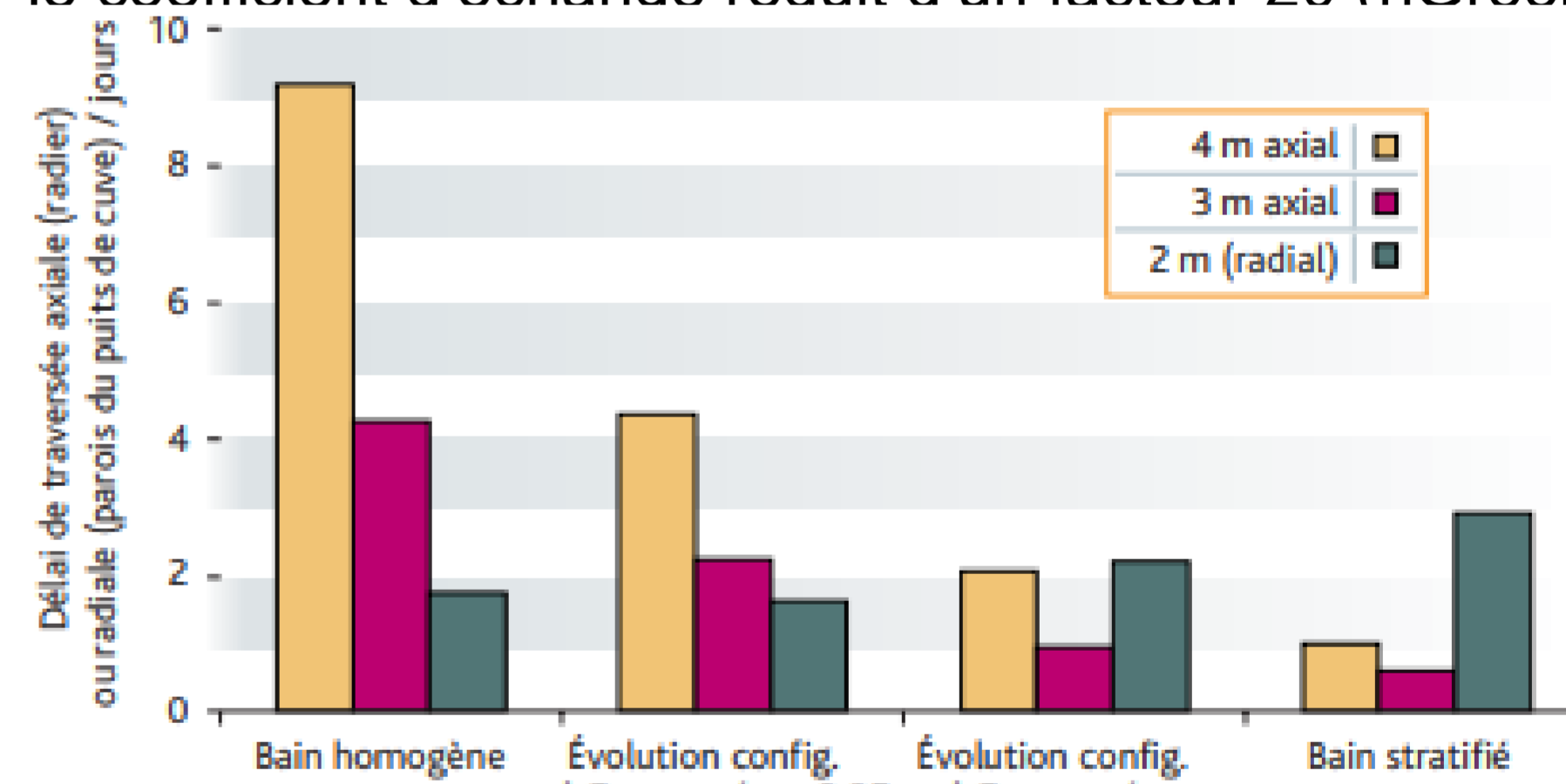


Fig 7 : délai de traversée du radier et du puit de cuve en fonction de la configuration du bain (IRSN)

Ces résultats laissent entendre qu'un déversement partiel du corium hors du puit de cuve peut arriver avant la percée du radier, et que l'érosion du radier sera moins importante si le corium érode de manière plus importante le puit de cuve car il manquera du corium pour éroder le radier. Enfin, on remarque que plus le radier est épais, plus la percée est longue.

V – Conclusion

Les résultats des expériences mettent dans un premier temps en évidence l'importance de l'épaisseur du radier et l'importance du puit de cuve. Mais ils soulignent aussi quelques limites à ces études comme la nature et les propriétés des interfaces du bain de corium, pour un bain homogène, la répartition des flux de chaleur par convection, puis pour un bain stratifié, les transferts de chaleur et de masse entre les couches et enfin, l'évolution de la configuration du bain. A noter aussi que l'utilisation des logiciels repose dès le début sur des hypothèses de situations, mais il n'est pas possible de faire mieux au vu de la complexité de l'installation, on ne peut pas attendre un autre accident pour vérifier la sécurité.

Cependant, dans une centrale française, à Fessenheim, le radier du réacteur 1 a dû être renforcé sous prescription de l'ASN. De manière plus concrète, il y a eu épaississement du radier par un matériau plus résistant au corium et une relocalisation hors puit de cuve du corium par un carottage du puit prolongé par un canal de transfert (« core-catcher »).

Bibliographie

- Les accidents de fusion du cœur des réacteurs nucléaires de puissance, état de connaissances, Didier Jacquemin (IRSN), 2013
- L'amélioration de la sûreté du réacteur EPR, irsn.fr

-L'accident grave : la prise en compte du risque de percée du radier, irsn.fr
- Renforcement du radier FSH, réunion 22/02/2012, EDF