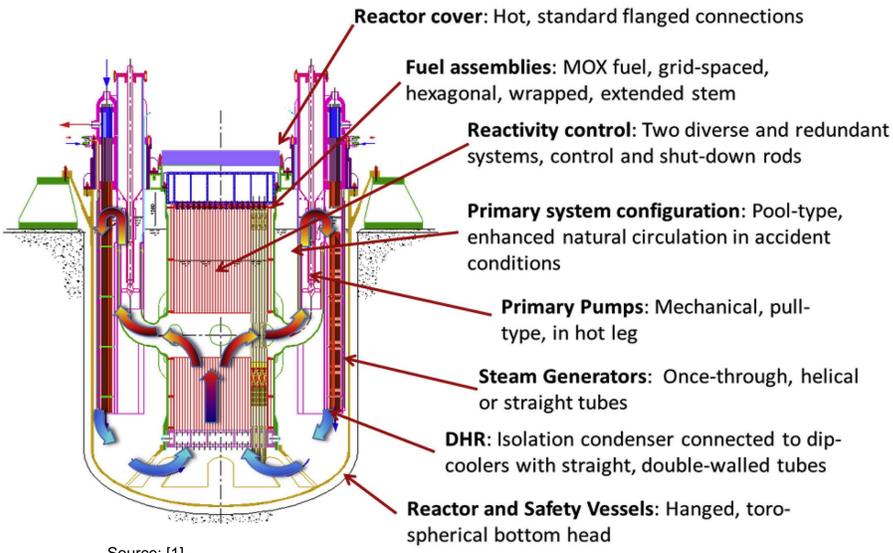


**Introduction**

Les Réacteurs à Neutrons Rapides refroidis au plomb (RNR-Pb) pourraient constituer les réacteurs de 4<sup>ème</sup> Génération. À l'inverse des neutrons thermiques, les neutrons rapides ne sont pas ralentis et permettent la fission de tous les noyaux lourds. Plusieurs liquides de refroidissement au plomb sont convoités dans ce type de réacteur dont le  $^{208}\text{Pb}$  qui est l'isotope du plomb le plus abondant (53%).

**En quoi l'utilisation du plomb 208 améliore-t-elle la performance d'un RNR-Pb ?**

**1.Principe de fonctionnement d'un RNR-Pb et Avantages**



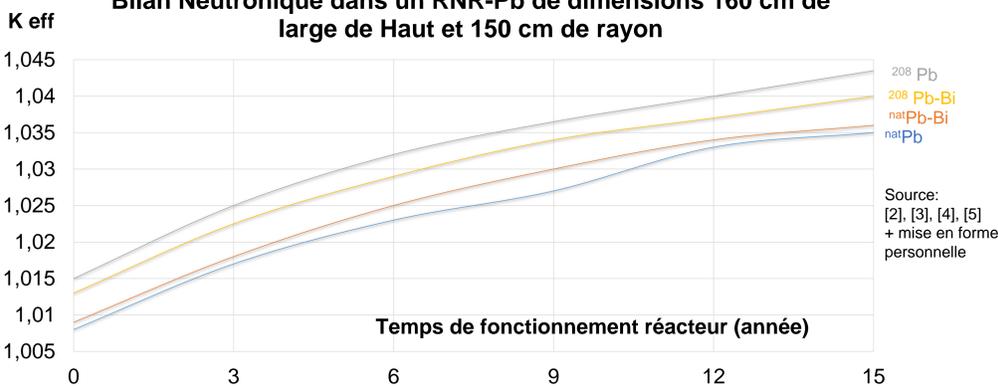
Le plomb dispose d'une **compatibilité chimique avec l'eau et l'air** et a une **température d'ébullition** très élevée d'environ **1737°C**. Cette caractéristique confère un avantage permettant de s'affranchir d'un circuit secondaire. Les générateurs de vapeurs sont disposés directement dans la cuve, lieu où se produit la réaction de fission.

- Conception simple donc construction rapide
- Aucun entreposage du combustible utilisé dans la piscine
- Usage du combustible en cycle fermé
- Rendement élevé car absence de circuit secondaire
- Gain économique donc électricité moins cher
- Meilleure maîtrise en matière de Sécurité/Situation accidentelle

**2. Comparaisons des performances des caloporteurs Plomb**

**A. Un Rendement plus efficace**

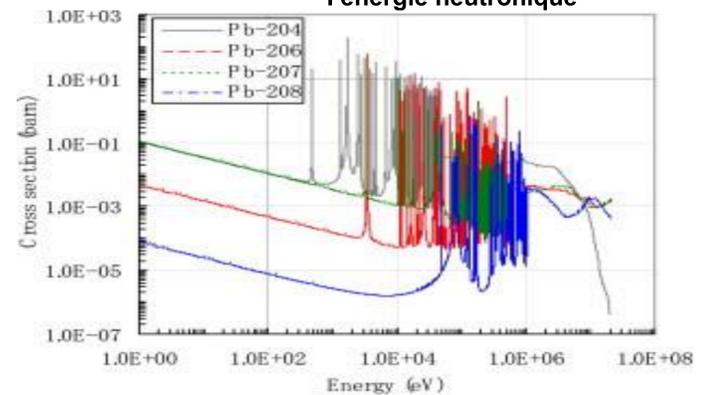
Bilan Neutronique dans un RNR-Pb de dimensions 160 cm de large de Haut et 150 cm de rayon



Le test du K-effectif (K-eff) a été relevé sur les 15 premières années du fonctionnement du réacteur. L'état du réacteur est sur-critique ( $k\text{-eff} > 1$ ). Le k-eff augmente durant cette période ainsi ces réacteurs peuvent fonctionner en continu avec cette réaction entretenue. Le graphique montre l'évolution du K-eff, le  $^{208}\text{Pb}$  a le bilan neutronique le plus élevé et optimise au mieux la performance du réacteur au cours de cette durée.

**B. Une section efficace plus faible**

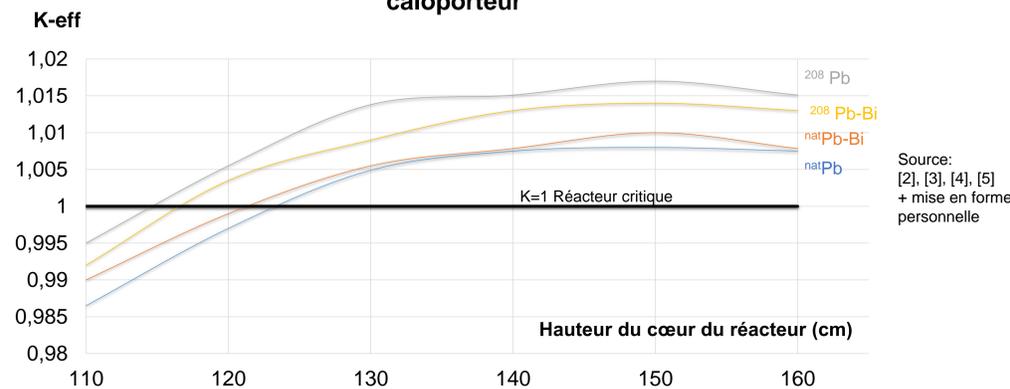
Section efficace de capture de neutrons des isotopes du Pb en fonction de l'énergie neutronique



Sur la figure comparant la section efficace des isotopes Pb, il est constaté que la **plus petite section efficace** est celle du  $^{208}\text{Pb}$  (car K-eff le plus élevé). Elle est **1000 fois inférieure** à celle des autres isotopes dans la partie basse d'énergie neutronique. Cette différence se retrouve encore dans la partie d'énergie supérieure et permet de réduire la taille du cœur réacteur.

**C. Une hauteur du cœur du réacteur moindre**

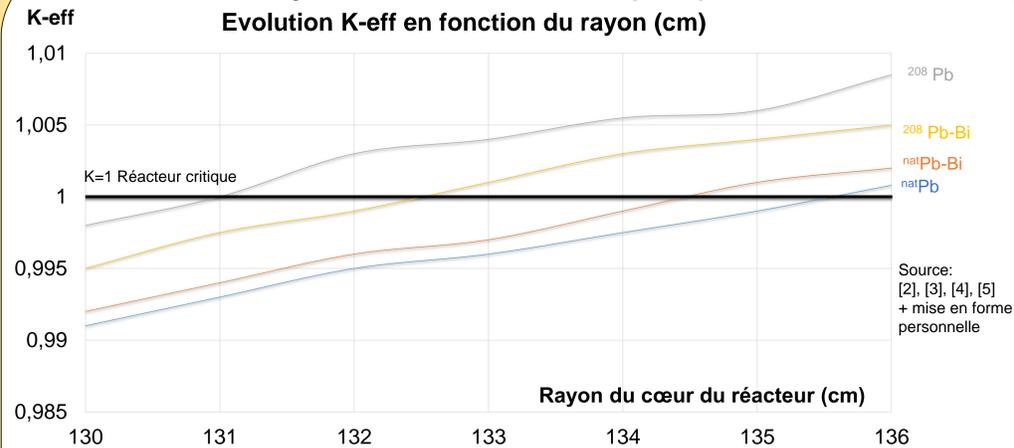
Evolution du K-eff en fonction de la hauteur du réacteur pour chaque caloporteur



L'évolution du K-eff en fonction des isotopes du plomb et de la hauteur du cœur du réacteur montre que la **meilleure performance** est atteinte à une **hauteur de 150 cm**. À cette hauteur, le k-eff du plomb  $^{208}\text{Pb}$  est **supérieur à celui de ses concurrents**. Il lui faut **114 cm** pour atteindre un  $k\text{-eff} > 1$ . Et, jusqu'à **124cm** pour le  $^{\text{nat}}\text{Pb}$ .

**D. Un rayon du cœur du réacteur plus petit**

Evolution K-eff en fonction du rayon (cm)



Dans le graphique il est démontré que pour atteindre un  $k\text{ eff} > 1$  il faut pour le  $^{208}\text{Pb}$  un rayon de **131 cm** et **132,5 cm** pour le  $^{208}\text{Pb-Bi}$ . Tandis que pour le  $^{\text{nat}}\text{Pb-Bi}$  et le  $^{\text{nat}}\text{Pb}$  des rayons du cœur de réacteur de **134,5cm** et plus de **135,5 cm** sont nécessaires. Une diminution des dimensions du cœur réacteur permet un **rendement au niveau du combustible initialement introduit**.

**Conclusion**

L'utilisation de  $^{208}\text{Pb}$  présente des **avantages certains et très prometteurs** pour les Réacteurs à Neutrons Rapides refroidis au Plomb. Et, ouvre de nouvelles **opportunités** dans l'amélioration des propriétés physiques-neutroniques des **réacteurs nucléaires de 4<sup>ème</sup> Génération**. Le réacteur russe **Brest-300** utilisant uniquement du  $^{\text{nat}}\text{Pb}$  comme caloporteur devrait être **mis en service en 2021**. En parallèle d'autres études sont menées sur l'amélioration des matériaux de structure face à la corrosion qui est le principal verrou de cette filière.

**Bibliographie**

- [1] Lorusso, Pierdomenico, Serena Bassini, Alessandro Del Nevo, Ivan Di Piazza, Fabio Giannetti, Mariano Tarantino, et Marco Utili. « GEN-IV LFR Development: Status & Perspectives ». *Progress in Nuclear Energy* 105 (1 mai 2018): 318-31
- [2] Dmitrii Samokhin, Georgy Khorasanov, « Reactor with metallic fuel and lead-208 coolant ». *Procedia Computer Science* 169 (1 janvier 2020): 807-12
- [3] Zhang, Yan, Chenglong Wang, Zhike Lan, Shiyang Wei, Ronghua Chen, Wenxi Tian, et Guanghui Su. « Review of Thermal-Hydraulic Issues and Studies of Lead-Based Fast Reactors ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 120 (1 mars 2020)
- [4] Sekimoto, Hiroshi. « Introductions of 208Pb coolant to innovative fast reactors ». *Application of Stable Lead Isotope Pb-208 in Nuclear Power Engineering and its Acquisition Techniques*, 1 février 2013, 21-42.
- [5] Shmelev, A. N., G. G. Kulikov, V. A. Apse, E. G. Kulikov, et V. V. Artisyuk. « Radiogenic Lead with Dominant Content of 208Pb: New Coolant and Neutron Moderator for Innovative Nuclear Facilities » (8 décembre 2011)
- [6] Okawa, Tsuyoshi, et Hiroshi Sekimoto. « Design Study on Pb-208 Cooled CANDLE Burning Reactors toward Practical Application for Future Nuclear Energy Source ». *Progress in Nuclear Energy*, 53, n° 7 (1 septembre 2011):715-29

