

Annexe 18

Le cas des réacteurs embarqués (propulsion navale)

Bertrand Barré

1. Spécificités

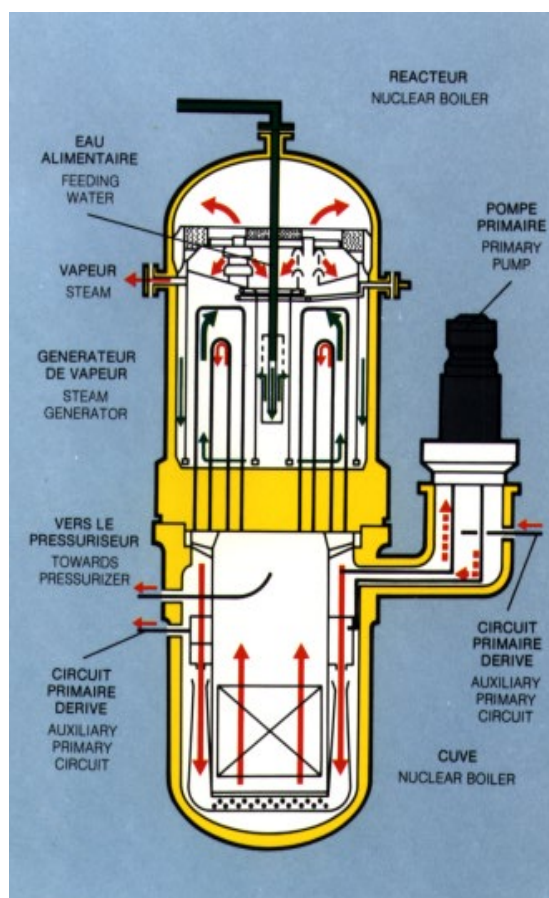
Les réacteurs nucléaires utilisés en France pour la propulsion des sous-marins comme du porte-avions sont des réacteurs électronucléaires à eau ordinaire sous pression REP d'une architecture particulièrement compacte imposée par les contraintes d'intégration dans les navires : contraintes d'encombrement et de masse.

Dans cette architecture, le générateur de vapeur unique est positionné directement au-dessus de la cuve et une ou deux pompes primaires, à rotor noyé, sont disposées en corne sur la cuve, ce qui en fait un réacteur sans boucle primaire, réduisant ainsi le risque de brèche primaire. Par ailleurs, la cuve ne comporte aucune traversée ou piquage au-dessous du niveau du haut du cœur, pour éviter le dénoyage rapide de celui-ci en cas d'accident. La position du générateur de vapeur au-dessus de la cuve favorise le fonctionnement en convection naturelle, c'est-à-dire sans mise en marche des pompes.

Pour éviter l'encombrement des effluents générés par la dilution progressive de l'acide borique, l'eau du circuit primaire n'en contient pas en marche normale : tout le contrôle est assuré par des croix analogues à celles des REB, mais insérées dans le cœur de haut en bas. Les accidents de réactivité dus à une dilution intempestive sont donc exclus.

Les assemblages combustibles ne sont pas constitués de crayons, mais de faisceaux de plaques comportant des « caramels », plaquettes individuelles d'oxyde d'uranium enrichi. Ils ont une résistance mécanique importante pour résister aux chocs d'un grenadage sous-marin éventuel. Le combustible présente l'avantage d'être plus compartimenté que celui sous forme de crayons remplis de nombreuses pastilles : chaque « caramel » est enfermé dans une gaine individuelle. De plus, la minceur des plaques facilite leur refroidissement. La résistance hydraulique du cœur est suffisamment faible pour permettre le refroidissement en convection naturelle jusqu'à une fraction notable de la puissance nominale du cœur.

Les croix de contrôle et leurs mécanismes garantissent l'insertion même dans des conditions importantes d'inclinaison (roulis, assiette) – spécificité que ne connaissent pas les réacteurs à terre.



2. Sûreté des réacteurs embarqués

Il faut d'abord remarquer que ces réacteurs sont à bord de navires de guerre, dont les risques inhérents (risques de mer et risques de guerre) priment sur le risque nucléaire lui-même. Pour un sous-marin, notamment, assurer une capacité de propulsion est vital.

À l'instar des autres réacteurs électronucléaires civils, les fonctions de sûreté à garantir sont :

- la maîtrise de la réactivité ;
- l'évacuation de la puissance résiduelle ;
- le confinement des produits radioactifs.

La démarche de sûreté des réacteurs embarqués est également, dans ses grandes lignes, la même que celle des réacteurs électronucléaires : application du concept de défense en profondeur et du principe des barrières successives, ainsi que des mêmes normes de radioprotection.

Le contrôle de la réactivité du cœur en fonctionnement normal est assuré par des croix d'absorbant mobiles, analogues à celles des réacteurs à eau bouillantes (REB), mais insérées dans le cœur par le haut. Ces croix de contrôle et leur mécanisme de commande garantissent l'insertion, même dans des conditions sévères d'inclinaison (roulis, assiette) - contraintes que ne connaissent pas les réacteurs à terre.

Comme mentionné ci-dessus, le fluide primaire ne contient pas de bore comme sur les REP électronucléaires civils, évitant ainsi les risques dus aux accidents de dilution, tout en simplifiant la gestion des effluents et réduisant d'autant les circuits auxiliaires.

La source froide est constituée par la mer qui entoure le navire, via un certain nombre de circuits de réfrigération intermédiaires.

À l'arrêt, l'évacuation de la puissance résiduelle ne nécessite pas de pompe primaire. Toutefois, un refroidissement via le générateur de vapeur, puis le circuit de réfrigération à l'arrêt reste nécessaire pendant plusieurs jours (1 à 2 semaines suivant l'historique de fonctionnement).

À la mer, le navire fonctionne en autonomie électrique. En situation d'arrêt du réacteur, l'alimentation électrique est alors assurée par les batteries d'une autonomie de plusieurs heures et les diesels de secours (dont la mise en service nécessite le retour à (ou proche de) la surface pour les sous-marins).

La puissance et le profil d'emploi des réacteurs de propulsion navale permettent d'exclure le risque de percement de la cuve par le cœur fondu, dans l'hypothèse d'un accident grave.

Le confinement (troisième barrière) des réacteurs est assuré par une enceinte métallique qui doit être résistante à la pression qu'induirait une brèche vapeur à l'intérieur (pour les sous-marins, elle est en partie constituée par leur coque). L'étanchéité de cette enceinte, comme celle des deux autres barrières (gainage du combustible et circuit primaire) est surveillée en permanence.

En revanche, tout l'équipage vit 24 heures sur 24 à proximité immédiate du réacteur, avec peu de possibilité d'évacuation rapide. L'équipe de conduite peut ainsi être immédiatement

renforcée en cas d'incident. Les membres d'équipage des sous-marins sont considérés comme travailleurs du nucléaire (dose limite de 20 mSv/an), ce qui n'est pas le cas de la majorité de l'équipage du porte-avions (dose limite 1 mSv/an). Les objectifs de dosimétrie intégrés sont cependant inférieurs aux limites légales pour les futurs sous-marins.

Le DSND est l'autorité de sûreté dont relèvent les réacteurs embarqués ; son rôle est comparable à celui de l'ASN pour les INB. Il s'appuie aussi sur l'expertise de l'IRSN, et peut recueillir si besoin l'avis de groupes d'experts indépendants, notamment la Commission de sûreté des réacteurs CSR. À l'IRSN, l'instruction technique des dossiers de sûreté des réacteurs de propulsion navale est assurée par des équipes spécifiques, selon les mêmes principes d'organisation et de méthodologie que pour les réacteurs électronucléaires civils.