

DEVELOPPEMENT DES CONTENEURS DE TRANSPORT ET DE STOCKAGE POUR LES ELEMENTS COMBUSTIBLES ET LES BARRES D'ABSORPTION DU RNR SUPER-PHENIX

H. MICHOUX, J. HOEFNAGELS
Centrale nucléaire européenne
à neutrons rapides S.A. (NERSA),
Lyon, France

R. HÜGGENBERG, K. JANBERG
Gesellschaft für Nuklear-Service mbH,
Essen, République fédérale d'Allemagne

Abstract-Résumé

DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND STORAGE CONTAINERS FOR FUEL ELEMENTS AND ABSORBER RODS OF THE SUPER-PHENIX FAST REACTOR.

The Super-Phénix 1 fast reactor, with an output of 1200 MW(e), began commercial operation in 1985. Because adequate reprocessing capacity is still not available, the operator, the Nersa Company, decided to install a storage pond on the Creys-Malville site for the fuel elements, providing a buffer capacity for several years. However, these fuel elements will have to be removed from the site at some future date, and Nersa has accordingly decided to promote the development of appropriate transport containers which could at the same time, if required, serve as temporary on-site storage containers. To this end, Nersa in 1981 approached the GNS Company, which had already developed containers of this kind for light water reactor fuel elements in the Federal Republic of Germany.

DEVELOPPEMENT DES CONTENEURS DE TRANSPORT ET DE STOCKAGE POUR LES ELEMENTS COMBUSTIBLES ET LES BARRES D'ABSORPTION DU RNR SUPER-PHENIX.

Le réacteur Super-Phénix 1, un RNR de 1200 MWe, a commencé son opération industrielle en 1985. Etant donné qu'une capacité suffisante de retraitement n'est pas encore disponible, l'opérateur, la société Nersa, a décidé de prévoir sur le site de Creys-Malville une piscine de stockage pour les éléments combustibles (APEC) qui donnera une capacité tampon de plusieurs années. Néanmoins, ces éléments combustibles doivent être enlevés du site à une date qui conviendra, et la société Nersa a décidé de promouvoir à cette fin le développement de conteneurs de transport appropriés qui, en même temps, peuvent servir en tant que solution temporaire pour le stockage éventuel de ces éléments sur le site. Dans ce but, la société Nersa s'est adressée en 1981 à la société GNS qui avait déjà développé des conteneurs de ce genre pour les éléments combustibles des réacteurs à eau légère en République fédérale d'Allemagne.

1. INTRODUCTION

Le réacteur Super-Phénix 1, le surgénérateur le plus puissant du monde (avec sa puissance électrique de 1200 MW) et le premier prototype à l'échelle industrielle, a divergé pour la première fois en septembre 1985, après une période de construction de 9 ans. La centrale, qui se trouve à environ 60 km à l'est de Lyon, en France, a été couplée au réseau le 14 janvier 1986 et se trouve actuellement dans la phase d'essais de démarrage. Elle produit actuellement à peu près 50% de sa puissance nominale. La mise en service industrielle est prévue pour septembre 1986.

Etant donné qu'une capacité suffisante de retraitement n'est pas encore disponible, l'exploitant, la société Nersa – une société internationale qui regroupe différents producteurs d'électricité (France, Italie, République fédérale d'Allemagne, Belgique et Pays-Bas) – a décidé de réaliser un atelier de stockage d'attente des assemblages irradiés, l'APEC (*Atelier pour l'évacuation du combustible*) qui est schématisé sur la figure 1.

Cet atelier APEC est conçu pour stocker en eau les assemblages fissiles et fertiles provenant du réacteur, puis pour les évacuer vers une usine de retraitement

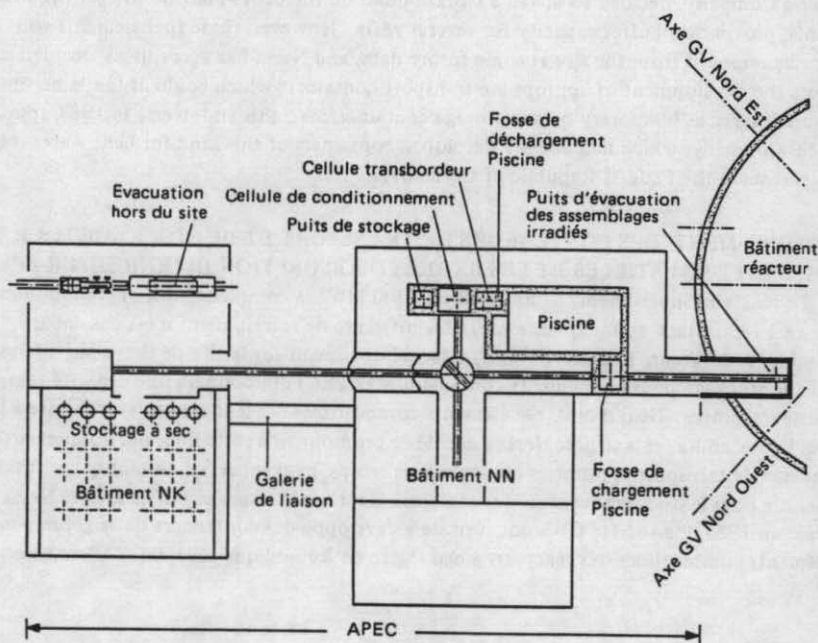


FIG. 1. Schéma de l'implantation de l'APEC sur le site de Creys-Malville.

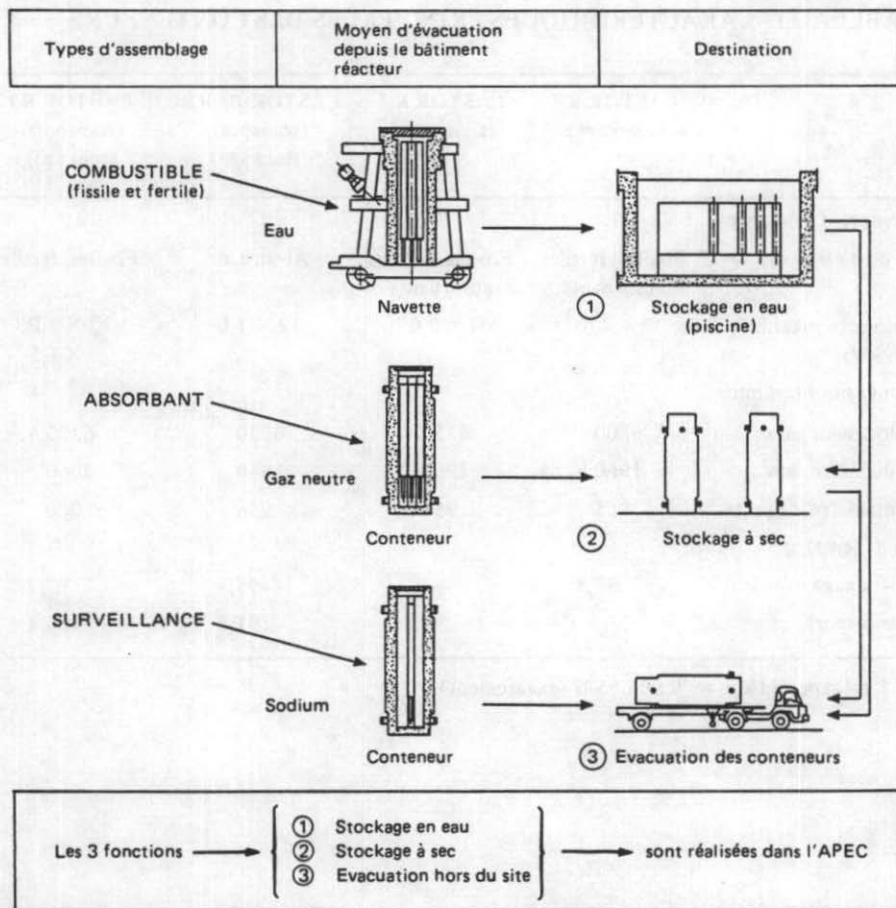


FIG. 2. APEC: principe d'évacuation des assemblages irradiés.

après un temps de décroissance d'au moins deux ans nécessaire pour diminuer la puissance résiduelle de 7,5 kW à 2 kW ou moins, ce qui représente une puissance suffisamment basse pour autoriser un transport sous gaz.

L'APEC est également conçu pour stocker et évacuer les assemblages absorbants et pour évacuer les assemblages de surveillance. Les principes de la politique de stockage et de transport sont donnés dans la figure 2.

Néanmoins, après stockage, les assemblages doivent être enlevés du site à une date qui conviendra, et la société Nersa a décidé de promouvoir à cette fin le développement de conteneurs de transport appropriés qui peuvent, en même temps, servir comme solution d'attente pour le stockage éventuel de ces assemblages sur le site. Dans ce but, la société Nersa s'est adressée en 1981 à la société GNS (République fédérale d'Allemagne) qui avait déjà développé des conteneurs de ce genre pour les assemblages combustibles des réacteurs à eau légère en RFA.

TABLEAU I. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES CONTENEURS

	CASTOR K7 (stockage)	CASTOR K7 (transport)	CASTOR BARRE (transport/ stockage)	CASTOR K12 (transport/ stockage)
Nombre d'éléments	7	7	12	12
Type d'éléments	Fissiles, fertiles, absorbants	Fissiles, fertiles, absorbants	Absorbants	Fissiles, fertiles
Puissance maximale (en kW)	7 × 7,5	7 × 2,0	12 × 1,0	12 × 1,03 9 × 1,5
Dimensions (en mm)				
– longueur max.	6500	6350	6230	6320
– diamètre max.	1960	1960	1840	2060
– diamètre du puits	965	951	956	1000
Poids (en Mp) ^a				
– stockage	97,8	–	95,7	97,7
– transport	–	93,8	101,5	104,6

^a 1 mégapond (Mp) = 9 806,65 N (exactement).

2. ETAT DU DEVELOPPEMENT

Trois conteneurs différents ont été envisagés par la société Nersa:

- le CASTOR K7, pour le stockage et le transport de 7 assemblages fissiles ou fertiles;
- le CASTOR BARRE, pour le stockage et le transport de 12 éléments absorbants;
- le CASTOR K12, pour le stockage et le transport de 12 assemblages combustibles ayant une décroissance de 5 ans et plus, ou de 12 assemblages fertiles.

Les assemblages fissiles contiennent 271 aiguilles, ont une longueur de 5400 mm et un poids de 603,3 kg. Les assemblages fertiles possèdent 91 aiguilles, ont la même longueur, le poids total étant de 742,3 kg. Enfin, les assemblages absorbants, d'une longueur de 5385 mm, ont un poids de 405 kg. Les caractéristiques principales de ces conteneurs sont indiquées dans le tableau I.

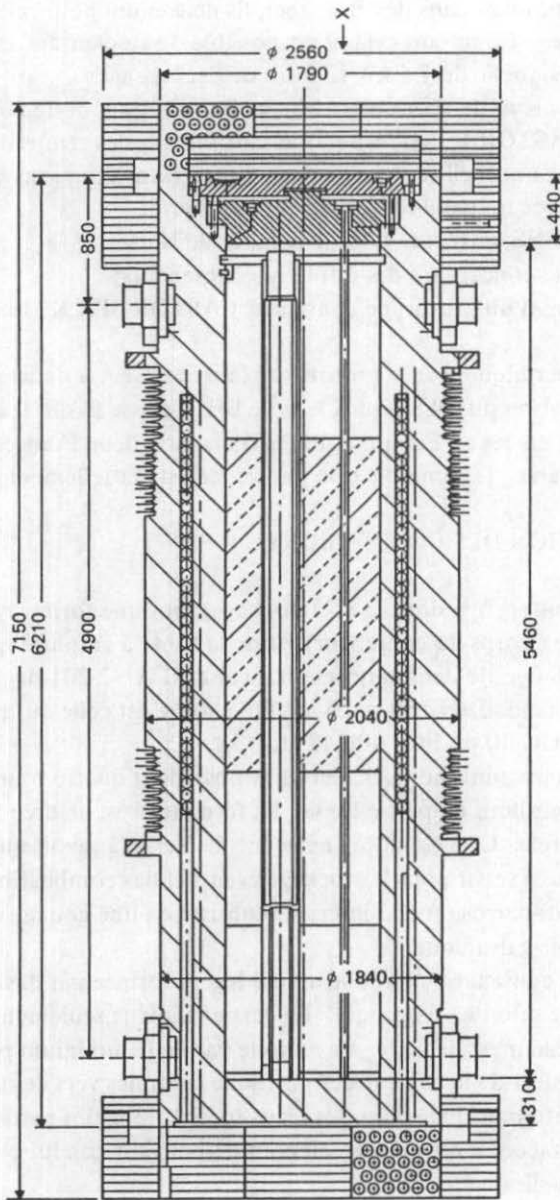


FIG. 3. Coupe schématique du conteneur CASTOR K12.

Le conteneur CASTOR K7 (stockage) est prévu pour le stockage temporaire des assemblages fissiles ou fertiles sur le site. Dans ce conteneur, les assemblages combustibles sont logés dans des étuis remplis de sodium pour mieux distribuer la chaleur dégagée. En faisant cela, il est possible de stocker des assemblages ayant une puissance résiduelle de 7,5 kW (3 mois de décroissance).

Il n'est pas prévu de transporter les assemblages dans cette configuration. Ainsi, pour le CASTOR K7 (transport), il faut prévoir des temps de décroissance plus importants pour faciliter le transport «à sec» (sans étui, sans sodium) dans des conteneurs avec un panier léger et sous gaz inerte.

La société GNS a exécuté pour le compte de Nersa:

- les études de conception des différents conteneurs;
- la réalisation d'un prototype conteneur CASTOR SPX K7 (stockage) avec les 7 étuis;
- les essais thermiques sur le prototype réalisé au CEA à Cadarache (France).

L'homologation du CASTOR K7, type B(U), classe fissile 1, a été obtenue en RFA et aussi, en cas de besoin, pour les transports de la France vers les pays partenaires de Nersa. L'homologation en France est actuellement en cours.

3. DESCRIPTION DES CONTENEURS

Les trois conteneurs, dont le K7 (stockage), ont une forme cylindrique. Le matériau de base (corps du conteneur) est de la fonte à graphite sphéroïdale, appelée fonte GS décrite dans la norme française NFA 32-201 de septembre 1976 et la norme allemande DIN 1693. La qualité choisie est celle qui correspond à la dénomination GGG-40 ou FGS 400-12 (fig. 3).

Les conteneurs sont munis d'ailettes et possèdent quatre tourillons en partie haute et deux tourillons en partie basse. La fermeture est assurée par un système de double couvercle. Ceci est dû à l'exigence de Nersa, à savoir que ces conteneurs puissent aussi servir pour le stockage éventuel des combustibles sur le site. La protection anti-corrosion de l'intérieur consiste en une couche de nickel appliquée par voie galvanique.

Les paniers consistent en une structure légère formée par des tubes en acier boré ou non boré selon les exigences. La partie médiane seulement, où le maximum de chaleur est dégagée, est remplie par de l'aluminium pour permettre un meilleur transfert de la chaleur des positions centrales vers l'extérieur. Le matériau modérateur est logé dans des trous forés le long des parois des conteneurs. De cette façon, il est protégé du contact pouvant conduire à des contaminations éventuelles.

4. RESULTATS D'ESSAIS

Les essais mécaniques ont été exécutés avec d'autres conteneurs du même type jusqu'à des poids d'environ 80 tonnes. Les décélérations maximales, résul-

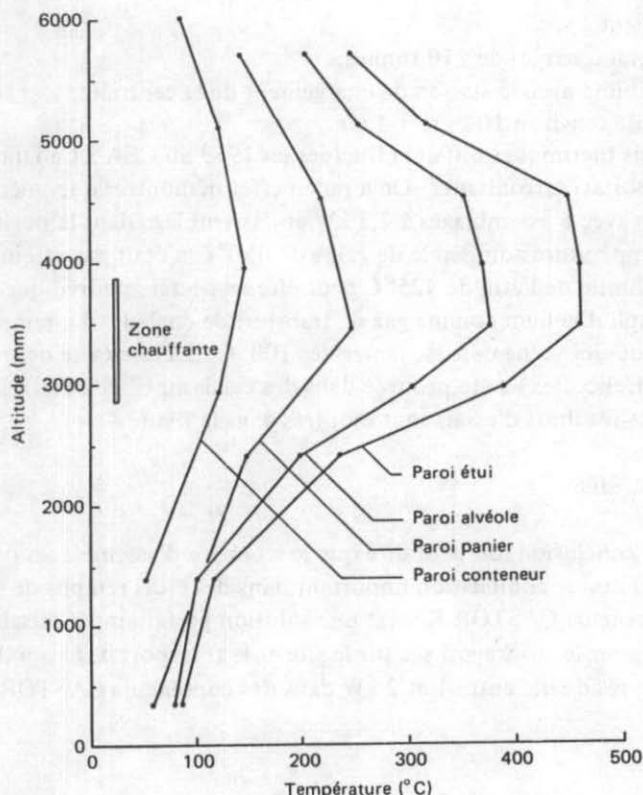


FIG. 4. Palier de puissance (puissance résiduelle de 7,5 kW) pour l'étui central d'un conteneur CASTOR K7 (stockage).

tats de ces essais, sont utilisées comme données d'entrée pour l'analyse de sûreté des conteneurs. Il faut mentionner ici que certains de ces essais — effectués pour l'homologation du conteneur CASTOR 1a — ont été faits sans l'utilisation des capots anti-choc ainsi qu'à -40°C . Malgré ces conditions extrêmement rigoureuses, le conteneur n'a montré aucune défaillance.

Des essais thermiques n'étaient nécessaires que pour le CASTOR K7 (stockage). Un prototype a été réalisé en 1982. La conception de ce conteneur était basée sur l'expérience avec le conteneur CASTOR 1a, homologué type B(U), classe fissile 1 depuis mai 1980, une attention particulière étant accordée aux joints en vue du stockage à long terme. Les conditions limites pour ce K7 (stockage) étaient les suivantes:

- capacité de 7 assemblages avec une puissance résiduelle de 7,5 kW chacun;
- température maximale gaine-aiguille de 650°C ;
- température maximale étui de 425°C ;

- chargement à sec;
- poids total (chargé) de 110 tonnes;
- compatibilité avec la station de chargement de la centrale;
- étanchéité (environ 10^{-7} torr·L/s).

Les essais thermiques ont été effectués en 1983 au CEA à Cadarache, et ont donné des résultats satisfaisants. On a pu en effet démontrer que, même dans la configuration avec 6 assemblages à 7,5 kW et l'assemblage dans la position centrale à 9 kW, la température admissible de gaine de 650°C n'était pas atteinte. Ainsi, la température limite de l'étui de 425°C peut être respectée, pourvu que le conteneur soit rempli d'hélium comme gaz de transfert de chaleur. La température dans la zone des joints ne dépasse jamais les 100°C. La longévité des joints métalliques (Helicoflex) a été prouvée dans des essais au CEN à Pierrelatte.

Quelques résultats d'essais sont montrés dans la figure 4.

5. CONCLUSION

Comme conclusion, on peut dire que le stockage d'assemblages de combustible avec un taux de combustion important dans des étuis remplis de sodium, dans des conteneurs CASTOR K7, est une solution parfaitement faisable. Cela est aussi vrai pour le stockage à sec sur le site et le transport des assemblages avec une puissance résiduelle entre 1 et 2 kW dans des conteneurs CASTOR.