

Bilan des recherches conduites en 2003

1. Bilan des actions GEDEPEON	1
2. Les ateliers 2003.....	3
2.1 Bilan des participations et bilan financier :	3
2.2 Bilan scientifique et technique des ateliers - Synthèse :	4
a/ Systèmes du futur – 17 mars 2003 à Paris (80 participants)	4
b/ Matériaux à haute température des systèmes du futur – 19&20 juin 2003 à Perpignan (50 participants).....	4
c/ Production d'hydrogène des 27 et 28 novembre à Paris (45 participants).....	5
d/ Atelier bilan des 8-9 et 10 décembre à Grenoble (95 participants).....	6
3. Réunions spécifiques en 2003	7

Rappel des actions soutenues en 2003 en annexe 1.

1. Bilan des actions GEDEPEON

Données nucléaires

La spallation

De nouvelles données expérimentales obtenues sur le Fer ont été présentées, permettant de confirmer la bonne prédictibilité des codes concernant les résidus de spallation formés dans la fenêtre. Des concentrations de résidus de spallation et d'accumulation de dpa utiles pour évaluer la « pollution » de la cible au niveau de la fenêtre sont maintenant disponibles.

Les réactions de 20 à 200 MeV.

Le programme de mesures de réactions induites par neutrons se poursuit. Il semble qu'un modèle de coalescence valable sur l'ensemble du tableau de Mendeleïev permette d'obtenir des évaluations correctes concernant l'émission de particules composites légères (d, ^3He , t, ^4He), complétant ainsi la bonne description déjà obtenue pour l'émission de protons et neutrons.

Les données neutroniques entre 0 et 20 MeV

D'excellents résultats obtenus à n-TOF, Geel Bordeaux-Orsay ont été présentés et sont en cours d'analyse. Les programmes continuent. Les méthodes expérimentales très sophistiquées ont permis l'obtention de résultats d'une très grande qualité, en fission, capture, nxn, nn', y compris sur des cibles fortement radioactives. Le programme de l'année 2004 est bien engagé, avec l'obtention de cibles d'actinides mineurs. On notera également le développement et la mise au point de micro chambres à fission permettant de mesurer le flux de neutrons dans la cible Mégapie. L'effort d'analyse et de mise à disposition des nouveaux résultats utilisables dans les codes est à poursuivre.

Physique réacteur-cycle – Scénarios

Le programme Muse concernant l'étude des configurations SC1, SC2, SC3 à trois niveaux sous-critiques (- 300 pcm, - 3000 pcm, -5000 pcm) avec deux sources de neutrons pulsées

(2,8 MeV et 14 MeV) se termine en 2003. Les mesures avec configurations caloporteur plomb sont prévues pour 2004.

D'excellents résultats ont été obtenus, et doivent être interprétés en 2004. Dès à présent la compréhension de la cinétique des réacteurs sous-critiques apparaît comme bien maîtrisée et simulée, pouvant permettre une mesure précise de la sous-criticité d'un ADS en ligne sans devoir repasser une configuration critique.

Les études de scénarios effectuées au CEA et au CNRS, concernant notamment les différentes hypothèses de développement des réacteurs du futur et la gestion du Plutonium permettent de quantifier les impacts d'hypothèses tels que le multi-recyclage du Pu ou son utilisation pour le démarrage de RNR U-Pu ou de RSF (Th-U3).

L'impact des incertitudes ou erreurs des données nucléaires sur les paramètres globaux d'un réacteur fait l'objet d'une action, avec une qualification des outils et méthodes en 2003.

La plate-forme PEREN plate-forme d'études et de recherches sur l'énergie nucléaire, concernant les données neutroniques entre en fonctionnement. Les premières mesures sont prévues tout début 2004.

Accélérateurs

La source Silhi a été réinstallée à Saturne et des tests de fiabilité longue durée à 100 et 20 mA ont été entrepris avec des résultats encourageants. De nouvelles méthodes pour caractériser l'émission de faisceau de très forte intensité sont développées. Un tronçon du RFQ est commandé.

Pour les cavités Spoke, les résultats obtenus et concernant tant le gradient que le coefficient de qualité, sont excellents (12 MeV/m) et confirment le possible usage de ces cavités pour la section de basse énergie.

Matériaux

Plusieurs études concernant l'apparition de la fragilisation des aciers par contact avec le Pb-Bi fondu, de même que sur la thermodynamique des systèmes intermétalliques et les mesures de diffusion de certaines espèces métalliques dans l'alliage Pb-Bi.

Une étude de la fragilisation d'acier par le Tellure dans le cadre des RSF a été aussi présentée.

Systèmes du futur

Trois sujets ont été abordés durant cette session :

- Les réacteurs à sels fondus (cycle Thorium) avec deux exposés portant sur une stratégie de retraitement simplifié et sur les options du traitement pyro-chimique des combustibles usés. Le concept de RSF incluant le retraitement apparaît en très bonne voie de définition.
- Les matériaux à hautes températures pour les RCG et pour la production d'hydrogène font l'objet de premiers travaux dans le cadre de GEDEPEON. On notera une réflexion d'ensemble sur les voies de développement de nouveaux alliages en vue des performances

hautes températures pour les RCG et résistants à la corrosion des RSF. Une démarche de développement pour de nouveaux matériaux prenant en compte les conditions environnementales a été discutée : matériaux modèles, matériaux simulant pour des phénomènes ayant un impact sur leur tenue, simulation, ...

- La production d'hydrogène par cycle thermo-chimique.

2. Les ateliers 2003

2.1 Bilan des participations et bilan financier :

Ce bilan est préliminaire, toutes les demandes de remboursement des invités au conseil scientifique n'ayant pas encore été reçues.

ATELIER GEDEPEON : ATELIER SYSTEMES DU FUTUR - PARIS - 17 MARS 2003

NOMBRE DE PARTICIPANTS :		ATELIER 17/03	DEJEUNER 17/03
		84	81
OBJETS	LIEUX	DATES	MONTANT HT EURO
Location espace +	Espace HAMELIN	17-mars-03	2 462,50 €
Restauration + Pauses café	"	"	
DINER	LA TERRASSE	18-mars-03	1 404,68 €
Frappe, Tirages			824,03 €
TOTAL ATELIER (1)			3 867,18 €

ATELIER GEDEPEON : Matériaux à Hautes Températures des Systèmes du Futur - PERPIGNAN - 19-20 JUIN 2003

NOMBRE DE PARTICIPANTS :		ATELIER 19/06	DEJEUNER 19/06
		48	48
NOMBRE DE PARTICIPANTS :		ATELIER 20/06	
		43	
OBJETS	LIEUX	DATES	MONTANT HT EURO
Location espace +	Palais des Congrès - PERPIGNAN	19-20 JUIN 2003	1 325,90 €
Restauration + Pauses-café	"	"	
Frappe, Tirages, etc...			807,03 €
TOTAL ATELIER (1)			2 132,93 €

Frais Hôtel Invités :			
V. IGNATIEV	HOTEL PERPIGNAN	18-19-20 JUIN 2003	291,17 €
TOTAL HOTELS (2)			291,17 €
TOTAL GENERAL (1+2)			2 424,10 €

ATELIER GEDEPEON : PROCEDES DE PRODUCTION D'HYDROGENE - PARIS - 27-28 NOVEMBRE 2003

NOMBRE DE PARTICIPANTS :	ATELIER 27/11	DEJEUNER 27/11
	47	43
NOMBRE DE PARTICIPANTS :	ATELIER 28/11	
	43	

OBJETS	LIEUX	DATES	MONTANT HT EURO
ATELIER			
Location espace +	Espace HAMELIN PARIS	27-28 Novembre 2003	3 328,50 €
Restauration + Pauses-café	"	"	
SOUS-TOTAL (1) ATELIER			3 328,50 €

ATELIER GEDEPEON : BILAN DES ACTIONS SOUTENUES - GRENOBLE - 8-9-10 DECEMBRE 2003

NOMBRE DE PARTICIPANTS :	ATELIER 08/12	DEJEUNER 08/12	
	62	59	
NOMBRE DE PARTICIPANTS :	ATELIER 09/12	DEJEUNER 09/12	DINER 09/12
	76	66	59
NOMBRE DE PARTICIPANTS :	ATELIER 10/12	DEJEUNER 10/12	
	67	65	

OBJETS	LIEUX	DATES	MONTANT HT EURO
ATELIER			
Location espace	LPSC - GRENOBLE	8-9-10 Décembre 2003	0,00
Pauses-café	SODEXO	"	406,40 €
Restauration	SODEXO	8-9 Décembre 2003	1 183,75 €
Restauration	Fine Fourchette	10 décembre 2003	1 647,24 €
DINER	Château Commanderie	9 décembre 2003	1 973,24 €
TRANSPORT CAR		"	317,54 €
SOUS-TOTAL (1) ATELIER			5 210,63 €

BILAN DES DEPENSES DE FONCTIONNEMENT GEDEON

ATELIER SYSTEMES DU FUTUR	17-mars-03		3 867,18 €
ATELIER MATERIAUX	19-20 Juin 2003		2 424,10 €
ATELIER HYDROGENE	27-28 Novembre 2003		3 328,50 €
ATELIER BILAN	8-9-10 Décembre 2003		5 393,74 €
CONSEIL SCIENTIFIQUE	11-déc-03		1 203,60 €
TOTAL			16 217,12 €

2.2 Bilan scientifique et technique des ateliers :

a/ Systèmes du futur – 17 mars 2003 à Paris (80 participants)

Cet atelier a été l'occasion de présenter les activités dans le cadre élargi de GEDEPEON et les différents axes de R&D des organismes CNRS et CEA sur les systèmes du futur.

b/ Matériaux à haute température des systèmes du futur – 19&20 juin 2003 à Perpignan (50 participants)

Les discussions et échange suite à l'atelier ont conduit à établir une liste de thèmes possibles de coopération entre les laboratoires du CEA et du CNRS sur des sujets ayant été jugés et évalués comme importants. Une liste de contact par thème a été établie (cf. annexe 2).

Les céramiques « ductiles » et céramique microstructurée:

L'objectif est de disposer de céramiques nanostructurées et/ou de composites de type Cermet présentant des propriétés neutroniques, une ductilité et une tenue mécanique à haute température acceptables vis-à-vis d'une utilisation possible comme matériau sous flux de neutrons ou hors flux.

Les diagrammes de phase / Thermodynamique :

L'objectif est de disposer de base de données communes, de partager la littérature, les expériences et les moyens nécessaires.

Cette action a été initiée et est à poursuivre.

Les matériaux de turbine / disque :

L'objectif est de disposer des matériaux répondant aux spécifications. Le réseau existe. Cette action a été initiée et est à poursuivre.

L'optimisation sol-gel :

L'objectif est d'optimiser le procédé de fabrication des noyaux des particules par sol-gel. Cette action est à initier.

Domage sous-irradiation / Diffusion des PF :

L'objectif est la compréhension physique et la prédiction pour les nouveaux matériaux. L'objectif est de partager les équipements et moyens de caractérisation à haute température. Des actions sont en cours et un ensemble d'irradiation est prévu (NOMADE, ISMIR).

Corrosion RSF :

L'objectif est la compréhension physique et le partage des moyens de caractérisation, incluant la RMN pour les interactions sels fondus / matériaux. Des actions sont en cours, et soutenues en 2003 par GEDEPEON.

Evolution à long terme des matériaux à haute température :

L'objectif est de pouvoir prédire la tenue à long terme des matériaux, hors flux et sous flux de neutrons. A mettre en place.

Traitement du sel / Chimie du sel :

L'objectif est de pouvoir prédire la tenue du sel – modélisation dynamique moléculaire. A mettre en place.

c/ Production d'hydrogène des 27 et 28 novembre à Paris (45 participants)

Cet atelier, apprécié par les partenaires, a permis de premiers échanges entre les organismes CNRS, FRA et CEA. Une première présentation a donné une vision d'ensemble sur les différents aspects de la production et de l'utilisation de l'hydrogène, ainsi que des perspectives futures. D'autre part, l'atelier a mis en évidence que les laboratoires du CNRS et du CEA travaillent sur des thèmes différents : peu de laboratoires du CNRS travaillent sur la production et peu de laboratoire du CEA sur le stockage. En conséquence, il a été décidé de favoriser les actions communes suivantes :

- revue des cycles thermochimiques alternatifs au cycle I/S, prenant en compte le nombre de réactions nécessaires (3, 4 ou 5), mais aussi les conséquences sur le génie chimique, le rendement excellent du cycle I/S se trouvant pénalisé par les masses d'eau et d'iode en circulation, ainsi que par les difficultés de récupération des chaleurs et des énergies,

- développement, mesures et échanges de données thermochimiques - thermodynamiques,
- analyse et récupération des énergies dans le cycle I/S.

G. Flament pour le CNRS et A. Le Duigou et P. Anzieu pour le CEA sont les correspondants et contactent chacun les laboratoires concernés pour développer les coopérations possibles sur ces thèmes.

d/ Atelier bilan des 8-9 et 10 décembre à Grenoble (95 participants)

Cet atelier était organisé en sessions consacrées aux thèmes suivants :

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| 1. Données nucléaires | 8 exposés |
| 2. Physique des réacteurs-cycle | 4 exposés |
| 3. Accélérateurs | 2 exposés |
| 4. Matériaux | 8 exposés |
| 5. Systèmes du futur | 9 exposés |

Pour les données nucléaires, le progrès est très sensible aussi bien en ce qui concerne les données nucléaires de spallation que pour les énergies intermédiaires entre 20 et 200 MeV et pour les données neutroniques 0 – 20 MeV où de très importants résultats sont attendus sur les cibles d'AM.

Les études de physique des réacteurs ADS avec Muse atteignent leurs objectifs, tandis que les études accélérateurs confirment par leurs résultats la validité des accélérateurs linéaires utilisant très largement la supra-conductivité.

Les études de scénarios menées au CEA et au CNRS portant sur la transition du nucléaire actuel aux systèmes du futur permettent de mieux évaluer la pertinence des possibles options de gestion des combustibles usés.

Les études de fragilisation-corrosion des matériaux permettent de délimiter des plages de fonctionnement pour les cibles de spallation, mettant en évidence le fort intérêt de disposer de moyens de mesure et de contrôle de l'oxygène dans l'alliage fondu.

Le concept de référence du RSF à retraitement simplifié est en bonne voie de définition.

Les études de matériaux ou de combustible concernant principalement les réacteurs à haute température, mais aussi la production d'hydrogène et les réacteurs à sels fondus, démarrent et donnent de premiers résultats expérimentaux et analytiques.

De façon générale, de nombreux nouveaux résultats ont été présentés prenant en compte les objectifs et les besoins des systèmes étudiés, ceci grâce à des conditions de collaboration entre les concepteurs et les études de base.

La communauté GEDEPEON semble poursuivre une collaboration de qualité avec une amélioration notable de la compréhension mutuelle des objectifs et une meilleure diffusion des résultats.

L'intégration des systèmes du futur dans les axes de recherches de GEDEPEON se réalise de façon satisfaisante.

3. Réunions spécifiques en 2003

Scénario et systèmes :

Cette réunion avait pour objet les études de scénarios (transmutation et système du futur) et la physique du coeur des systèmes. Ces études impliquant le CNRS et le CEA, le GdR GEDEPEON est apparu comme un bon cadre pour cet échange d'information. La participation large (5 personnes d'EdF, 3 du CNRS et 8 CEA) montre tout l'intérêt porté par les différents organismes à ces échanges.

Les sujets présentés sont :

Pour le CNRS : Les études sur la production d'U233 (en RNR ou REP) pour démarrer des RSF au thorium, lors d'un transitoire d'un parc mondial.

Pour le CEA : le scénario de principe avec RCG et MOX-UE et les études sur un ADT (Accelerator Driven Transmuter) de puissance (800 MWth) refroidi au Gaz. Sur ce dernier, les aspects sûreté ont été débattus sans pouvoir établir de conclusion.

Pour EdF : Présentation du projet système du futur d'EdF (RNR ML, HTR, RSF Th)

Cette réunion étant une prise de contact, il est convenu de poursuivre en 2004 des réunions thématiques plus ciblées (HTR, RSF, ADT,).

Métaux liquides et corrosion pour la cible de spallation:

L'objet de cette réunion avait pour objectif :

- de faire un bilan synthétique,
- de mieux coordonner les programmes respectifs ainsi que les propositions à faire, soit dans le cadre de GEDEPEON, soit dans le cadre du 6ième PCRD,
- d'évaluer la possibilité d'une boucle ad'hoc ou des expériences paramétriques les mieux ciblées sur le besoin qui soient représentatives (aspect corrosion, fragilisation, fatigue, évaluation et démarche de sûreté associée).

Quatre thèmes ont été abordés lors de la réunion (cf. aussi en annexe 3) :

1 – La physico-chimie du Pb-Bi

2 – Les sondes pour la mesure et le contrôle de l'oxygène

3 – Les expériences de corrosion

4 – L'impact du contact Pb/Bi sur les propriétés mécaniques des matériaux

Les études de corrosion et de matériaux menées à ce jour au sein de GEDEPEON pour une cible de spallation permettent de fournir des éléments de réponse partiels, mais néanmoins de première importance, dans tous les domaines importants (physico-chimie du plomb-bismuth, sondes-pompes, résistance à la corrosion et résistance mécanique), concernant la validation du couple « acier T91 / eutectique Pb-Bi » en tant que matériaux cible d'un futur réacteur hybride de démonstration. Des actions concertées et communes ont été discutées en 2003 et seront proposées pour 2004.

Annexe 1 : Actions soutenues en 2003 et budget associé

N°	Titre /Intitulé	Laboratoire	Responsable(s)) de la proposition	Montant demandé (K Euro)	Suite au CG du 09/01/03	85 % CG 08/04/03
1	Mesure du flux de neutron dans la cible MEGAPIE par des nouveaux types de micro chambres à fission	CEA/DSM/DAPNIA/SP HN	F. Marie	15	11	9.35
2	Mesures des sections efficaces des réactions induites par neutrons aux installations de temps de vol nTof au CERN et à GELINA à Geel	CEA/DSM/DAPNIA/SP HN	F. Gunsing	25	7	5.95
3	Transmutation de déchets nucléaires de haute radio toxicité : détermination des sections efficaces de fission des actinides mineurs ²⁴¹ Am et ²⁴⁴ Cm	Groupe Aval du Cycle Électronucléaire CEN Bordeaux Gradignan	M. Aiche**	23	16	13.6
4	Projet SPALADIN : Étude des résidus de spallation en coïncidence avec les particules chargées et les neutrons à GSI	CEA/DSM/DAPNIA	S. Leray	15	7	5.95
5	Technique de mesure de sections (n,xn) à Gelina	IRES Strasbourg	G. Rudolf**	19.7	16	13.6
6	Mesures de données nucléaires	LPC Caen	F. R. Lecolley**	15	8	6.8
7	Mesures de données nucléaires fission (n ToF)	CNRS/IPNO	L. Tassan-got**	130	18	15.3
8	Sections efficaces Iode 129	CEA/DER/SPRC	O. Bouland	8	4	3.4
<i>TOTAL</i> Données nucléaires				250.7	87	73.95

Physique réacteurs / Cycle

9	Expérience MUSE (Multiplication par Source Externe) dans MASURCA	CEA/DER/SPEX	F. Mellier	15	10	8.5
10	Etudes sur les données nucléaires concernant des corps à vie longue et cycle de thorium	CNAM	V. Mastrangelo**	7.6	0	

11	Plate-forme PEREN (calculs/chemie)	CNRS/ISN Grenoble	R. Brissot**	64	17	14.45
12	Scénarios CEA/CNRS	CNRS/IN2P3/IPNO	S. David**	10	5	4.25
	<i>TOTAL</i>			96.6	32	27.2

Accélérateur

24	Source SILHI, mesure d'émission Doppler	CEA/DSM/DAPNIA	P.Y.Beauvais	37.5	7	5.95
25	Cavités SPOKE	CNRS/IPNO	T.Junquera**	50	18	15.3
	<i>TOTAL</i>			87.5	25	21.25

Matériaux / Corrosion

N°	Titre/Intitulé	Laboratoire	Responsable(s)) de la proposition	Montant demandé (K Euro)	Suite au CG du 09/01/03	85 % CG 08/04/03
13	Analyse structurale des sels fondus fluorés d'intérêt nucléaire : approche par spectroscopies à haute température.	CNRS – CRMHT Orléans	A.L. Rollet,** C. Bessada	15	0	
14	Rôle du bismuth sur le facettage du cuivre et du fer : conséquences sur la fragilisation intergranulaire	CNRS Vitry sur Seine	M.G. Barthès** Labrousse	14.2	9	7.65
15	Essais de mesure du mouillage en Pb/Bi.	CEA/DER/STR	F. Bacqué	6	0	
16	Contrôle de la teneur en oxygène dissous des alliages de plomb : mesure et procédé.	CEA/DER/STR	J.L. Courouau	11.3	9	7.65
17	Cinétiques et mécanismes de la fragilisation par les Métaux Liquides.	EMSE St Etienne et CEA/Saclay	V. Laporte, A. Terlain	20	16	13.6 (CNRS 9.35 CEA 4.25)
18	Détermination du coefficient de diffusion de certaines espèces métalliques dans l'alliage liquide plomb-bismuth à partir de mesures électrochimiques	CNRS/ENSCP CEA/SCCME	A. Terlain, S. Sanchez	10.6	7	5.95 (CNRS 2.55 CEA 3.4)
19	Études de corrosion par les sels fondus dans les réacteurs du futur	CNRS/ENSCP CEA/SCCME	A. Terlain, S. Sanchez	22.3	16	13.6 (CNRS 5.95 CEA 7.65)
20	MEGAPIE – LiSoR	SUBATECH	T. Kirchner**	44.8	27	22.95
21	Fragilisation par métal liquide sous contrainte	LMPGM	J.B. Vogt**	25	8	6.8
22	Etude thermodynamique du système quinaire Bi-Fe-Hg-O-Pb	Laboratoire de Chimie du Solide Minéral UMR CNRS	A. Maitre**	25.15	18	15.3
23	Étude in-situ de la fragilisation par les métaux liquides	GPM2, ENSPG	D. Bellet**	15	0	
TOTAL				209.35	110	93.5

DEMANDES DE SOUTIEN FINANCIER GEDEPEON partie PEON**Phase 2 GEDEPEON****[1] 85% CG du 08/04/03 pour les actions supérieures à 10 kEuro et 100% CG du 08/04/03 pour les actions inférieures à 10 kEuro**

	Titre de la proposition	Auteur principal	Rapporteur proposé	Montant demandé	Montant proposé au CG 08/04/03	[1]
1	Alliages favorisant la réduction des Lanthanides en présence de sels d'uranium.	A. PASTUREL / CNRS	M. Allibert, C. Garzenne	10	6.8	6.8
2	Réaction de diffusion élastique (n,p) comme référence de normalisation.	G. BARREAU / CNRS	P. Armbruster, M. Salvatores	33.65	10.1	10.1
3	Essais de qualification des soudures des aciers 9Cr à haute température	S. CHAPULIOT / CEA	G. Lozes, J.P. Chevalier	25	0	
4	Traitement physico-chimique en ligne des sels de RSF	G. BRISSOT	H. Flocard, F. Carré	25	10.2	10.2
5	Essais de barrières thermiques et de dispositifs d'étanchéité	G. LAFFONT/CEA	M. Salvatores, B. Carluéc	16	0	
6	Essais de tribologie en hélium	G. LAFFONT/CEA	F. Carré, H. Flocard	25	0	
7	Étude du comportement des matériaux envisagés dans le cœur des RCG	G.CARLOT / CEA	B. Carluéc, G. Lozes	15	10.2	10.2

8	Étude de l'évolution des propriétés thermo-mécaniques des matériaux inertes envisagés dans le contexte des RCG-R	G.CARLOT / CEA	J. P. Schapira, G. Martin	37	10.2	10.2
9	Caractérisation des écoulements d'hélium à haute température pour les RCG-R	A. MEMPONTEIL / CEA	M. Salvatores, G. Bauer	25	0	
10	Études sur les matériaux à haute température : Matériaux nécessaires pour le procédé de production d'hydrogène	R. ROBIN/CEA	G. Bauer, G. Martin	40	10.2	10.2
11	Tenue à la corrosion par les impuretés de l'hélium de matériaux haute température pour les RCG-R	C. CABET / CEA	B. Carlucc, C. Garzenne	25	0	
12	Prévision de la compatibilité chimique entre composé fissile et matériau inerte pour les futurs réacteurs à haute température à l'aide d'une approche thermodynamique	A. MAITRE / Un. Nancy	J.P. Chevalier, G. Lozes	28.5	18	15.3
13	Optimisation du broyage dédiée à la synthèse de poudres de carbure métallique (type ZrC)	L. CHAFFRON / CEA	G. Martin, B. Carlucc	30	20	17

14	Préparation d'une irradiation à haute température.	J. HENRY / CEA	G. Lozes, J. P. Chevalier	25	6.8	6.8
15	Production d'hydro-gène par cycles thermo-chimiques.	A. LE DUIGOU / CEA	J.P. Schapira, F. Carré	25	5	5
16	Analyse des incertitudes et des facteurs de sensibilité de données nucléaires sur les réacteurs à neutrons rapides (RNR)	V. MASTRANGELO / CNAM	M. Salvatores, N. Alamanos	5	2	2
17	Étude par modélisation atomistique ab initio des propriétés hors équilibre du carbure de silicium	M. BERTOLUS / CEA	G. Martin, J.P. Chevalier	20	0	
18	Développement d'alliages réfractaires Ni-W en vue d'application pour réacteurs haute température et pour réacteurs à sels fondus	T. AUGER / CNRS CECM UPR 2801	B. Carlucc, M. Salvatores	35	20	17
19	Scénarios	S. DAVID / CNRS	H. Flocard, C. Garzenne	11.2	7	7
20	Traitements pyrochimiques des	S. SANCHEZ / CNRS	M. Salvatores, H. Flocard	33	15	12.7
TOTAL				489.35	151.5	140.5

Annexe 2: Liste des laboratoires et correspondants dans le domaine des matériaux

Les céramiques « ductiles » et céramique microstructuré:

CNRS			
J. P. LAUNAY	CEMES	directeur@cemes.cemes.fr	
GALY	CEMES		
NASLAIN	LCTS	naslain@lcts.u-bordeaux.fr	
NIEPCE			
J.F. BAUMARD		jf.baumard@ensci.fr	
CEA			
J. L. SERAN	DEN Sac DMN/DIR	jean-louis.seran@cea.fr	01 69 08 63 37

Les diagrammes de phase / Thermodynamique :

CNRS			
C. CHATILLON	LTPCM		
A. MAITRE	LCSM	maitre@lcsm.uhp-nancy.fr	
J. C. GACHON	LCSM	gachon@lcsm.uhp-nancy.fr	
CEA			
C. GUENEAU	DEN Sac DPC/SCP	christine.gueneau@cea.fr	01 69 08 67 41

Les matériaux de turbine / disque :

CNRS			
V. PONTIKIS	CECM		
E. GAUTIER	LCSM		
CEA			
H. BURLET	DRT Gre CEREM/DEM	helene.burlet@cea.fr	04.38.78.94.96

L'optimisation sol-gel :

CNRS			
J. LIVAGE	LMI	livage@ccr.jussieu.fr	
CEA			
P. MARTIN	DEN Cad DEC/DIR	philippe.martin@cea.fr	04.42.25.76.34

Domage sous-irradiation / Diffusion des PF :

CNRS			
H. FLOCART	INP Orsay	flocard@ipno.in2p3.fr	
G. BLONDIAUX	CERI	blondiaux@cnrs-orleans.fr	
CEA			
P. MARTIN	DEN Cad DEC/DIR	philippe.martin@cea.fr	04.42.25.76.34

Corrosion RSF :

CNRS			
V. PONTIKIS	CECM	vassilis.pontikis@glvt-cnrs.fr	
S. SANCHEZ	LECA	sanchez@jussieu.fr	
CEA			
A. TERLAIN	DEN Cad DPC/SCCME	anne.terlain@cea.fr	01 69 08 16 18

Evolution à long terme des matériaux à haute température :

CNRS			
V. PONTIKIS	CECM	vassilis.pontikis@glvt-cnrs.fr	
G. MATZEN	CERI	matzen@cnrs-orleans.fr	
CEA			
J. L. SERAN	DEN Sac DMN/DIR	jean-louis.seran@cea.fr	01 69 08 63 37
H. BURLET	DRT Gre CEREM/DEM	helene.burlet@cea.fr	04.38.78.94.96

Traitement du sel / Chimie du sel :

CNRS			
C. SIMON	PPCE	simon@ppce.jussieu.fr	
G. PICARD	LECA	picard@ext.jussieu.fr	
S. SANCHEZ	LECA	sanchez@ext.jussieu.fr	
CEA			
M. LECONTE	DEN Vrh DRCP/SCPS	michael.lecomte@cea.fr	04 66 79 65 52

Annexe 3: Bilan des activités sur le Pb/Bi

La physico-chimie du Pb-Bi

Le risque de précipitation de composés réfractaires (risquant de boucher les installations) reste faible. Cet acquis est à compléter par le dosage de l'hydrogène ou le contrôle d'oxygène, l'hydrogène apparaissant lors des réactions de spallation et la teneur en oxygène pouvant avoir un impact sur la présence d'impuretés solubles ou non dans l'alliage fondu. L'objectif est d'évaluer plus précisément les domaines de fonctionnement.

Sondes

Des mesures fiables en statique et en boucle ont pu être réalisées. La corrélation de la dérive au cours du temps aux effets d'impuretés est à évaluer en détail, ainsi que le potentiel du contrôle de l'oxygène par pastilles d'oxyde de plomb.

Corrosion

L'étude (simulations et mesures) des diagrammes de phases dans les ternaires (type Pb/Bi/ produit de spallation tel que le Hg) montre un risque d'érosion faible par la création d'intermétalliques réfractaires. D'autre part, des essais statiques sur T91, T91 revêtu et 316L, de 150°C à 600°C, jusqu'à 3000h en surpression d'argon-hydrogène ont été réalisés montrant un phénomène de dissolution et une quasi absence de couche d'oxyde (< 1 µm). Les revêtements Al₂O₃ tiennent bien jusque 550°C (en milieu réducteur) et jusque 600°C en milieu oxydant. L'effet de l'hydrodynamique est important dans ces conditions réductrices : plus on circule vite, plus on dissout.

Il reste à évaluer la corrosion en atmosphère oxydante et de disposer d'un modèle de dissolution prédictif ainsi que d'établir des diagrammes de stabilité des oxydes en fonction de la pression d'oxygène.

Propriétés mécaniques

L'étude de recuits de longue durée (jusque 6 mois) dans le plomb et plomb-bismuth liquide ont montré la formation de cavités à 525° en présence ou en l'absence de contrainte externe; cependant la résistance à la traction est peu ou pas affectée. D'autre part, le T91 est systématiquement fragilisé par Pb-Bi ou Bi dès qu'un contact intime est assuré entre le métal liquide et l'acier T91 (mouillage).

Un programme de travail reste à établir pour des conditions plus représentatives, incluant la présence et le contrôle d'oxygène.