

Demande de soutien à GEDEPEON formulée par le CEA-Cadarache (DEN/CAD/DTN/STPA/LPC) pour l'année 2007.

CONTEXTE

Dans le cadre du forum international génération IV, un des concepts innovants concerne des réacteurs à neutrons rapides impliquant comme métal liquide, le sodium ou le plomb et ses alliages.

Bien que le plomb et ses alliages (Pb-Bi,...) ne constituent pas un caloporteur primaire de référence pour le CEA, ils peuvent être envisagés comme caloporteurs de circuits intermédiaires, notamment lorsque l'on envisage une conversion d'énergie par cycle de Rankine à l'eau vapeur.

Des efforts conséquents sont aussi engagés actuellement sur la résolution des problèmes liés à une simplification des systèmes, notamment des circuits intermédiaires, et au développement de nouveaux modes de conversion notamment celui fondé sur un cycle de Brayton utilisant du gaz carbonique à l'état supercritique.

Ce cycle de Brayton présente une efficacité thermodynamique satisfaisante (supérieure à 40%), permet une plus grande compacité des équipements et éviterait les conséquences d'une éventuelle interaction sodium-H₂O, potentiellement existante dans la mise en œuvre d'un cycle de Rankine classique.

Ce choix du cycle de Brayton suppose a priori que les interactions potentielles entre le sodium et le gaz carbonique à l'état supercritique seraient plus facilement maîtrisées que les interactions de type sodium-H₂O.

Une revue bibliographique effectuée récemment [1] montre que les interactions sodium-gaz carbonique restent fort peu étudiées. Des études anciennes mettent en évidence l'existence effective de réactions chimiques entre ces deux composés amenant à des chaleurs de réaction plus élevées que dans le cas de l'interaction sodium-eau mais présentant une cinétique nettement plus lente. Néanmoins, ces données restent très parcellaires.

Pour envisager le CO₂ comme fluide de conversion d'énergie, nous avons besoin de données consolidées sur les réactions Na/CO₂ : valeur réévaluée de l'enthalpie de réaction, notions précisées sur les cinétiques de réaction, nature des produits formés, mécanismes réactionnels.

Cela doit servir de base à :

- la réalisation d'une étude de scénarios possibles de mise en contact de Na et de CO₂ pour être en mesure d'apprécier les phénomènes potentiels dans un échangeur Na-CO₂, en tenant compte des débits de fuite envisageables,
- l'étude des moyens de détection d'une fuite de CO₂ dans le sodium,
- l'impact potentiel de la formation des produits de réaction sur la chimie et la thermohydraulique du réacteur,
- les techniques de purification du sodium en cas de fuite.

Des essais expérimentaux de calorimétrie réalisés courant 2006 ont mis en évidence l'apparition d'exothermies multiples fortement dépendantes de la température traduisant des réactions chimiques complexes avec formation de produits intermédiaires, eux-mêmes réagissant dans le milieu réactionnel (figure 1). L'exothermie observée ici à 550°C, présente une période d'induction en isotherme, ce qui peut faire penser à une autocombustion. Les produits de réaction attendus sont variés, les principaux étant Na₂C₂O₄, Na₂CO₃, CO.

La détermination précise des produits de réaction et l'analyse de la thermodynamique réactionnelle est déjà en cours et fait partie d'un travail de thèse lancé depuis octobre 2006.

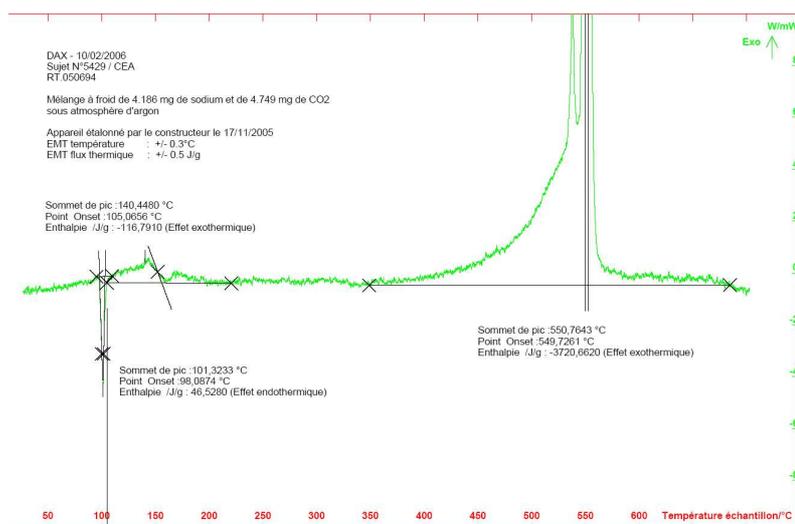


Figure 1 : Etude calorimétrique de l'interaction Na/CO₂ en fonction de la température (calorimètre DSC 111).

TRAVAIL PROPOSE

Un point essentiel de l'étude et sur lequel sera centrée la thèse réside dans la connaissance précise de la cinétique de réaction.

Celle-ci va en effet déterminer la possibilité d'avoir ou non un effet de Westage comme dans le cas de la réaction sodium-eau (propagation violente de la réaction d'un tube à l'autre de l'échangeur avec percement des tubes) .

Les cinétiques d'interaction doivent donc être estimées en conditions réalistes (Pression élevée, mélange intime, Na en excès,...).

Pour cela, il est nécessaire d'utiliser un appareillage spécifique, de type calorimétrie de réaction, comprenant un réacteur adapté au domaine de température d'intérêt (100-650 °C) et à l'utilisation du sodium liquide. Cet appareil doit être instrumenté pour suivre en ligne les évolutions de température et de pression. On cherchera à disposer d'un suivi en ligne des gaz formés.

Des appareillages de ce type sont disponibles dans le commerce mais, a priori, dédiés à un domaine de température beaucoup plus restreint. On s'orientera donc soit sur un système du commerce modifié et adapté à nos contraintes soit sur un système entièrement conçu au CEA.

Cet appareillage sera utilisé dans le cadre de la thèse et donc du système Na-CO₂, mais pourra être dédié, de façon plus générale, à tout système d'étude d'interaction sodium/caloporteur pour la stratégie de choix des fluides intermédiaires dans la conception des futurs RNRNa. Les impacts d'un tel choix sont en effet nombreux, en termes de rendement énergétique, d'effet westage, de sûreté, de contrôle qualité du fluide intermédiaire et du sodium.

PARTICIPANTS CEA

N. SIMON
DEN/CAD/DTN/STPA/LPC
CEA Cadarache
13108 Saint Paul lez Durance cedex
tel : 0442 25 71 93
fax : 04 42 25 72 87
Email : nicole.simon@cea.fr

L. GICQUEL (thèse)
DEN/CAD/DTN/STPA/LPC
CEA Cadarache

13108 Saint Paul lez Durance cedex
tel : 0442 25 73 39
fax : 04 42 25 72 87
Email : leila.gicquel@cea.fr

FINANCEMENT DEMANDE pour un MATERIEL SPECIFIQUE

Pour le CEA, nous sollicitons un financement de 100 000 euros qui sera utilisé pour la conception et l'utilisation de l'équipement suivant : outil d'étude des cinétiques de réaction adapté au cas d'un système (sodium liquide/fluide caloporteur).

REFERENCES

- [1] C. Latgé, G. Rodriguez, N. Simon
Supercritical CO₂ Brayton Cycle for SFR : Na-CO₂ interaction and consequences on design and operation
Global 2005, October 9-13, 2005, Tsukuba, Japan