Le déploiement du SMR type HTGR-TRISO et son impact géo-économique au sein du Cluster Industriel de Bazancourt-Pomacle

VILA GIL Gabriel

Master 2 – Risques Environnementaux et Sûreté Nucléaire

I – Introduction : L'Impasse Thermique de l'Industrie Lourde

1 Le mur de la chaleur

La production de chaleur industrielle (le vapeur de procédé) reste captive des combustibles fossiles, surtout du gaz naturel

2 Les HTR comme solution ?

Les HTR émergent non comme des producteurs d'électricité, mais comme des générateurs thermiques intégrés à l'industrie.

3 L'analyse de Bazancourt-Pomacle

C'est le cas du microréacteur HTR-TRISO sur le cluster de Bazancourt-Pomacle.

Comment les propriétés du combustible et du réacteur conditionnent la faisabilité de ce projet ?

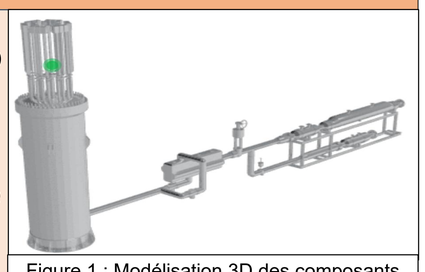

Figure 1 : Modélisation 3D des composants du HTGR de Jimmy (Guyot et al. 2025)

II - État de l'Art : Renaissance du HTR pour la chaleur

1 Historique du réacteur

Initialement conçus pour la production électrique ou la propulsion.

2 Innovation 2024 - 2025

On supprime la conversion électrique et on se focalise sur la production de chaleur pure.

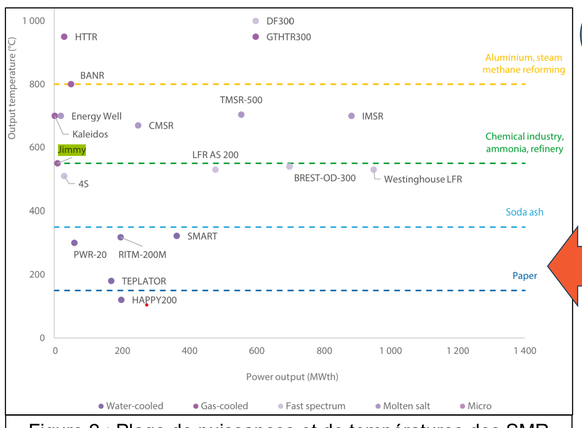

Figure 2 : Plage de puissances et de températures des SMR pour les applications thermiques. *(NEA-OECD 2023)*

3 Verrou Scientifique Levé

La qualification du combustible à l'international permet de valider des modèles de sûreté justifiant l'abandon des enceintes de confinement.

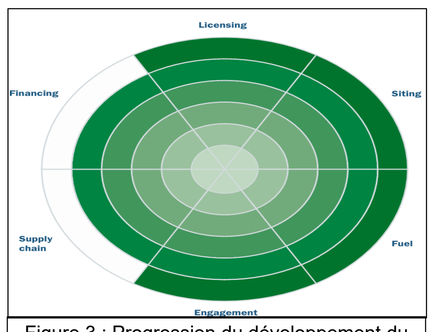

Figure 3 : Progression du développement du réacteur Japonais HTTR. *(NEA-OECD 2023)*

III - Analyse Technologique du type de réacteur

1 Sûreté du combustible TRISO

Noyau: Enrichi (HALEU) pour des cycles longs

Buffer: Carbone poreux qui absorbe le gaz de fission

SiC: Enceinte de confinement intègre jusqu'à 1600°C

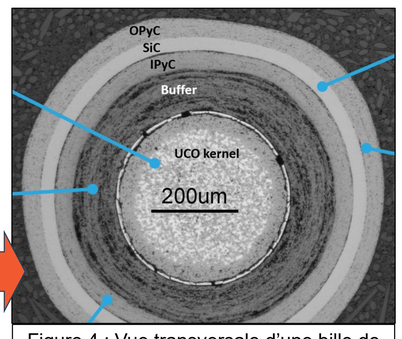

Figure 4 : Vue transversale d'une bille de combustible TRISO. (Sim et al. 2025)

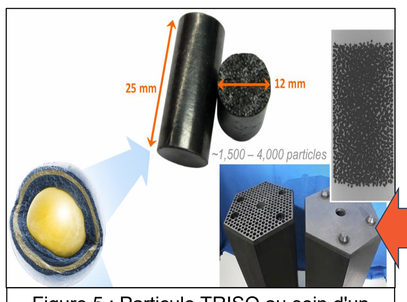

Figure 5 : Particule TRISO au sein d'un boulet et matrice graphite (Sim et al. 2025)

2 Sûreté du cœur

Neutronique: Coeff. T° fortement négatif. Si T° monte = réacteur s'étouffe

Thermique: Si arrêt du refroidissement : Chaleur évacuée par conduction et rayonnement

Résultat: T° combustible < 1600°C = Impossibilité de fusion du cœur

IV - Résultats : Impact géo-économique du Cluster

1 La fin de la ZPU Étendue

Pour un REP, la zone de planification du PPI est de 10 à 20 km.

Sur ce HTR, le confinement est assuré par le TRISO et non le bâtiment.

Le réacteur est connecté à l'usine sans contraintes d'évacuation lourdes = **Densification de l'espace** industriel

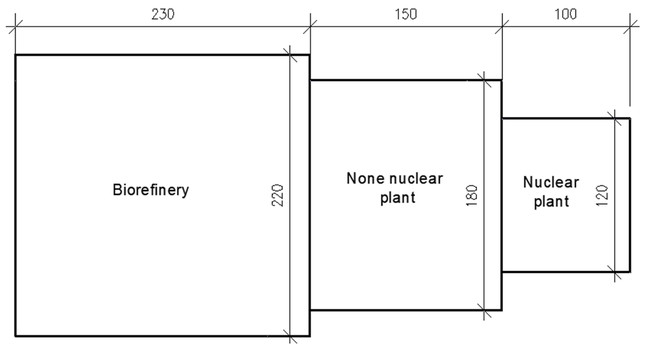

Figure 6 : Disposition d'une bioraffinerie intégrée avec une centrale MMR. *(Zasadni 2024)*

2 Symbiose Industrielle et Décarbonation

Réacteur comme **fournisseur de vapeur** pour les sécheurs de pulpe et les colonnes de distillation

Remplacement des brûleurs gaz = Economie en dizaines de milliers de tonnes de CO2 / an

La biomasse nécessite un flux tendu de camions. Le HTR, un rechargement tous les 3 à 5 ans.

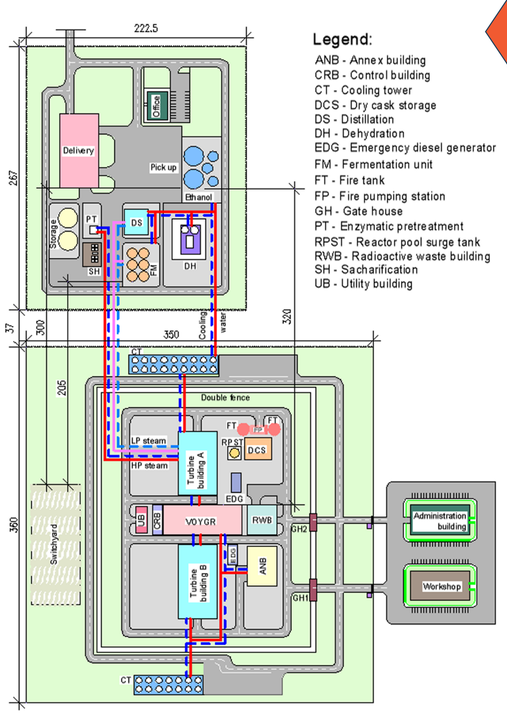

Figure 6 : Plan d'une centrale NuScale intégrée à une usine de bioéthanol *(Zasadni 2024)*

3 Modèle "Heat as a Service"

Déconsolidation du risque car Cristal Union n'achète pas le réacteur mais la vapeur, via un contrat de 20 ans à Jimmy Energy

Compétitivité territoriale car fixation des prix sur 20 ans, donc décorrélation des fluctuations du gaz et de la taxe carbone

V- Conclusion et perspectives

1 Instruction Réglementaire

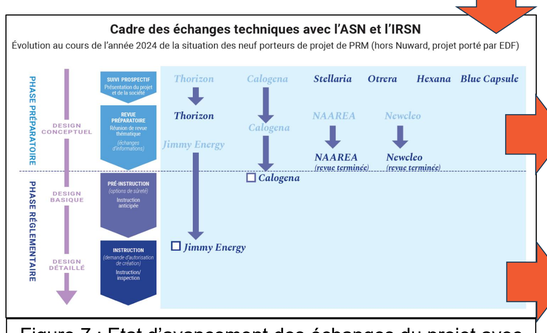

Figure 7 : Etat d'avancement des échanges du projet avec l'ASNR en 2024. *(Abadie et al. 2025)*

ASNR

La demande d'autorisation de création est en cours de élaboration

Dossier en étape d'instruction auprès de l'ANSR

2 Réplicabilité du projet

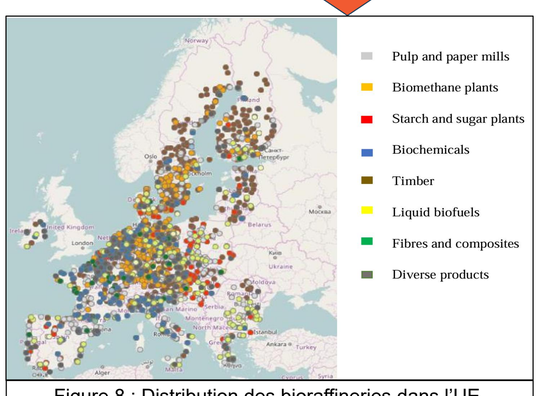

Figure 8 : Distribution des bioraffineries dans l'UE. *(Commission Européenne, 2020)*

Jimmy

Si le modèle réussit, donc duplicable sur d'autres clusters

Ouvrant un marché décarbonation industrielle européenne.

3 Fermeture du Cycle

Fermeture du Cycle par des réacteurs rapides ou à sels fondus comme Stellaria, Naarea...

Bouclage de l'économie circulaire du cluster industriel et du territoire

Figure 9 : Modelisation 3D du HTGR de Jimmy Energy (Guyot et al. 2025)

Bibliographie

- *Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2025). Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024. Montrouge.*
- *International Atomic Energy Agency (IAEA) (2025). Coated Particle Fuels for High Temperature Gas Cooled Small Modular Reactors: Progress in Design, Manufacturing, Experimentation, Modelling and Analysis Technologies. IAEA TECDOC No. 2090. Vienne.*
- *Jimmy Energy (s.d.). Le Générateur.*
- *Nuclear Energy Agency (NEA) (2023). The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Volume II. OECD Publishing, Paris.U.S.*
- *Nuclear Regulatory Commission (NRC) (2020). Safety Evaluation of Electric Power Research Institute Topical Report "Uranium Oxycarbide (UCO) Tristructural Isotropic (TRISO) Coated Particle Fuel Performance" (ML20216A453). Washington, D.C.*
- *X-energy (2024). Mechanistic Source Term Approach, Revision 2 (ML24131A149).*
- *Zasadni, Katarzyna (2024). Integration of biorefineries with small modular reactors (SMR) and micro-reactors: techno-economical analysis. Mémoire de Master, LUT University.*