

Centre de Géologie

TERRAE GENESIS

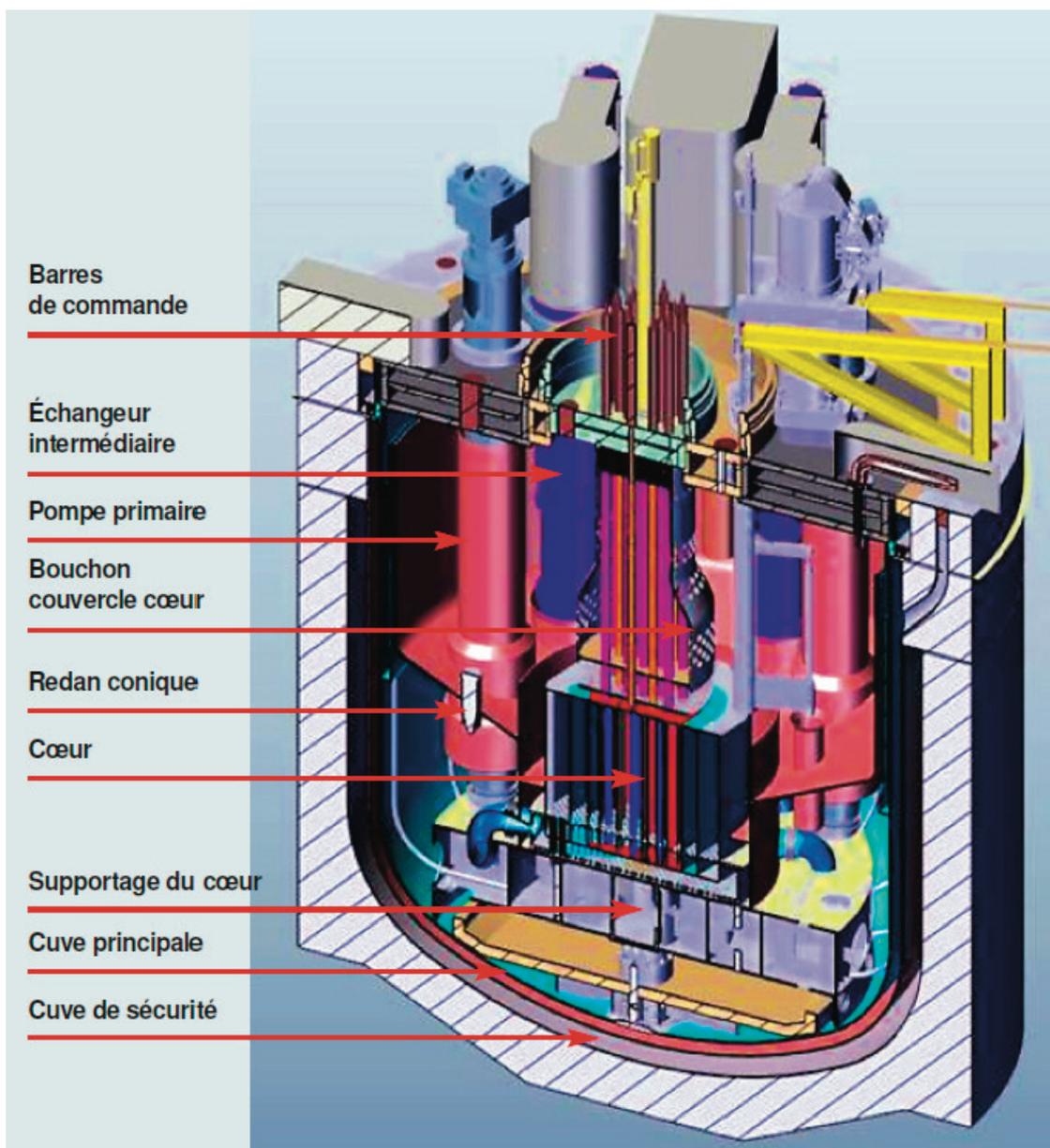


Schéma de principe d'Astrid, réacteur de 4^e génération (CEA, 2010).



terra genesis.org

Centre de Géologie TERRAE GENESIS
28 rue de la Gare - Peccavillers
88120 Le Syndicat
03 29 26 58 10 - lemusee@terra genesis.org

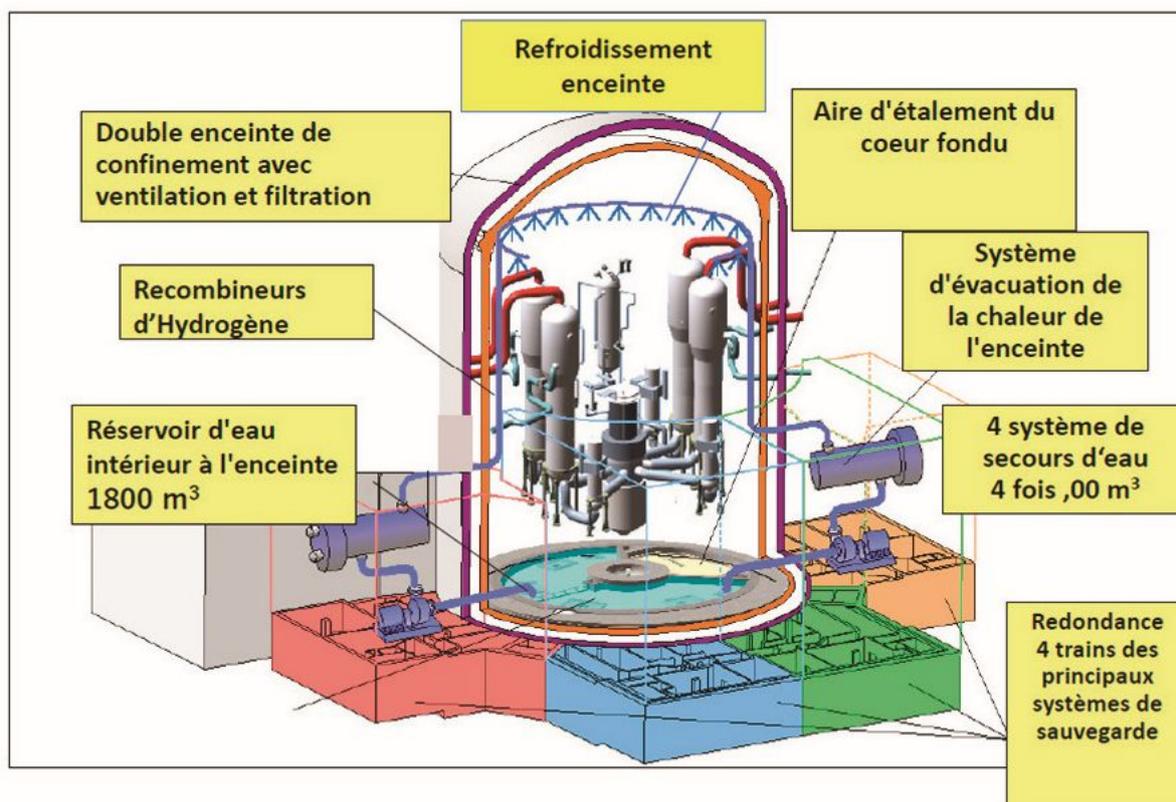
TerraCom n° 55



Octobre 2023

M. Gérard Bonhomme est professeur émérite de la physique des plasmas à l'Université de Lorraine. Très engagé dans la réflexion sur les thèmes liés à l'énergie, notamment en tant que président de la commission énergie et environnement de la Société française de physique, il est intervenu devant une salle pleine comme premier conférencier de notre 14^e saison des conférences du Centre de Géologie.

Son introduction note l'utilisation des énergies fossiles dans l'énergie primaire mondiale à hauteur de 80 %, dans le cas de l'Europe 60 %, pour les besoins du chauffage et des transports, la consommation des ménages ne représentant qu'un tiers du total. Dans les années et décennies qui s'annoncent, la décarbonation s'imposera pour essayer de répondre le moins douloureusement possible à continuer de produire les 15 000 TWh (un térawattheure correspond à mille milliards de wattheures) nécessaires à l'Europe, tout en gérant l'intermittence des EnR (énergies renouvelables). En effet l'équilibre des réseaux électriques est la base de la sécurité en alimentation, une puissance pilotable doit être gardée, même en l'absence de vent ou de soleil.



Principaux systèmes de sauvegarde de l'EPR (réacteurs de 3^e génération).

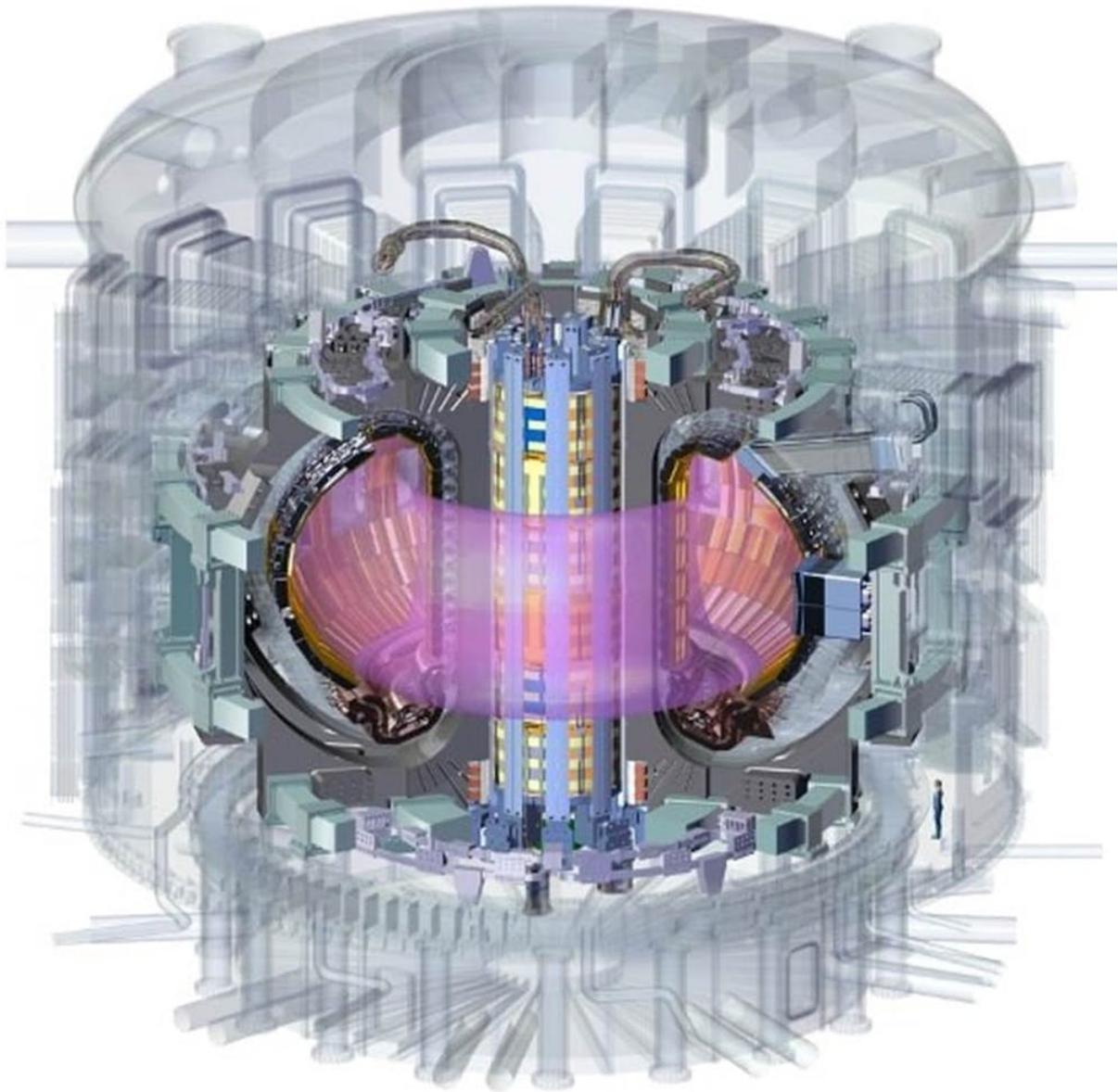
Les actuelles centrales thermiques à charbon, fioul ou gaz ne sont ni décarbonées ni durables. Mais l'actuel parc nucléaire, s'il est presque entièrement décarboné, pose un problème de durabilité ... Expliquons ce point. Dans les réactions thermonucléaires de fission, seul l'isotope 235 de l'atome d'uranium est fissile : un neutron peut le casser et libérer la formidable quantité d'énergie exploitée par nos centrales nucléaires. Mais cet isotope 235 ne représente que 0,7 % de tout l'uranium disponible sur Terre, les 99,3 % restant étant de l'uranium 238. Ce dernier

n'est pas fissile, mais fertile : il n'est fissile qu'avec des neutrons très énergétiques (ou « rapides »). Ainsi, même si une centrale nucléaire française à eau pressurisée (**REP**) ne consomme « que » 6 500 tonnes d'uranium en 40 ans de fonctionnement (contre 104 millions de tonnes de fioul par an pour une centrale thermique), cette ressource en uranium 235 est forcément plus limitée que le 238. Il est donc urgent de se reporter sur des centrales nucléaires de 4^e génération qui seront capables de consommer une ressource beaucoup plus abondante, donnant des milliers d'années de visibilité, comme les isotopes fertiles d'uranium 238, de thorium 232 ou encore de plutonium 240. Mieux, les 350 000 tonnes de combustibles appauvris en uranium 235 de nos centrales actuelles pourront être réutilisées.

Une série de pistes font l'objet de recherches passées et actuelles. Comme les réacteurs à neutrons rapides (**RNR**) qui valorisent l'uranium et le plutonium, assurent des milliers d'années d'autonomie énergétique, gèrent les déchets voire peuvent utiliser les stocks excédentaires du plutonium militaire, mais représentent encore une technologie compliquée. Il existe aujourd'hui dans le monde 15 RNR expérimentaux et 12 démonstrateurs de 10 à 1 200 MW, le premier RNR commercial est en fonctionnement dans l'Idaho (EBR-II d'une puissance de 20 MW), deux RNR sont en exploitation en Russie (BN-600 et BN-800), et en France nous pensons bien entendu à Rapsodie, Phénix (250 MW), Superphénix (1 240 MW) et Astrid (600 MW). Des projets sont bien engagés en Chine, en Inde et en Europe (ESFR-SMART de 1 500 MW). L'autre possibilité sont les réacteurs à combustibles liquides (**RSF**) qui peuvent fonctionner avec des sels de thorium, des mélanges de sels d'uranium, de plutonium et même d'actinides mineurs (des sous-produits de nos centrales en fonction). Citons le projet associant la startup STELLARIA et le CEA pour développer en France à l'horizon 2030 un RSF compact de 250 MW produisant de la chaleur et de l'électricité. Enfin, dans un autre domaine des réactions thermonucléaires, il faut parler du formidable site de Cadarache (Bouches-du-Rhône), où le réacteur **ITER** prépare l'avenir de la fusion par confinement magnétique. De nombreux défis scientifiques et technologiques sont encore à surmonter : le chauffage du plasma, le contrôle du plasma, la gestion du combustible, les matériaux nécessaires à la fabrication du réacteur, la récupération de l'énergie en provenance des neutrons...

Atteindre une neutralité carbone impose une réduction drastique de notre consommation de combustibles fossiles, alors que les sources renouvelables seules ne suffiront pas à nos besoins et aux besoins des autres populations de la planète. Le recours à l'énergie nucléaire s'avère absolument indispensable, particulièrement par le développement des réacteurs de 4^e génération. Mais pour cela il faudra une véritable prise de conscience des populations et de leurs politiques pour embrasser ce défi du 21^e siècle.

Cyrille Delangle, conservateur du Centre de Géologie Terrae Genesis.



ITER à Cadarache : le plasma dans sa cavité torique

Ce démonstrateur cherche à produire 5 à 10 fois plus d'énergie que celle utilisée pour chauffer le plasma et pour le confiner pendant quelques minutes. Si tel est le cas, on pourra passer à des prototypes industriels d'ici à 2050 ou 2060. Bien que le principe des tokamaks existe depuis la fin des années 50, la construction d'ITER n'a commencé qu'à la fin des années 2000. En effet, cette technologie est très compliquée et on a construit, au fur et à mesure des années, des tokamaks de plus en plus complexes et de plus en plus grands jusqu'à ITER qui devrait être le premier à produire plus d'énergie que celle utilisée pour le faire fonctionner. Une des difficultés centrales pour faire réaliser la fusion nucléaire est la gestion des « instabilités » : le confinement du plasma à 100-150 millions de degrés par le champ magnétique aura forcément de petits défauts. Un enjeu central est donc de détecter et prédire ces instabilités afin de les contrôler ou de les éviter.

(The conversation France, 2023)