

GEDEON/2001-086

COMPTE-RENDU D'ACTIVITE 2001

M. DELPECH, J.M. LOISEAUX

SOMMAIRE

- **INTRODUCTION**

- **COMPTE-RENDU "ATELIERS GEDEON 2001"**
 - ✓ **Simulation (2 - 3 Octobre 2001)**
 - ✓ **Programmes Expérimentaux (16 - 17 Octobre 2001)**
 - ✓ **Scénarios et Systèmes Innovants (19 - 20 Novembre 2001)**

- **ACTIVITES DE LA DIRECTION GEDEON POUR 2001**

- **ATTRIBUTIONS 2001 ET ACTIVITES DES RECHERCHES PAR THEME**

- **LISTE DES DEMANDES DE SUBVENTIONS POUR 2002**

- **RELEVÉ DE DECISIONS DU CG DU 3 DECEMBRE 2001**

- **ATTRIBUTIONS DE CREDITS POUR 2002**

I INTRODUCTION

Le conseil de groupement GDR-GEDEON lors de la réunion du 5 décembre 2000, a décidé de reconduire le GDR pour une période de 4 ans à compter du 1^{er} janvier 2001, dans le cadre d'une nouvelle convention et d'une série d'opérations de recherche reformulées. Lors de la réunion d'avril 2001, deux nouveaux co-directeurs (M. Delpech pour le CEA et J.M. Loiseaux pour le CNRS) ont été officiellement nommés. Au cours de ce conseil de groupement, ils ont présenté leur programme pour 2001.

Nous présentons ci-après l'ensemble des documents relatifs aux activités du GDR-GEDEON durant l'année 2001.

II. COMPTE RENDU DES ATELIERS GEDEON 2001

a) Atelier « Simulation », les 2 et 3 octobre, Paris

Nombre d'inscrits : 89 - Nombre de participants : 64

➤ Objectifs

L'atelier est multidisciplinaire, et sur plusieurs applications. Il a pour objectif de réaliser un bilan des acquis dans le domaine de la simulation

➤ Programme

L'atelier débute par la présentation des différentes applications de la simulation :

- les démonstrateurs d'ADS en Europe : le projet de réacteur intégré de 80 MWth proposé par ANSALDO, le projet français de 100 MWth refroidi au gaz et le projet MYRRHA de 32 MWth couplé à un cyclotron. Le projet européen PDS-XADS doit évaluer la faisabilité de ces options,
- et les réacteurs à sels fondus, tels que la proposition AMSTER de EDF et les études du CNRS.

Session 1 : COMPOSANTS ET SYSTEMES

ADS : Spallation, Benchmark MEGAPIE, Neutronique des Réacteurs Refroidis au Gaz.

RSF : Simulation, thermohydraulique et thermomécanique.

Session 2 : MATERIAUX – MECANIQUE

Techniques de calcul en Sciences des matériaux ; Effets d'irradiation ; Etudes sur les cascades ; Modélisation du comportement des matériaux ; Endommagement intergranulaire.

Session 3 : SÛRETE

ADS : Spécification ; Evaluation des transitoires accidentels ; Accidents avec dégradation du cœur ; Sûreté de fonctionnement en phase de conception.

RSF : Cinétique d'un RSF

Session 4 : COMBUSTIBLE & RETRAITEMENT

Modélisation du comportement du combustible ; des procédés de séparation ; du cycle pour les études de scénarios.

➤ Bilan

Un bilan sur la simulation est présenté par thématique : physique, neutronique, thermohydraulique, mécanique, matériaux, physique du solide et sûreté.

Les principaux acquis sont :

Physique et Neutronique :

- une bonne évaluation de la production des neutrons issus de la spallation,
- les exercices (benchmark) de comparaison de codes et de données nécessitent une meilleure compréhension des écarts,
- l'intérêt de disposer d'études de sensibilité,
- l'intérêt des études avec couplage multidisciplinaire pour les études appliquées.

Matériaux, Mécanique, Physique du Solide :

- une bonne compréhension des phénomènes de corrosion et de fatigue des matériaux, même si les calculs multi-échelles ne sont pas encore réalisables,
- dans le domaine de la mécanique, les modèles micro et micro-mécanique peuvent être utilisés,
- la fragilisation due à l'implantation conjointe de l'He et de l'H est à évaluer précisément et est mal comprise à ce jour.

Il a été aussi souligné la nécessité de développer les outils de la simulation en suivant les règles de la qualité. EDF a renouvelé son souhait de voir le code SPARTE mis à la disposition de la communauté, tel que prévu lors du début de l'opération.

De plus, la simulation doit permettre de justifier les besoins nouveaux expérimentaux.

A noter :

- Des sessions inégales.
- Une session matériaux-mécanique très animée avec des présentations pédagogiques.

b) Atelier « Programmes expérimentaux » les 16 et 17 Octobre 2001 à Lyon

Nombre d'inscrits : 84 - Nombre de participants : 74

➤ Objectifs

L'objectif de l'atelier était de réaliser le bilan des acquis et des attendus des expériences liées aux options de transmutation, d'indiquer l'apport des expériences pour le dossier à soumettre en 2006.

Les domaines expérimentaux présentés, concernent les accélérateurs, la physique et les données nucléaires, la cible de spallation, les systèmes et la technologie associée aux différents caloporteurs.

➤ Programme

Session 1 : PHYSIQUE ET DONNEES NUCLEAIRES

Etudes de sensibilités ; Dynamique dans les ADS – MUSE ; les mesures de réactions nucléaires ; expériences de physique dans PHENIX ; MINI-INCA. ; la Banque de Données de l'OCDE.

Session 2 : CIBLE DE SPALLATION

MEGAPIE (la R&D en support: LYSOR), TECLA, SPIRE,; ISTC-559 ; Les expériences sur la fragilisation par le Pb-Bi

Session 3 : COMBUSTIBLE AVEC ACTINIDES MINEURS

Synthèse des expériences avec actinides mineurs (fabrication, comportement, irradiations).

Session 4 : ACCELERATEURS

Fiabilité des accélérateurs, IPHI, cavités supra, Programme TRASCO, les projets ISTC sur les ADS

Session 5 : SYSTEMES ET TECHNOLOGIES ASSOCIEES

Expérience sur le Pb-Bi ; Plate-forme de données pour les RSF ; Corrosion et contrôle REDOX ; Séparation et purification ; Programmes expérimentaux sur le caloporteur He ; AAA et ADTF.

➤ **Bilan**

Une présentation sur le combustible avec actinides mineurs pour les réacteurs dédiés a posé la question du recyclage du Cm et suscité un débat animé. Ce point a fait l'objet d'études limitées, avec peu d'orientation pour le futur.

Pour les accélérateurs, les expériences en cours ou passées sont orientées pour valider les choix technologiques et la fiabilité.

Pour la cible, les expériences et notamment le projet MEGAPIE, ont pour objectif de démontrer la faisabilité d'une cible liquide de puissance et son mode de fonctionnement. L'installation aux USA de la cible ISTC-559 sous faisceau serait d'intérêt.

Dans le domaine de la physique, de nombreuses mesures de données ont été réalisées et doivent être sauvegardées dans la base de l'AEN afin d'être pérennes et réutilisables par l'ensemble de la communauté. Une application des études de sensibilité aux sections efficaces et aux incertitudes des données de base a été présentée et devrait être poursuivie.

Les installations sur la technologie du caloporteur Pb ont été présentées, particulièrement la boucle CIRCE (échelle 1 en hauteur) en Italie qui est ouverte à des propositions d'expériences en 2002.

Le TWG ayant rendu son rapport, la question du cadre de travail, des échanges et de la coordination entre organismes et en Europe, se pose. Il est d'autant plus nécessaire de renforcer la coopération entre le CEA et le CNRS, avec, pour objectifs de définir les verrous technologiques.

c) Atelier "Scénarios et Systèmes Innovants" 19-20 novembre 2001 - Paris

Nombre d'inscrits : 88 - Nombre de participants : 76

➤ **Objectifs**

Présentation, à l'ensemble de la communauté Gédéon, des études de scénarios réalisées que ce soit les scénarios à l'équilibre ou ceux de transition vers des parcs utilisant des systèmes innovants (réacteurs et cycle innovants). Les systèmes innovants ainsi que les orientations de R & D des différentes organisations sont présentées et discutées.

➤ **Programmes**

Introduction

Politique de l'axe 1 - Ph. Leconte

Session 1 : SYSTEMES INNOVANTS

Réacteurs à sels fondus ; ADS ; Gamme réacteurs à gaz.

Session 2 : SCENARIOS

EPR - Gestion du Pu, Scénarios thorium, Scénarios Uranium à l'équilibre et de transitions, Séparation et conditionnement spécifique, Gestion des produits séparés.

Session 3 : PROGRAMMES ET ORIENTATIONS

Programmes Européens, Programme AAA-DOE, Etudes scénarios OCDE, programmes CEA, Point de vue industriel COGEMA sur P&T.

Table ronde

L'atelier s'est terminé par une table ronde.

MM. Mouney (EDF), Carlucc (Framatome), Salvatorès (CEA), Schapira (CNRS), Flocard (CNRS) Finck (DOE), Leconte (CEA).

➤ Bilan

Les orateurs (introduction et session 1) ont par leurs exposés bien redéfini les objectifs de l'axe 1 de la loi 1991 et la place possible des différents systèmes innovants, ADS, RSF, RCG.

Si l'ADS reste un objectif assez largement partagé par les partenaires, les différentes options pour la production d'énergie du nucléaire du futur ont été largement discutées.

La session 2 sur les scénarios, a porté, à la connaissance de tous, les implications des différentes options prises pour la gestion du plutonium, en termes de temps de mise à l'équilibre et en terme des quantités d'Américium et Curium produites et qui sont soit à incinérer, soit destinés à aller vers des conditionnements et stockages spécifiques.

La session 3 : Programmes et Orientations, a permis de mieux appréhender les objectifs et motivations des différents partenaires en France, de même que ceux de l'Europe et des Etats-Unis.

Une table ronde très animée a conclu cet atelier qui semble avoir bien répondu aux attentes et aux questions de la communauté GEDEON.

III. ACTIVITES DE LA DIRECTION DE GEDEON (2000 - 2001)

- Conseil de Groupement du 12 Avril 2001.
- Organisation des trois ateliers 2001.
- Soutien aux séminaires :
 - ✓ CEA/AEN/CFDN/GEDEON sur les données nucléaires,
 - ✓ SF2M/Session cible de spallation.
- Réunion avec DSIN.
- Rencontre avec la NEA (conditions pour inclure les données spallation et $20 < E < 200$ MeV dans XFor).
- Suivi des recherches 2001 et rencontres de groupes de recherches : DSM, IPN Orsay, Vitry.
- Mise en place du groupe de travail (CEA – CNRS) sur les études des scénarios pour préparer la CNE 01/2002.
- Etude des demandes de crédits pour 2002, préparation du CS GEDEON et finalisation des propositions.
- Proposition des ateliers GEDEON pour 2002
 - ✓ Un atelier sur les réacteurs à sels fondus avec PRACTIS en mai.
 - ✓ Un atelier sur les technologies et matériaux à hautes températures en septembre avec le GDR Nomade
 - ✓ Le 3^{ème} atelier reprendrait la formule des Journées GEDEON où les résultats les plus marquants seront exposés avec deux séminaires conjoints, l'un sur les expériences, et le second, sur la problématique du Cm (avec NOMADE). Cet atelier organisé en novembre, sera suivi du Conseil Scientifique.
- Constitution d'un groupe de travail portant sur l'approvisionnement des éléments et la réalisation de cibles.
- La direction GEDEON prévoit de rencontrer les différentes équipes de recherches impliquées dans les activités GEDEON.

IV. ATTRIBUTIONS 2001 ET ACTIVITES DES RECHERCHES EN 2001 PAR THEME

Attributions 2001

BUDGET DE FONCTIONNEMENT (ARTICLE 5.1)

Le Conseil de Groupement a décidé le 5 décembre 2000 un budget de fonctionnement de 270 000 F HT destiné à couvrir les trois postes suivants :

1. <u>Fonctionnement de la partie IN2P3 de la codirection (ISN-Grenoble):</u>	30 000 F
2. <u>Trois ateliers spécifiques :</u>	210 000 F
3. <u>Organisation du Conseil Scientifique</u>	30 000 F
<u>Total fonctionnement</u>	<u>270 000 F</u>

L'organisation matérielle des ateliers et du Conseil Scientifique sera assurée par le CEA qui disposera de la totalité du budget de 240 000 F prévue aux §2 et 3 de cette rubrique.

BUDGET POUR ACTIONS SPECIFIQUES (ARTICLE 5.1)

Le Conseil de Groupement a décidé, le 5 décembre 2000, de soutenir les opérations spécifiques suivantes :

1. <u>Thème 1 :</u> <i>Physique de la spallation et données nucléaires associées > 20 MeV</i> (sous total = 240 000 F)		
1.1 Réactions inclusives entre 20 et 200 MeV	SUBATECH-Nantes	90 000 F
1.2 Réactions inclusives entre 20 et 200 MeV	LPC-Caen	75 000 F
1.3 ALADIN auprès du FRS à GSI	DAPNIA/SPhN-Saclay	75 000 F
2. <u>Thème 2 :</u> <i>Données nucléaires < 20 MeV</i> (420 000 F)		
2.1 Mini-Inca	DAPNIA/SPhN-Saclay	50 000 F
2.2 Préparation à n-TOF (n,f)	IPN-Orsay	185 000 F
2.3 Préparation à n-TOF (n,gamma)	DAPNIA/SPhN-Saclay	90 000 F
2.4 Mesures (n, gamma) sur I-129 (fin)	DAPNIA/SPhN-Saclay	50 000 F
2.5 Mesures (n, gamma) sur Th-232 et Pa-233(n,f)	CEN-Bordeaux-Gradignan	45 000 F
3. <u>Thème 3 :</u> <i>Etude neutronique et cinétique</i> (280 000 F)		
3.1 Cinétique ADS	CNAM-Paris (V. Mastrangelo)	50 000 F
3.2 Expérience MUSE-4 à Masurca, Génepi	ISN-Grenoble	140 000 F
3.3 Expérience MUSE-4 à Masurca	DER/SPEX-Cadarache	90 000 F
4. <u>Thème 4 :</u> <i>Matériaux</i> (1000 000 F)		
4.1 MEGAPIE	SUBATECH-Nantes (Th. Kirchner)	500 000 F
4.2 Pénétration d'un liquide le long des joints de grains	LMMP-Marseille (J. Bernardini)	80 000 F
4.3 Tenue mécanique des parois minces au métal liquide	LTPCM-St Martin d'Hères (M. Dupeux)	30 000 F
4.4 Thermodynamique de systèmes quaternaires	LCSM-Nancy (J.C. Gachon)	80 000 F
4.5 Mécanismes de nucléation de fissures	CECM-Vitry (P. Geysersmans)	90 000 F
4.6 Caractérisation microstructurale d'aciers	LTPCM-St Martin d'Hères (V. Ghetta)	60 000 F
4.7 Fragilisation des aciers fenêtre d'ADS	CECM-Vitry (S. Guérin)	100 000 F
4.8	CEA-CEREM (F. Barbier)	60 000 F
5. <u>Thème 5 :</u> <i>Accélérateur</i> (190 000 F)		
5.1 Cavités supra	IPN-Orsay (A. Mueller)	190 000 F

Total des actions spécifiques

2 130 000 F

Total général

2 400 000 F HT

Activités de recherches des équipes soutenues par GEDEON en 2001 par thème

Thème 1 : Physique de la spallation et données nucléaires associées – Attribution : 240 kF

Données nucléaires entre 20 et 200 MeV (Nantes et Caen) : Mesure des réactions nucléaires induites par protons (20 MeV à 200 MeV) ou neutrons conduisant soit à la production de neutrons, soit à la production de protons, deutons, hélium pour des cibles de Pb, U, Fe ou Co.

Ces expériences sont réalisées auprès de trois accélérateurs situés à Louvain, Uppsala, Groningen :
20 MeV < E_p, E_n < 70 MeV Louvain ; 50 MeV < E_n < 200 MeV Uppsala ; 30 MeV < E_p < 180 MeV Groningen.

En 2001, plusieurs campagnes de prises de données ont eu lieu entre les trois sites. Toujours en 2001, un gros effort a été réalisé pour mettre à disposition les sections efficaces. Enfin, une collaboration avec les théoriciens a permis de faire des progrès notables sur la description théorique.

La préparation et de premiers tests d'expériences (n-xn) ont été réalisés.

Les responsables de chacun des équipes (Nantes et Caen) pensent que le programme (20-200 MeV) (Thème 1) menés sur trois cibles devrait être terminé dans deux ans environ

Expérience Aladin - Réaction de spallation- laboratoire DAPNIA Saclay

Après un programme assez extensif de mesures de sections efficaces de production de résidus de spallation sur les cibles d'Uranium, de Plomb et de Fe, la collaboration GSI, Orsay, Saclay, a réalisé des mesures à 500 MeV/n sur le Fe. Elle a également réalisé des tests de détecteurs en vue de mieux caractériser les différentes productions de résidus en mesurant en coïncidence les particules légères associées. Cette démarche devrait permettre un saut qualitatif dans la compréhension des mécanismes de base conduisant à la production de résidus de spallation. Enfin de très gros progrès ont été réalisés dans la description théorique de ces expériences.

Thème 2 : Données nucléaires E < 20 MeV (420 kF)

2.1. *Expérience Mini-Inca. Laboratoire DAPNIA – Expérience auprès de l'ILL*

Le développement des chambres à fissions double corps s'est traduit par la réalisation d'un prototype qui fonctionne dans un flux de 2.10^{15} n/cm²/s à l'ILL.

Des expériences tests ont été réalisées en 2001 avec succès, avec en particulier le démarrage des expériences en spectres thermiques et en spectres épithermiques variables. En 2002, une expérience n γ sur ²⁴⁴Cm sera réalisée de même que la mesure de la fission sur ²⁴³Cm avec mesure de la distribution des produits de fission.

2.2 *Expérience n-TOF (CERN) par IPN Orsay (180 kF en 2001)*

L'expérience n-TOF a démarré par une caractérisation du faisceau de neutrons. L'équipe d'Orsay a mis en œuvre avec succès ses détecteurs de fission, qui se sont révélés très performants. Les expériences tests sur ²³⁵U, ²³⁸U, ²⁰⁹Bi ont montré que la fission pouvait être précisément mesurée de l'énergie thermique à plus de 10 MeV.

Ces expériences peu sensibles au bruit de fond γ ont permis de démontrer les qualités intrinsèques de résolution de l'installation.

L'équipe est compétente et un programme de mesures important est prévu en 2002.

2.3 n-TOF – n gamma DAPNIA (90 kF)

La progression de cette expérience sur la mesure de section de capture a été limitée par l'existence d'un bruit de fond gamma important. Cependant les détecteurs et leur électronique ont été testés auprès de l'installation GELINA à GEEL. Les expériences sur n-TOF vont démarrer en 2002. Un intéressant développement de détecteur Micromégas a été réalisé et testé, montrant ses potentialités pour le contrôle et la mesure en ligne du profil du faisceau.

2.4 Mesures nγ sur ^{129}I à GEEL – DAPNIA Saclay (50 kF) – Fin du programme.

2.5 Mesures nγ sur ^{232}Th et ^{233}Pa (nf) CENBG (45 kF)

Ce programme d'expérience, réalisé à Bordeaux pour le ^{232}Th et à Orsay pour ^{233}Pa (nf) s'est déroulé dans d'excellentes conditions. Les résultats sont de qualités et sont en cours de publication. Ce groupe renforcé en 2001 a par ailleurs démarré un programme visant à calibrer de façon absolue les sections efficaces (n,f) ou (n,γ) dans la gamme d'énergie 500 keV – 2 MeV. Ce développement se fait en liaison avec la collaboration n-TOF CERN et l'équipe CNRS de Grenoble.

Remarque générale

Pour toutes ces expériences induites par neutrons, le problème des cibles est une très forte préoccupation. C'est pourquoi la direction de GEDEON propose de supporter, dans la mesure de ses moyens, les efforts sur ce problème d'approvisionnement d'éléments tels que Am ou Cm, ou même de ^{233}U , de même que sur la fabrication des cibles correspondantes.

Thème 3 : Physique des Réacteurs (90kF en 2001)

a) Réacteurs à Sels Fondus :

Modélisation de la dynamique des réacteurs à sels fondus et mise à l'équilibre (CNAM):

Une étude sur la cinétique des réacteurs à sels fondus a été réalisée, permettant l'analyse des effets de la mobilité du sel sur la sûreté. Cette étude a conduit à la réalisation d'un logiciel de simulation des transitoires dans un réacteur à combustible mobile. Pour prendre en compte les effets de contre-réactions en température, un modèle simplifié de la thermique du coeur et des échangeurs a été couplé à l'équation de la neutronique.

En 2001, une modélisation plus complète de la cinétique a été réalisée sur la base d'outils de calcul industriel avec une adaptation du logiciel COCCINELLE (3D,diffusion) d'EDF, en introduisant les modifications nécessaires pour l'étude d'un réacteur à sels fondus.

Les résultats de ces travaux ont été présentés lors de l'atelier GEDEON sur la simulation : On notera que D. LECARPENTIER a soutenu son mémoire de thèse sur ces travaux au cours de l'année 2001.

Etude neutronique détaillée, évolution du combustible, performances ultimes des RSF :

Cette étude se réalise à l'ISN de Grenoble dans le cadre d'une thèse cofinancée CNRS-EdF.

b) MUSE :

Un des objectifs du programme MUSE est la qualification des techniques de mesures de la sous-criticité sans passage par l'Etat critique. Une technique consiste à suivre la décroissance de la génération associée au pulse de l'accélérateur. En 2001, un matériel de mesure constitué de cartes d'acquisition et de PC avec système de sauvegarde et des logiciels d'acquisition et de traitement ont été défini et sont en cours d'acquisition.

Plusieurs configurations de MUSE ont pu être testées, avec et sans GENEPI afin d'initier les mesures sur la cinétique. Ces travaux sur l'analyse préliminaire par la simulation et les mesures réalisées ont été présentés lors de l'atelier GEDEON sur les expériences.

En 2001, MUSE a reçu l'autorisation de couplage entre le massif faiblement sous-critique (- 300 pcm) et GENEPI.

Thème 4 : Matériaux.

L'activité réalisée dans le cadre du GDR GEDEON se rattache à deux problématiques soulevées par l'utilisation de l'alliage liquide Pb-Bi comme matériau de cible de spallation :

- le développement de revêtements permettant de limiter la corrosion des matériaux au contact de Pb-Bi
- l'étude des phénomènes de mouillage et de gravage.

Etude de revêtements

Les études ont porté sur des revêtements riches en aluminium, ce choix ayant été suggéré par la bonne résistance à la corrosion de ce type de revêtement en présence de Pb-17Li.

Les revêtements ont été étudiés sur deux substrats :

- L'acier austénitique 316L : le dépôt a été réalisé par un procédé industriel, la cémentation en pack. Il est d'une épaisseur totale de 50 à 100 μm et constitué de deux couches, la plus externe étant très riche en Al (60-66 Fe, 16-20 Al, 9 Cr, 7 Ni, % massique) alors que dans la couche interne (6-20Al, 13-19 Cr, 63-67 Fe, 11 Ni) et surtout à l'interface entre ces deux couches de nombreux précipités riches en Al et Ni sont présents.
- L'acier martensitique T91: trois types de dépôts ont été réalisés (à l'échelle du laboratoire, CEA Grenoble). La première étape de fabrication de tous ces dépôts est une cémentation en pack. Deux de ces trois dépôts comportent une seconde étape (oxydation ou dépôt par voie Pyrosol) ayant pour but produire une couche externe d' Al_2O_3 . Ces procédés qui ont été développés pour les aciers martensitiques, n'impliquent de chauffer le substrat qu'à des températures inférieures à 750 °C pour préserver leur structure.

Des tests de corrosion par Pb-Bi de ces différents revêtements ont été réalisés dans différentes conditions :

- 316L aluminisé : les tests ont été réalisés soit en présence de Pb-Bi statique isotherme ou anisotherme à des températures comprises entre 350 °C et 500 °C et des teneurs en O_2 dissous dans Pb-Bi comprises entre 10^{-13} et 10^{-4} % massique soit en présence de Pb-Bi (teneur en O_2 dissous comprise entre 10^{-7} et 10^{-9} % massique) circulant à une vitesse de 1,9 ms^{-1} à des températures de 450 °C et 600 °C :
- T91 aluminisé : les tests, d'une durée de 3000 heures ont été réalisés dans Pb-Bi (teneur en O_2 dans Pb-Bi comprise entre 10^{-9} et $7-8 \cdot 10^{-8}$ % massique) isotherme et statique à 350 °C et 500 °C.

Quelles que soient les conditions testées, pour tous les dépôts et les deux substrats, après essai de corrosion, aucune perte de d'épaisseur et aucune modification chimique n'ont été mises en évidence par observations microscopiques et analyses à la microsonde. Dans les conditions testées, ces revêtements, riches en aluminium résistent très bien à la corrosion par Pb-Bi.

Pour se rapprocher des conditions potentielles d'utilisation de ces revêtements (conditions dans lesquelles les matériaux non revêtus sont inenvisageables du point de vue de la corrosion) , il faudrait tester tous ces revêtements en présence d'une circulation de Pb-Bi à une température d'au moins 600°C, étudier l'effet de variations de température (cyclage thermique) et surtout les effets d'irradiation.

Etudes des phénomènes de mouillage et de gravage

Ces études ont été réalisées en collaboration et principalement par N. Eustathopoulos et ont été présentées aux Journées d'Automne. Elles portent sur les systèmes fer et alliages de fer en présence de Pb ou ses alliages et montrent l'importance de la présence d'un film d'oxyde sur ces phénomènes.

Thème 5 : Accélérateurs de Protons de Haute Intensité

Les recherches et développements sur les cavités supraconductrices, en collaboration entre IPN/ORSAY et le CEA/DSM/DAPNIA et l'INFN (Italie), s'orientent depuis deux/trois ans sur les accélérateurs à protons de haute intensité, et en particulier sur les applications aux systèmes hybrides ADS. Plusieurs programmes sont développés en parallèle : l'étude et la réalisation de cavités à 700 MHz (partie haute énergie), la mise en service d'un cryostat horizontal CRYHOLAB pour tester des cavités entièrement équipées (système d'accord, coupleur de puissance, tank hélium, etc.), et l'étude de cavités de type « Spoke » à 350 MHz (partie basse énergie), cette dernière non supportée par GEDEON en 2001.

➤ R&D cavités

Les études sur les cavités elliptiques supraconductrices à protons 700 MHz ont commencé depuis 1998 avec la conception, la fabrication et le test des premières cavités prototypes mono-cellule. Les premiers prototypes fabriqués ont atteint d'excellentes performances avec des champs accélérateurs de plus de 25 MV/m. Ces champs correspondent à des champs magnétiques de surface de plus de 120 mT, alors que l'on se propose de fonctionner dans l'accélérateur avec un champ maximum de 50 mT. On dispose ainsi d'une marge de sécurité importante, compatible par exemple avec le niveau de fiabilité très élevé exigé pour un projet de réacteur hybride.

Les simulations sur des cavités 5-cellules ont permis de dimensionner le système d'accord à froid destiné à corriger la variation de fréquence en fonctionnement. Un premier système d'accord a été alors élaboré comprenant un ensemble moteur pas à pas réducteur qui entraîne un double bras de levier par l'intermédiaire d'un système vis écrou. Ce mécanisme fonctionne à 20 K et sous vide avec une résolution mécanique de 20 nm pour une course de 2 mm. Des actionneurs piézo-électriques seront insérés dans ce système d'accord pour compenser dynamiquement les déformations liées aux forces de Lorentz.

La prochaine étape est à présent la construction et le test de cavités multi-cellules munies de leur tank hélium et de leur système d'accord à froid. Un premier prototype de cavité $\beta = 0,65$ - 5 cellules est actuellement en cours de fabrication (CERCA) et sera testé au cours de l'année 2002 dans CRYHOLAB, muni de tous les équipements HF associés pour un test à puissance nominale (80 kW).

➤ CRYHOLAB

La station horizontale de test CRYHOLAB pour les cavités supraconductrices est désormais opérationnelle au CEA Saclay pour des tests à faible puissance HF. Des essais ont validé le fonctionnement du cryostat pour une puissance cryogénique de 70 W à 1,8 K. L'objectif de CRYHOLAB est de tester les cavités équipées de leurs composants auxiliaires : réservoir hélium, système d'accord à froid et coupleurs de puissance. Prochainement la station sera équipée pour des fortes puissances (80 kW dans une phase initiale).

En 2001, des investissements importants pour compléter l'équipement HF de puissance associé à CRYHOLAB, ont été effectués :

- 1) pilote HF et source de puissance 80 KW (pris en charge par le CEA),
- 2) circulateur de puissance (pris en charge par l'IPN).

L'attribution d'un support budgétaire de 190 KF par GEDEON en 2001, complété par les attributions budgétaires de l'IN2P3, a permis l'achat d'un circulateur de puissance AFT 300 KW, qui permettra le test des cavités et des coupleurs avec une marge de puissance suffisante : initialement à 80 KW, et dans une phase ultérieure où l'on disposerait d'une source adaptée, dans la gamme 200 - 300 KW. Les systèmes de puissance sont en cours d'installation et devraient être opérationnels au printemps 2002.