

www.next-up.org

Avertissement :
Traduction électronique brute
en conséquence certains mots ou des phrases doivent être interprétés.

Original en anglais :
http://www.trtr.org/Ann_Mtg/session5.html

CERCA / TRIGA

Session V

Questions sur le combustible

[\[La session précédente\]](#)

[TRIGA internationale TRIGA Une nouvelle installation de fabrication de combustible à votre recherche](#) - Gérard Harbonnier, Jean-Claude Ottone, recherche

[Combustible mixte d'oxyde d'essais dans le réacteur d'essai avancée](#) - John M. Ryskamp, INEEL

[RERTR avancée des irradiations dans les carburants de l'ATR](#) - James L. Snelgrove, Argonne National Laboratory

[Combustible de réacteur de recherche de transport: du CNA International expérience et des capacités](#) - Dixon Parker, James Viebrock, Thomas Shelton, CNA internationale

[\[Prochaine session\]](#)

TRIGA internationale TRIGA Une nouvelle installation de fabrication de combustible à CERCA

Gérard Harbonnier, Jean-Claude Ottone, CERCA

1 - INTRODUCTION

Depuis le début de CERCA au début des années 60, l'entreprise a toujours été impliqués dans le développement et la fabrication de presque tous les types de combustible nucléaire, que ce soit pour les réacteurs de puissance ou pour les réacteurs de recherche. Parmi ces développements, nous pouvons noter que CERCA a travaillé et a été impliqué dans le développement industriel de graphite modéré de carburant, combustible REP, HTGR carburant, UAIX et U_3Si_2 combustibles pour les réacteurs de recherche.

En vertu de la diversité de réacteur le monde, le type TRIGA, qui a été conçu par General Atomics à San Diego (Californie, États-Unis), a connu une très spécial et important, principalement entre les universités. Au moment où General Atomics a exprimé son intention de cesser la fabrication du combustible sur son site de San Diego, CERCA a été choisi pour porter sur la fabrication de combustible TRIGA. Après des négociations en 1994 et 1995, une

participation de 50% - 50% partenariat a été décidé et, en Juillet 1995, une nouvelle société a été fondée, avec TRIGA le nom INTERNATIONAL SAS, siège social à Paris, bureau de vente à San Diego et installation de fabrication de combustible au CERCA à Romans (France).

Le but de cette présentation est, après un court rappel sur TRIGA carburant conception et la fabrication de décrire la nouvelle installation, avec un accent particulier sur les dispositifs de sécurité associés à la modification des bâtiments de fabrication.

2 - brève description des types de carburant TRIGA

Le combustible nucléaire utilisé dans les réacteurs TRIGA est basée sur une uranium / Zirconium alliage avec un enrichissement en U-235 de 19,75%, et une fraction massique de U dans l'alliage variant de 8,5 à 45%. En outre, l'U / Zr alliage est hydridé (un hydrure de zirconium est formé) pour être en mesure d'obtenir la modulation interne dans le carburant, qui donne aux réacteurs TRIGA leur comportement sécuritaire. Aussi l'erbium est finalement ajoutée en petites quantités, comme un poison combustible, destiné à faciliter le flux de neutrons tout au long de la vie du carburant.

Trois types d'éléments combustibles, avec un nominal de 1,5 "de diamètre, sont utilisées dans les réacteurs de faible puissance: " Standard ", " instrumenté ", et " Fuel barres de suiveur ». Standard et instrumenté éléments sont composés de 3 viandes de carburant et une graphite réflecteur à chaque extrémité de l'élément combustible. instrumenté éléments combustibles ont trois thermocouples mesurer la température à l'intérieur de la centrale de viande de l'élément, et à court de l'élément par l'intermédiaire de deux feedthroughs. suiveur les carburants barres sont composés de 3 viandes de carburant et de neutrons B4C absorption de tiges. Les éléments standard mai être utilisés individuellement, ou en les "grappes de combustible" dans le cas d'un examen à mi-parcours de convertir TRIGA réacteur. Dans le cas de réacteurs plus puissants (comme le réacteur roumain et le futur réacteur thaï), les éléments combustibles composé de carburant broches (1 / 2 "de diamètre) assemblés dans un cadre. Pour presque tous les éléments de la gaine ainsi que l'embout est en acier inoxydable.

3 - la fabrication du combustible TRIGA PROCESSUS

TRIGA de fabrication de combustible exige des compétences et des savoir-faire acquis par General Atomics au fil des années, et qui faisaient partie du transfert de technologie, et une formation spéciale de CERCA techniciens avant la clôture de San Diego atelier et pendant la phase de démarrage de la fabrication à CERCA l'atelier.

3,1. Brèves description sur la fabrication de combustible

L'uranium / zirconium est d'abord en alliage coulé dans un four à induction à haute température sous atmosphère contrôlée. Avant la coulée, toutes les composantes (uranium, le zirconium, l'erbium, des matériaux recyclables) ont été soigneusement pesés et contrôlés par le service qualité.

Après la fusion d'éléments dans un creuset en graphite, le bain est coulé dans un moule en graphite et autorisés à se refroidir à la température ambiante. Une deuxième fusion est ensuite directement dans le moule, afin d'améliorer l'homogénéité et la qualité structurelle de l'alliage. Après refroidissement, le casting est retiré de la moisissure, les lingots sont portées à la longueur et le diamètre sur une tour à produire le combustible des moutures, qui sont ensuite identifiés individuellement. Après usinage, copeaux sont lavés et nettoyés afin d'être utilisés comme matières recyclables, et des échantillons sont utilisés pour l'analyse chimique.

Les moutures sont ensuite hydridées, à cette fin, ils sont placés dans un four électrique chauffé à haute température sous une atmosphère d'hydrogène. Après l'achèvement de la hydridation, le carburant viandes sont soumis à un contrôle de qualité de hydridation.

Une dernière mouture dans un broyeur centerless apporte le carburant pour les moutures en diamètre final. Après le nettoyage, ils sont contrôlés pour les défauts de surface et les dimensions, puis approuvés par la qualité et stockés avant d'être assemblés.

Dans les moutures (boulettes) utilisées pour les éléments instrumentés, pour thermocouples trous sont forés et les boulettes sont usinées pour permettre l'acheminement de thermocouple menant à la partie supérieure de l'installation de l'élément.

3.2. Fabrication d'éléments combustibles

Les éléments combustibles sont assemblés en faisant glisser des viandes de carburant dans le revêtement. Les réflecteurs en graphite ou les thermocouples doivent être en place avant l'introduction de la viande dans l'élément. Dans le suivi de carburant barres, le B₄C et les barres de combustible viandes ont lieu à la bonne position par emboutissage et du matriçage de la gaine dans un spacer avec magneforming équipement. Les raccords sont soudés et un test d'étanchéité à l'hélium est effectué pour vérifier l'étanchéité des soudures. Enfin les éléments sont soumis à un contrôle de leur dimension et une contamination des surfaces de mesure est effectuée.

4- le nouveau atelier de recherche TRIGA de ROMANS

4.1. Installation de l'atelier de recherche

Le nouvel atelier TRIGA CERCA a été installé dans le même bâtiment que l'examen à mi-parcours de carburant atelier, dans une section qui était auparavant utilisée par d'autres inventions ne sont plus soutenus dans Romains.

Avant le début de la construction, cette partie de l'installation a été libérée de tous les autres équipements, qui devaient être mis au rebut, selon les règles de sécurité. Murs et sol ont dû être raclés et éliminés dans des conteneurs. Après l'autorisation par les autorités de sécurité, de la construction a commencé en août 1995, travaux publics a été complété par Janvier 1996. Du côté américain, l'emballage de tout le matériel a commencé à San Diego en Novembre 1995 et les conteneurs ont été livrés à Romains en Février 1996.

Après l'achèvement du bâtiment, toutes les machines ont été installées entre Mai et Juillet 1996, les premiers tests avec de l'uranium appauvri a commencé en Juillet. Enfin, le dernier l'autorisation de permettre le démarrage des travaux avec l'uranium enrichi a été accordée sur Octobre 31 1996, les travaux ont commencé peu de temps après.

Huit cellules ont été construites pour être utilisées comme TRIGA atelier. Ils sont séparés en deux zones respectivement sur le côté contaminés (où U est pas cladded) et le non-contaminés, où seuls les matériaux de structure ou cladded combustible sont traités.

4.2 dispositifs de sécurité

Bien qu'il ait été considéré comme une modification de l'installation existante, le nouvel atelier a été construit selon les dernières règles de sécurité applicables en France. La sûreté nucléaire a été le principal guide lors de la conception de l'installation. Toutes les cellules ont été construites avec des murs de béton et calculée pour résister à un maximum hypothétique tremblement de terre dans la région de Romains.

Un nouveau bâtiment de ventilation, utilisé pour la TRIGA et l'examen à mi-atelier a été construit, et toutes les cellules ont été équipées avec un soufflé et le système d'échappement. Ce système est par défaut l'utilisation de ventilateurs d'urgence. Protection contre l'incendie a été accordée par l'utilisation du feu en retarder les portes, les soupapes de sécurité à chaque apport de ventilation ou à prendre. Le système de détection d'incendie a également été étendu à TRIGA cellules. Le montant de matériel combustible dans chaque cellule a été déterminée et la ventilation et système de protection incendie a été conçu en conséquence.

Contamination en suspension dans l'air rejeté dans l'environnement pendant leur utilisation normale et en cas d'incendie ou autre accident nucléaire, a été minimisé par l'utilisation de deux étapes de filtration absolue dans le filtre de ventilation. Ces filtres et le système de ventilation sont conçus pour résister aux températures maximales attendues lors d'un incendie. Les risques d'explosion dans le four à induction, hydriding four et moulin à four brûlant des amandes ont été évaluées et les systèmes d'échappement ont été conçus pour résister à ces hypothétique explosion.

Le risque de criticité a été évalué, et un calcul complet de matières fissiles lui-même (U / Zr / H alliage), le stockage de configuration et les conditions de travail a été effectué. Un point très important pour ces calculs est la criticité que l'eau est présente tout au long du processus (refroidissement des fours par exemple), et sur les machines (tour et meuleuse). C'est très nouveau par rapport à l'examen à mi-parcours (carburant plaques) atelier, où presque pas d'eau est utilisée dans le processus. En outre, le matériau léger (hydrogène) présents dans l'alliage a de graves problèmes au cours de calculs de criticité, et a donné lieu à des procédures très restrictives pour le stockage et la quantité de produit admissible sur les différents postes de travail.

4.3. Rapport sur la sécurité

Pour commencer les travaux de construction, une lettre d'intention décrivant les principales options de sécurité, qui devaient être décrits plus en détail dans le rapport sur la sécurité, a été envoyé aux autorités qui en retour la liste toutes les règles à suivre lors de la construction du bâtiment. Un premier rapport sur la sécurité est nécessaire pour obtenir la licence d'exploitation. Il a été écrit entre Octobre et Décembre 1995, et a été officiellement transmis aux autorités de sûreté au début du mois de Janvier 1996. Ce rapport a été achevé au cours du premier semestre de 1996, avec le risque sismique et les calculs de criticité. En outre, à ces calculs, le rapport comprend toutes les évaluations sur la contamination, les risques d'incendie et de prévention. Toutes les procédures ont été inspectés par les autorités de sécurité français. Quatre inspections ont été réalisées au cours de construction des bâtiments et le démarrage de la fabrication.

Au jour d'aujourd'hui, le dernier rapport de sécurité est en cours d'achèvement, les résultats des observations faites par les inspecteurs de la sécurité au cours de toutes leurs visites, et CERCA expérience de la première inventions.

5 - TRIGA INTERNATIONAL

L'atelier est la propriété de TRIGA INTERNATIONAL, créé l'entreprise commune 50/50 de General Atomics et CERCA. Les contacts avec TRIGA clients sont conçus par une TRIGA Int. équipe commerciale y compris des experts de General Atomics et CERCA. CERCA a été nommé par TRIGA INTERNATIONAL faire fonctionner l'atelier. Plusieurs équipes de CERCA ingénieurs ont reçu une formation sur la General Atomics à San Diego site avant de fermer, pour en apprendre davantage sur le processus, le contrôle et les procédures de qualité, et de préparer l'emballage et le remontage de tous les équipements de fabrication en France. TRIGA inventions prendre avantage de CERCA longue expérience dans le traitement de toutes les consignes de sécurité et les procédures de qualité.

Sur le site de Romans, le département de sûreté nucléaire effectue toutes sortes d'inspections de routines et des inspections aléatoires dans l'atelier, et assiste le département de fabrication pour maintenir le plus haut niveau en actions liées à la sécurité. CERCA est qualifié ISO 9002. L'assurance de la qualité département est présent à toutes les étapes de fabrication, de commande client à la livraison. Des vérifications internes et externes sont effectués pour vérifier régulièrement tous les aspects du processus de fabrication. En outre, le service qualité est le lieu où tous les dossiers d'inspection et de contrôle sont rassemblés pour faire l'inspection finale de dossier remis au client avec les éléments combustibles.

Après la première livraison, réalisée avec de l'uranium appauvri, l'uranium première coulée a été faite en Novembre 1996. Les premières livraisons ont été apportées au réacteur McClellan et à la JAERI / NSRR réacteur au Japon. Dans un proche avenir, d'autres livraisons devraient être apportées au réacteur McClellan et de l'Indonésie Bandung réacteur.

General Atomics a été choisi par les autorités thaïlandaises d'être le leader du nouveau centre de recherche thaïlandais, la fabrication de 1 / 2 "carburant broches sera le principal objectif du nouvel atelier dans les prochaines années.

Combustible mixte d'oxyde d'essais dans le réacteur d'essai avancée

John M. Ryskamp, INEEL

Résumé

En 1997, l'Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL) ont reçu des fonds du ministère de l'Énergie à commencer un programme d'essais des matériaux avancée dans le réacteur d'essai (ATR). Dans ce programme pluriannuel, gélules de scellés d'oxydes mixtes (MOX) à partir de plutonium de qualité militaire et de l'uranium appauvri seront placés dans l'ATR pour l'irradiation. Ces tests détermineront les interactions de matériel de gallium avec zircalloy habillage, l'impact de l'utilisation de sèche-traitées plutonium, et l'effet de plutonium de qualité militaire isotopics sur les carburants.

Oak Ridge National Laboratory (ORNL) dirige la conception des capsules. Chaque capsule contient 3,7 grammes de plutonium et 1.26g de U-235. Environ 26 capsules devraient être testés dans les 3 prochaines années, pour un montant total de 96g Pu (3,4 onces) et 33g U-235 (1,2 onces). La moitié de ce montant est censé arriver à l'INEEL en Octobre 1997, après l'expédition de Los Alamos National Laboratory (LANL), où les capsules sont fabriqué.

Le MOX sera encapsulé dans zircalloy à LANL Avant l'envoi dans l'Idaho, de sorte à aucun moment le plutonium est prévu de migrer en dehors de la capsule. Comme une fonction de sécurité supplémentaire, l'INEEL mettra chaque capsule dans une capsule en acier inoxydable et il a coupé la soudure. Les capsules seront ensuite placés dans l'ATR réflecteur pour l'irradiation maximale de 3 ans. Après l'irradiation, les capsules scellées seront expédiés à ORNL pour l'irradiation post-examen.

Ces expériences scientifiques sur les petites quantités de Pu fournira des données utiles matériaux pour la finale de l'excédent de plutonium de qualité militaire. Ainsi, l'INEEL fournira un service utile en faveur du démantèlement de nos nations armes nucléaires en excédent.

James L. Snelgrove, Argonne National Laboratory

Résumé

La réduction d'enrichissement pour la recherche et les réacteurs d'essai (RERTR) programme a commencé à se développer dans de très haute densité de combustibles destinés à être utilisés avec l'uranium faiblement enrichi. Notre objectif est de parvenir à une densité d'uranium de 8 à 9 U g / cm³ de la viande de carburant d'une plaque de dispersion du combustible. Cet objectif semble réalisable de fabrication d'un point de vue en utilisant comme dispersants alliages d'uranium et de petites quantités d'autres métaux. Bien que l'uranium pur est un pauvre artiste notoirement sous irradiation, plusieurs alliages contenant du molybdène ou de zirconium et le niobium qui maintiennent l'uranium dans la phase métastable et l'uranium ont des densités > 15,5 g / cm³ ont fait preuve d'une bonne performance d'irradiation en vrac sous forme réacteur rapide.

Les principales questions qui doivent être abordés sont la réaction du carburant alliages avec la matrice, à la fois pendant la fabrication et l'irradiation, l'irradiation et comportement des alliages de carburant et de tout les produits de réaction.

Un essai d'irradiation d'écran candidat alliages de carburant a commencé dans le réacteur d'essai avancée (ATR) en août de cette année. En raison de limitations dans l'espace d'irradiation trous à proximité de la base, le carburant plaques sont très petites. Ils contiennent des elliptiques en forme de carburant avec les zones de dimensions nominales d'environ 50 mm x 9,5 mm x 0,42 mm, ce qui mécaniques analyses ont démontré qu'elles sont suffisamment grands pour se comportent comme ceux qui en ont beaucoup plus importante de carburant plaques. Depuis les premiers tests se concentrera sur l'obtention des informations de base sur des particules de carburant à matrice interactions de particules de carburant et un gonflement, nous avons choisi de limiter le chargement de combustible à 25 vol.%. Deux plates-formes de test ont été irradiés - une à ~ 40% de combustion de ²³⁵U et l'autre à ~ 80%. La première irradiation sera achevé sur Novembre 30, 1997, et le second autour de Juin 1, 1998.

Carburant plaques contenant trois classes d'alliages sont irradiés. Les alliages dans la première classe (10.3Mo-U, U-8.1Mo, U-7.6Nb-2.6Zr, où l'alliage ajouts sont en poids.%) Devraient rester dans la phase g (ou une phase étroitement liée à la phase g) au cours de la plaque de fabrication. Toutefois, ils ont également le plus bas d'uranium contenu. Les alliages de la deuxième classe (6.1Mo-U, U-5,2-Nb 3.4Zr) ont une densité plus élevée d'uranium, mais on s'attend à transformer partiellement pendant la fabrication. Les petits ajouts ternaires de platine et de ruthénium ont été trouvés à être de puissants stabilisateurs g de U-Mo alliages, pour deux candidats (U-6.5Mo-1.1Pt, U-6.4Mo-0.52Ru) sont mis à l'essai. Enfin, il a été constaté que l'ajout de petites quantités de silicium et l'étain pour former un précipité intermétalliques a un effet bénéfique sur l'enflure, si un tel alliage (U-9.5Mo-0.042Sn) est mis à l'essai. En outre, plusieurs échantillons contenant ₃Si U₂ provenant de la combustion sont irradiés à la normalisation de fournir les résultats précédents. Enfin, l'irradiation comportement des particules de combustible produit par un procédé mécanique des gravillons sera comparé à celui des particules de combustible produit par atomisation pour les U-10Mo et U₃Si₂.

Combustible de réacteur de recherche de transport: du CNA International expérience et des capacités

Dixon Parker, James Viebrock, Thomas Shelton, nac internationale

Résumé

CNA a de l'expérience internationale de transport d'une variété de combustible de réacteur de recherche types, à l'échelle internationale et nationale en poids juridique camion fûts. CNA possède et exploite 16 fûts de camion de trois modèles, le CNA-1, l'INT-1 / 2, et le CNA-LWT. Types de carburant transporté comprennent examen à mi-parcours, Mark 22, Mark 42, DRT et métalliques de carburant. CNA est en train de développer la capacité de transporter TRIGA type de carburant en utilisant les éléments du CNA-LWT. La majorité du carburant transporté a été transféré de son lieu de stockage à l'expédition fût en utilisant Sec Transfer Systems (DTS) a conçu, fabriqué et exploité par le CNA. Examen à mi-parcours et type TRIGA type de carburant est d'intérêt les plus élevés pour la plupart des participants TRTR.

CNA a expédié près de 1500 examen à mi-parcours des assemblages de combustible à la Savannah River Site Internet à la CNA fût-LWT. La licence actuelle de la capacité du CNA fût-LWT coupe est de 42 assemblées examen à mi-parcours, soit 28 un examen à mi-parcours coupe assemblées. La décomposition thermique maximale de chaque réunion est de 30 watts, avec un fût totale décomposition thermique de 1,26 kW. CNA a été expédiée examen à mi-parcours de carburant avec une évolution dans le temps minimum de 90 jours. CNA a présenté une demande d'autorisation du CNRC de livraison de carburant en examen à mi-parcours du CNA-LWT fût fondée sur une préférentiel de chargement des assemblages avec la dégradation chauffe jusqu'à 120 watts. CNA a reçu une lettre d'amendement du CNRC à l'examen à mi-parcours de carburant des navires de Brookhaven National Laboratory avec la dégradation de chauffe environ 100 watts.

CNA demander l'autorisation d'CNRC navire TRIGA carburant dans le réservoir du CNA-LWT fût à la mi Octobre, 1997. Le CNA-LWT transportera jusqu'à 140 TRIGA éléments, y compris le carburant suiveur éléments de contrôle. La décomposition thermique maximale par élément est de 7,5 watts, et l'évolution dans le temps minimum est de 90 jours. Le CNA-LWT sera capable de transporter pas TRIGA en carburant spécialement conçus pas de carburant boîtes de conserve.

La cavité intérieure du CNA camion est fûts 13 3 / 8 po de diamètre et d'environ 15 pieds de long. Le fût était à l'origine conçue pour le transport de combustible REO. Sectorielle de carburant paniers sont utilisés pour le transport examen à mi-parcours et TRIGA carburant. Les paniers, généralement de 30 "à 46" de longueur, peut être transféré à l'aide de fûts examen à mi-parcours du CNA à Sec Transfer System (DTS examen à mi-parcours). L'examen à mi-parcours DTS permet l'accès aux installations à faible capacité de grue ou un accès limité des autorisations. L'examen à mi-parcours DTS pèse moins de 8 tonnes chargé, toutefois intermédiaire bouclier assemblées ont été utilisés pour le transport de carburant installations avec grue capacités de moins de une tonne.