

Demande de soutien GEDEPEON pour l'année 2007

26/10/2006

Groupes demandeurs : « Physique des Réacteurs » LPSC, « Aval du cycle » LPC Caen

Nom de l'activité : GUINEVERE (Physique des réacteurs expérimentale)

Contact : A.Billebaud, LPSC (billebaud@lpsc.in2p3.fr)

Collaborateurs principaux sur cette activité : SCK•CEN (Mol, Belgique), CEA Cadarache (CEA/DEN/SPE_x/LPE)

Description du projet

Préparation de l'installation expérimentale GUINEVERE et du programme associé

Contexte

Un accord de collaboration a récemment été signé entre l'IN2P3 et le SCK-CEN (MOL, B) sur le projet de démonstrateur hybride MYRRHA. En dehors des aspects technologiques liés à l'accélérateur et à la cible de spallation, d'autres thèmes de collaboration ont émergé d'une réunion entre le SCK-CEN et les physiciens déjà engagés sur l'aval du cycle en mars 2005. En particulier l'instrumentation du futur réacteur et les techniques de monitoring en continu du niveau de réactivité sont apparus comme des points majeurs à investiguer. Ayant déjà eu une fructueuse expérience de collaboration avec l'équipe belge lors du programme MUSE, l'équipe du LPSC ainsi que l'équipe du LPC Caen souhaitent continuer de s'investir sur le plan expérimental sur ces derniers points.

Par ailleurs les travaux concernant la faisabilité et la conception d'un prototype d'ADS sont regroupés dans un projet intégré baptisé EUROTRANS dans le 6^{ème} PCRD européen divisé en plusieurs Domaines. Le support expérimental à ces recherches, tant sur le concept que sur ses performances, fait l'objet du Domaine 2 ECATS (Experiments on the Coupling of an Accelerator, a spallation Target and a Sub-critical blanket). L'essentiel des objectifs de ce domaine devaient être couverts par le programme TRADE-PLUS consistant en le couplage d'un réacteur TRIGA (ENEA, Casaccia, Italie) à un cyclotron et une cible de spallation, mais abandonné début 2005 par l'ENEA. Trois programmes ont été étudiés pour en assurer la succession depuis : RACE aux Etats-Unis (Texas et Idaho), SAD à Dubna en Russie, et un programme auprès d'une installation biélorusse YALINA. Les phases les plus coûteuses de RACE et SAD (fonctionnement en « puissance » des installations) ont récemment été abandonnées également faute de financement des organismes impliqués localement (hors CEE). D'autre part le programme auprès de YALINA que nous envisagions sérieusement l'année dernière ne pourra finalement pas se réaliser avec un massif sous-critique ayant les caractéristiques d'un ADS rapide, ce que nous-mêmes et l'équipe belge avons jugé comme rédhibitoire. Bien qu'un programme soit néanmoins maintenu sur place dans le cadre d'ECATS les difficultés techniques ainsi que les problèmes de communication nous semblent demander un investissement trop important en regard du peu d'apport sur le plan des résultats physiques. Ceci nous a amenés à proposer la réalisation d'une installation en adéquation avec ECATS et surtout représentative de la neutronique d'un ADS (hors fonctionnement de puissance). Ainsi le SCK•CEN a proposé de transformer son réacteur de recherche VENUS (situé à Mol et actuellement thermique) en réacteur rapide, et d'accueillir l'installation d'une source de neutrons du type du GENEPI utilisé lors du programme MUSE mais adapté lui aussi aux nouvelles conditions d'expérimentation. Ce projet, nommé GUINEVERE

(Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead VENus REactor), présente l'avantage d'être situé en Europe et par conséquent parfaitement contrôlable et accessible. De plus il est sur le site du projet de démonstrateur actuellement le plus sérieusement envisagé comme XT-ADS, ce qui permettrait localement l'acquisition d'une expérience précieuse. Ce projet est soumis pour approbation (et décision de financement) au conseil de décision de EUROTRANS fin octobre 2006 (décision attendue le 7 décembre 2006).

Description du projet

Le réacteur VENUS, installation critique de puissance nulle modérée à l'eau, sera modifié pour le projet GUINEVERE afin d'approcher au mieux le cœur d'un ADS rapide modéré au plomb. Ainsi l'eau sera entièrement évacuée et un nouveau cœur constitué d'un réseau d'aiguilles de combustible d'uranium métallique enrichi à 30% mélangées à des aiguilles de plomb solide sera chargé. D'un diamètre d'environ un mètre sur une hauteur de 60 cm il sera entouré par des réflecteur axiaux et radial en plomb de 40 cm d'épaisseur. Initialement critique, ce cœur sera rendu sous-critique par retrait d'éléments combustible à sa périphérie. Un nouveau système de pilotage et d'arrêt d'urgence (chute de barres de sûreté) sera mis en place. Le réacteur VENUS ainsi modifié sera couplé à une source de neutrons du même type que le GENEPI utilisé pour l'expérience MUSE-4 mais adaptée aux exigences du programme expérimental (GENEPI-3C). Ainsi au mode pulsé intense pourra s'ajouter un fonctionnement en mode continu (100 μ A – 1 mA) au cours duquel des interruptions rapides et récurrentes de faisceau (« beam trips ») pourront être pratiquées afin d'enregistrer régulièrement les spectres de décroissance temporelle de la population de neutrons. De ces spectres sera déduite la réactivité du système. Le couplage retenu pour cette installation est une insertion du faisceau par le haut du réacteur. Ceci nécessite la construction d'un étage supérieur au-dessus de la casemate réacteur. Les modifications du réacteur ainsi que celles du bâtiment seront réalisées par le SCK•CEN. La conception, la réalisation et l'installation de l'accélérateur seront pris en charge par le LPSC avec l'aide du LPC Caen. Le combustible sera prêté par le CEA de Cadarache.

Programme expérimental

Le programme expérimental envisagé est sensiblement le même que celui initialement prévu auprès de YALINA. Il est prévu de se dérouler à partir de 2009. Il porte essentiellement sur la qualification du monitoring de la réactivité ρ_{eff} et de la relation liant le courant de faisceau à la puissance du cœur. Aucune méthode ne permet d'accéder directement à la sous-criticité pendant le fonctionnement d'un réacteur sous-critique mais une combinaison de mesures réalisées par différentes techniques est envisagée. En particulier il est prévu d'exploiter la relation de proportionnalité qui existe entre la puissance dégagée par le réacteur P_{th} (qui est accessible par une simple mesure de flux) et le courant de particules envoyées sur la cible de spallation I :

$$-\rho_{eff} = \frac{\varphi^* E_f}{P_{th}} \times \frac{I}{e} N_{neutrons\ spa / proton} = C \times \frac{I}{P_{th}}$$

(où φ^* représente l'importance de la source, E_f l'énergie moyenne de fission, ν le nombre moyen de neutrons de fission, e la charge élémentaire et N le nombre moyen de neutrons de spallation produits par proton). Toutefois la stabilité de ce coefficient de proportionnalité doit être vérifiée et sa valeur absolue calibrée par une ou plusieurs autres méthodes. Ces aspects seront investigués dans GUINEVERE (source T(d,n)⁴He) qui, contrairement au programme MUSE, comportera une source GENEPI qui aura la possibilité de fonctionner en mode continu.

Dans un premier temps les configurations du massif sous-critique doivent être définies de façon à ce que la méthodologie étudiée pour la mesure de la sous-criticité soit transposable au cas d'un ADS réel le plus facilement possible. En particulier la zone « rapide » au centre du massif « booster » devra être optimisée. Il s'agit ici essentiellement d'un travail de simulation neutronique. Ensuite la relation courant-flux proprement dite devra être étudiée : s'agissant ici d'une source (d,T) la problématique est un peu différente de celle rencontrée avec une cible de spallation ; l'usure de la cible tritiée, l'efficacité du faisceau sur la cible sont des paramètres à prendre en compte ici et donc à monitorer. C'est pourquoi la mesure de la production de neutrons devra être réalisée soigneusement. Le LPSC et le LPC prendront en charge ce monitoring par plusieurs techniques, qui serviront à l'exploitation de toutes les données des mesures ultérieures. Un système d'acquisition adapté devra également être mis en place. La phase suivante sera l'application des techniques retenues pour mesurer la réactivité de façon absolue (tirées des conclusions du programme MUSE) lors d'un « trip » de faisceau (interruption brutale et courte du faisceau source en mode continu) : les techniques dites de « prompt decay » basées sur l'ajustement du taux de décroissance de la population de neutrons après un arrêt de faisceau, ainsi que celles de « prompt jump » basées sur l'exploitation des niveaux de comptage avant l'arrêt, juste après la décroissance prompt et pendant l'arrêt.

L'accord des différentes méthodes entre elles ainsi que la calibration des mesures « courant-flux » seront étudiés. Les caractéristiques de ces interruptions dédiées aux calibrations interim (durée, fréquence...) pourront être évaluées. Enfin, d'autres méthodes de mesures absolues seront appliquées afin d'avoir accès aux paramètres dynamiques du réacteur au cours des procédures de chargement et de démarrage.

Besoins pour l'année 2007.

Nous participerons à l'intégralité de ce programme lorsque l'installation sera opérationnelle. Dans l'intervalle (2007 et 2008), en parallèle au développement de la machine et aux calculs préparatoires de coeur, nous prendrons en charge la mise en place d'un monitoring absolu fiable des neutrons source comme cela était déjà envisagé pour les expériences à YALINA. La connaissance de cette information est cruciale pour le programme futur mais c'est une mesure peu aisée en raison de l'environnement neutronique dû au réacteur. Des travaux ont déjà été accomplis dans ce domaine au cours des années 2005 et 2006 par le LPC Caen (télescope moniteur de neutrons de 14 MeV, testé sur PEREN à Grenoble). Ils devront se poursuivre afin d'adapter le système à la nouvelle configuration de la machine in situ. La résistance de détecteurs silicium pour monitorer les particules α émises lors des réactions de production de neutrons (procédure utilisée sur le GENEPI de PEREN) ainsi que des solutions pour l'améliorer seront également investiguées, ainsi que l'utilisation d'autres détecteurs comme les diamants, plus robustes aux dommages neutroniques. La redondance de plusieurs systèmes est envisagée.

Par ailleurs les travaux sur le nouvel accélérateur GENEPI-3C ont débuté à l'automne 2006 par la construction d'un banc test pour la source d'ions de l'accélérateur (en cours). Il est destiné à investiguer les conditions de fonctionnement de la source duoplasmatron en mode continu et d'en caractériser les régimes de fonctionnement. La plupart des équipements de ce banc test ont été récupérés sur GENEPI-1 et dans le matériel utilisé lors de sa mise au point. Quelques éléments sont toutefois à rééquiper.

Notre demande de soutien pour 2007 concerne donc ces deux points :

- Monitoring source de neutrons : 10 k€

- adaptation détecteur de neutrons 14 MeV et réalisation d'une électronique dédiée

- détecteurs silicium et diamants pour investiguer leurs performances

- Equipement banc test source duoplasmatron : 20 k€

- croix mécanique double et brides pour mise en place analyse de faisceau sortie d'extraction de source
- coffret de jauge + jauges primaire et secondaire
- équipement tableau alimentation électrique
- ensemble de transmission fibre optique/analogique (émetteur/récepteur)
- alimentation Haute Tension 60 kV

Total de la demande pour 2007 = 30 k€