



**HAL**  
open science

## DMN - Département des matériaux pour le nucléaire

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. DMN - Département des matériaux pour le nucléaire. 2014, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA. hceres-02032875

**HAL Id: hceres-02032875**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032875>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Département des Matériaux pour le Nucléaire

DMN

sous tutelle des

établissements et organismes :

Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies

Alternatives - CEA



Décembre 2013



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3  
novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section  
des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Didier BLAVETTE, président du  
comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Département des Matériaux pour le Nucléaire

Acronyme de l'unité : CEA/DEN/DMN

Label demandé :

N° actuel :

Nom du directeur  
(2013-2014) : M. Pascal Yvon

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Pascal Yvon

## Membres du comité d'experts

Président : M. Didier BLAVETTE, Université de Rouen

Experts :

- M<sup>me</sup> Brigitte BACROIX, Université Paris 13
- M. Pascal BELLON, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
- M. Philippe GOUDEAU, Université de Poitiers
- M. Yann LE BOUAR, LEM, UMR CNRS/ONERA
- M. Guy MATZEN, Université d'Orléans
- M<sup>me</sup> Nathalie MONCOFFRE, Université Claude Bernard, Lyon
- M. Thierry WISS, ITU, Karlsruhe

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Marc DRILLON

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Bernard BONIN, Direction de l'Énergie Nucléaire, CEA

M. Claude SAINTE CATHERINE, Direction Stratégie et Programme, CEA



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Département des Matériaux pour le Nucléaire (DMN) regroupe trois services de recherche (SEMI, SRMA, SRMP). Ces services sont localisés sur plusieurs bâtiments répartis sur le centre CEA de Saclay.

### Équipe de direction

Le DMN est dirigé par un chef de département et son adjointe. La direction est assurée en relation étroite avec les trois chefs de service et leurs adjoints ainsi que les chefs de projet qui opèrent de manière transversale entre les services.

Nomenclature AERES : ST4

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés (ingénieurs-chercheurs)	118 (116.24)	
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche) (techniciens et administratifs)	66 (64.48)	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) (Post-doc)	8	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche) (contractuels)	2	
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>194 (190.72)</b>	



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	39	
Thèses soutenues	41	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	39	
Nombre d'HDR soutenues	9	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	16	19

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le DMN est l'un des fleurons au niveau mondial de la métallurgie physique dans le domaine du nucléaire. Il a été pionnier dans bien des domaines allant du fondamental à l'appliqué. Le DMN constitue un ensemble de premier plan de grande visibilité internationale à la fois pour son activité fondamentale avec des publications dans les meilleures revues, pour son expertise matériaux reconnue dans la caractérisation et la conception des matériaux pour le nucléaire du futur, et pour son savoir-faire spécifique.

L'unité de recherche fédère trois services dont les missions et contraintes sont sensiblement différentes. Leurs activités vont du fondamental (cohésion et équilibres, cinétiques de vieillissement, effets d'irradiation : SRMP : Service de Recherches de Métallurgie Physique) à la caractérisation microstructurale et mécanique des matériaux (SRMA : Service de Recherches Métallurgiques Appliquées) notamment des matériaux irradiés activés (SEMI : Service d'Etudes des Matériaux Irradiés) en lien direct avec les clients du CEA (AREVA, EDF...). Le SRMA a pour vocation non seulement d'étudier les matériaux du nucléaire actuel mais aussi de concevoir (élaboration, procédés) et caractériser les matériaux des générations futures de réacteurs (réacteurs de génération IV). Les liens amont-aval du DMN ont été récemment resserrés notamment au travers du rapprochement entre SRMA et SRMP, ce qui est salué.

L'unité dispose au sein du SEMI d'un laboratoire chaud remarquable, le LECl, composé de plus de 40 cellules blindées qui en font l'un des rares au monde à ce niveau. Le SRMP comprend par ailleurs un équipement unique, JANNUS, composé de trois accélérateurs de faisceaux d'ions couplés, qui suscite un grand intérêt comme en témoignent les nombreux visiteurs et les nombreuses demandes d'accès à cette installation.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité dispose de compétences et de moyens expérimentaux remarquables notamment pour la caractérisation des matériaux activés. Son savoir-faire pour la conception, l'étude microstructurale et la caractérisation mécanique ainsi que dans les procédés d'élaboration constitue une expertise quasi-unique au monde et reconnue comme telle. Ses deux installations principales donnent lieu à un flux de visiteurs impressionnant (700/an sur le LECl et 500/an pour JANNUS).

La production scientifique du DMN et sa place dans les congrès mondiaux (conférences invitées, organisation) confèrent au DMN une visibilité internationale incontestée. Son rayonnement et son attractivité se traduisent par un flux très élevé de chercheurs venant faire des expériences sur les équipements du DMN et par le recrutement de permanents et de doctorants de très grande qualité.

Le DMN est un acteur incontournable face aux défis scientifiques et technologiques d'aujourd'hui et de demain, pour la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires et le développement des réacteurs du futur.



### Points faibles et risques liés au contexte

La baisse des budgets, conséquence du contexte économique actuel difficile, alliée à l'accroissement des exigences en terme de sûreté des installations, suite à l'accident de Fukushima, pèsent lourdement sur les activités du DMN et peuvent mettre en péril la pérennité de son savoir-faire.

Cette baisse des financements propres constitue une menace particulièrement importante pour la recherche fondamentale de l'unité, son ressourcement et sa place sur la scène internationale.

Le comité d'experts attire l'attention sur les conséquences fâcheuses qu'aurait pour l'activité du DMN la fermeture du réacteur expérimental OSIRIS avant la mise en service effective du nouveau réacteur M. Jules HOROWITZ.

### Recommandations

Le financement des opérations scientifiques du DMN par le seul biais des projets met en difficulté le ressourcement de ses activités et fragilise sa recherche fondamentale. Une réflexion de la gouvernance sur ce point doit être encouragée. Un soutien de base annuel récurrent à une hauteur restant à définir (e.g. 20 %) contribuerait à pallier ces difficultés en permettant à la Direction du département de mettre en place une stratégie pluri-annuelle de développement.

Les équipements récemment acquis dans le cadre de l'Equipex GENESIS (sonde atomique tomographique en voie de nucléarisation, 2 MEB-FIB) constituent une opportunité unique de caractérisation des matériaux à l'échelle ultime en lien direct avec les modèles atomistiques et les simulations à cette échelle. De même, la plateforme multifaisceaux JANNUS est une chance unique pour concevoir des expériences modèles resserrant le lien entre les activités aval et amont du département.

L'émergence de l'Université Paris - Saclay (UPSay) est un point clé de l'histoire du site qui doit permettre de resserrer les liens du CEA avec le monde académique de la recherche, activer de nouvelles collaborations et diversifier ses recrutements de doctorants et de chercheurs en puisant plus largement dans les compétences issues du monde universitaire.

La faible production scientifique d'une partie de l'unité, comparée à celle relative aux recherches plus en amont, est très probablement justifiée par le caractère industriel et confidentiel des activités. Toutefois, la publication de ses résultats non sensibles les plus marquants augmenterait la visibilité du DMN et devrait donc être davantage encouragée par la direction. De même, si la publication d'une partie de ses travaux dans des revues très spécialisées du nucléaire se justifie par l'appartenance à une communauté clairement identifiée, le choix de revues à plus grand facteur d'impact s'adressant à une communauté scientifique plus large est à encourager pour ses meilleurs travaux de recherche appliquée.

### 3 ● Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le DMN développe des activités de recherche de premier plan avec une visibilité internationale, notamment sur les aspects modélisation allant de l'échelle atomique au macroscopique. L'unité dispose de moyens expérimentaux uniques en laboratoire chaud (cellules blindées), et de compétences exceptionnelles permettant l'étude des évolutions microstructurales ou du comportement mécanique sous irradiation sur des matériaux clés de l'industrie nucléaire.

L'activité du DMN se traduit par une production abondante de notes techniques destinées notamment aux partenaires industriels (AREVA, EDF...) et un grand nombre de publications dans des revues à comité de lecture, spécifiques à la communauté du nucléaire (J. Nuclear Mater., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B) ou plus généralistes (Phys. Rev. B, Phys. Rev. Lett., J. Appl. Phys, Acta Mater...). L'effort fait pour rapprocher expériences et modélisations aux plus fines échelles est encouragé par le comité d'experts.

#### Analyse par service

L'expertise du SEMI se situe au meilleur niveau international dans le domaine de la caractérisation des matériaux irradiés. Elle s'appuie sur un outil quasiment unique en Europe, le LECI, qui permet d'étudier les matériaux irradiés grâce à des équipements de pointe nucléarisés. Le SEMI intervient en particulier dans des projets à forts enjeux industriels. Cette activité de recherche finalisée et stratégique, en collaboration avec des partenaires industriels, s'accompagne souvent de contraintes de confidentialité. Elle se traduit donc par une production riche en notes techniques internes mais limitée en publications scientifiques. Une progression de la production scientifique peut néanmoins être envisagée, même dans ce contexte particulièrement contraint : adopter une attitude volontariste pour publier et être associé aux articles dans le cadre des collaborations quand c'est possible, s'orienter vers des revues généralistes à meilleur facteur d'impact pour les travaux qui s'y prêtent. Une meilleure valorisation des résultats au niveau du nombre d'articles et le choix de revues généralistes à meilleur facteur d'impact (parallèlement au maintien du niveau de publication dans les revues de la communauté du nucléaire) est donc recommandée.

Le SRMA partage son activité entre actions finalisées (beaucoup d'actions de caractérisation expérimentale microstructurale et/ou mécanique sur des matériaux très divers irradiés ou non, en laboratoire ou sur grands instruments), des recherches sur le développement de techniques d'élaboration originales de matériaux et une recherche plus fondamentale sur la modélisation multi-échelle du comportement des matériaux. Ces recherches qui conduisent parfois à la conception de nouveaux essais mécaniques ou la mise au point de nouveaux procédés d'élaboration de matériaux de structure (et de brevets associés), induisent un savoir-faire incontestable en matière de caractérisation et de modélisation multi-échelles et permettent le développement d'approches intéressantes notamment dans le domaine de la fatigue. La production scientifique est nombreuse et répartie principalement en notes techniques et publications dans des revues concernant le secteur nucléaire avec quelques publications dans des revues plus généralistes de plus fort facteur d'impact. Mentionnons aussi le dépôt de nombreux brevets dont le comité encourage une meilleure exploitation commerciale par la recherche de partenaires industriels.

La production scientifique de l'équipe SRMP est au meilleur niveau international. On note en particulier le nombre élevé de publications, 258 pour la période d'évaluation (5 ans et demi), dont 72 dans des revues à fort indice de citation, telles que Nature Materials, Physical Review Letters, Physical Review B, et Acta Materialia. Au cours de ces dernières années, le SRMP a développé des outils de référence internationaux. A titre d'exemple, on notera le triple accélérateur JANNUS pour l'activité expérimentale, des développements dans le code de simulation ABINIT pour les calculs de structure électronique dans les métaux et les isolants, des modèles prédictifs de diffusion dans les alliages, la simulation de l'évolution des microstructures par cinétique Monte Carlo et par dynamique d'amas. On note de plus que le SRMP a entrepris un effort soutenu de compréhension et de simulation à l'échelle atomique de la plasticité des métaux. Cet effort a déjà porté ses fruits par l'obtention de résultats de premier plan, et l'extension en cours aux alliages dilués est excellente. On observe aussi l'effort très fructueux fait dans le couplage multi-échelle de ces différents outils de simulation, permettant ainsi la prédiction de l'évolution en température et sous irradiation de matériaux de plus en plus proches des matériaux industriels. Enfin, la confrontation avec les expériences, en particulier via des irradiations à JANNUS, a permis de valider ces modèles et d'établir leur caractère prédictif.

## Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le DMN dispose de plateformes d'investigation des matériaux activés (cellules blindées du Laboratoire d'Etudes des Combustibles Irradiés (LECI)), permettant la caractérisation de matériaux chauds. L'unité compte parmi les rares laboratoires au monde à disposer de tels équipements et participe activement aux réseaux internationaux majeurs d'expertise dans le nucléaire. Une nouvelle chambre triple faisceau vient d'être mise en service sur JANNUS permettant de faire simultanément de l'implantation (e.g. He) et de l'endommagement (avec des ions lourds) puis d'analyser le matériau par faisceaux d'ions. Ces équipements remarquables permettent de faire des recherches d'excellente qualité et donnent lieu à un flux de visiteurs impressionnant (700/an sur le LECI, 500/an sur JANNUS) dont une partie venant faire des expériences sur JANNUS après sélection par un comité de programme.

Le DMN est impliqué dans plusieurs Laboratoires d'Excellence et participe notamment à l'Equipex GENESIS qui lui a permis d'acquérir une sonde atomique tomographique en voie de nucléarisation ainsi que deux MEB-FIB (l'un pour les matériaux non actifs, l'autre pour les matériaux actifs). Le DMN a également participé à l'organisation de diverses manifestations internationales de haut niveau (PTM, MRS, EMRS...).

Enfin, les ingénieurs-chercheurs du DMN sont fréquemment invités dans les congrès internationaux et obtiennent régulièrement des distinctions (SF2M, SFEN).

## Analyse par service

**SEMI.** L'attribution du prix Jean Bourgeois (2010 et 2013) à deux doctorants du SEMI témoigne d'une reconnaissance certaine au sein de la communauté du nucléaire. De plus, les équipements uniques du SEMI, parmi lesquels l'Equipex GENESIS, sont à l'origine d'une forte implication dans de nombreux réseaux nationaux et internationaux, avec des responsabilités de pilotage pour certains, contribuant ainsi à son rayonnement dans la communauté des matériaux pour le nucléaire. En raison de ses missions, de ses équipements spécifiques et contraignants, et d'une recherche essentiellement finalisée et contractuelle, le SEMI a une activité faible dans le domaine de la recherche académique et par conséquent une attractivité académique limitée comme l'attestent le bilan moyen au niveau des conférences invitées et de l'organisation de colloques scientifiques. La reconnaissance par les partenaires traditionnels du CEA que sont EDF et AREVA est en revanche excellente.

**SRMA.** Du fait de sa forte activité en partenariat avec l'industrie, le SRMA est bien implanté dans des réseaux surtout au niveau national, et à des collaborations industrielles jusqu'au niveau européen. Le potentiel expérimental d'élaboration, de caractérisation et de modélisation du SRMA, de grande qualité, a été renforcé récemment par l'EQUIPEX GENESIS. Même si ce potentiel est largement utilisé à des fins de caractérisation et d'analyse en partenariat industriel, la qualité et l'originalité des résultats méritent une meilleure valorisation via des publications dans des revues à comité de lecture plus diversifiées. Ceci permettrait d'augmenter la visibilité du SRMA à l'international, tout en maintenant un équilibre entre recherche fondamentale et appliquée. L'implication des ingénieurs-chercheurs du SRMA dans les services d'enseignements des masters de Paris 7 et de l'École Centrale de Paris contribue à l'attractivité du service pour les jeunes étudiants à la recherche d'un stage de recherche puis d'une thèse.

**SRMP.** Le rayonnement de l'équipe du SRMP s'illustre très clairement par les nombreuses conférences invitées, plus de 90 (dont 67 dans des workshops et conférences internationales), données par les chercheurs de cette équipe, par l'organisation de multiples conférences internationales, et par sa participation croissante à des jurys de thèse. Les chercheurs du SRMP sont fréquemment appelés à intervenir en tant qu'experts, au sein du CEA, mais aussi au sein de la communauté internationale pour l'évaluation de projets de recherches, de rapports et de publications. L'équipe du SRMP a pu recruter au cours de la période d'évaluation un nombre significatif de jeunes chercheurs au meilleur niveau international. Les recherches conduites au SRMP, qui sont principalement à caractère fondamental, constituent un ensemble tout à fait remarquable. En dépit des contraintes financières actuelles, le maintien de cet effort paraît essentiel pour permettre à l'unité de préserver et d'accroître son excellence scientifique et ainsi d'étendre son attractivité à d'autres partenaires scientifiques et industriels.

## Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Le DMN bénéficie d'une reconnaissance internationale dans le domaine des matériaux pour le nucléaire, couvrant les études fondamentales (approches ab initio, simulations Monte-Carlo sur des alliages modèles, dynamique moléculaire et d'amas...) jusqu'aux applications (aciers de cuve, gaine de combustible, circuits de refroidissement primaire...). C'est un acteur incontournable dans la communauté, notamment pour faire face aux défis scientifiques et technologiques ultimes d'aujourd'hui et de demain (prolongation des durées de vie des réacteurs à eau pressurisée (REP) jusqu'à 50-60 ans, défi énergétique majeur, développement de nouveaux matériaux pour les générations futures de réacteurs à neutrons rapides et la fusion). De nombreux brevets sur des matériaux innovants et procédés (e.g composites SiC/SiC) sont régulièrement déposés.

### Analyse par service

**SEMI.** Le SEMI est fortement impliqué dans de nombreux contrats et recherches collaboratives avec les acteurs majeurs du nucléaire (EDF, AREVA, ANDRA, IRSN). Ces collaborations sont fortement associées au LECl, installation nucléaire unique en Europe et principal vecteur de communication du DMN avec son environnement. Les chercheurs du SEMI sont également sollicités pour apporter leur expertise hors CEA, en lien avec le monde industriel. Cette expertise est unique, liée aux moyens de caractérisation exceptionnels dont ils disposent. Ils participent ainsi à des projets internationaux de l'OCDE (Cabri International Project, Studsvik Cladding International Project...). Le logiciel MISTRAL, issu du SEMI et mis à disposition d'EDF et d'AREVA, est un autre exemple de forte interaction avec le milieu socio-économique.

En conclusion, l'interaction du SEMI avec l'environnement socio-économique est excellente. Le comité d'experts encourage le SEMI à progresser plutôt au niveau de sa recherche de base et d'une recherche coopérative, dans le cadre de la marge de manœuvre autorisée par les missions du CEA et la gestion de l'équipement lourd que constitue le LECl.

**SRMA.** Le potentiel du SRMA le met en position d'être force de proposition pour développer des recherches applicatives dans le domaine des matériaux pour le nucléaire, et notamment après irradiation. C'est en partie pour cette raison qu'il est impliqué dans de nombreux projets ANR Mat&Pro et quelques projets européens dans le cadre d'EURATOM essentiellement. Cette activité se traduit également par le dépôt régulier de brevets (environ 25 sur la période écoulée).

**SRMP.** Les thématiques de recherche développées au SRMP ont un fort caractère fondamental, mais elles sont reliées directement aux problématiques des matériaux du nucléaire civil. Le SRMP interagit régulièrement avec les principaux acteurs industriels du nucléaire, avec par exemple le développement d'un code de simulation (CRESCENDO) sur une plateforme commune avec EDF. De plus, le développement récent de la plateforme d'irradiation multi-faisceaux JANNUS-Saclay, installation unique en Europe, permet d'étudier et de modéliser le comportement des matériaux sous irradiation en général. L'utilisation de cet instrument se développe davantage chaque année avec un nombre de jours d'irradiation croissant, et un nombre impressionnant de visiteurs, plus de 500 par an. Cet outil expérimental bénéficie d'une intégration dans le réseau national EMIR et dans le réseau européen SPIRIT. Ceci contribue directement au rayonnement socio-économique et culturel de l'unité et du CEA.

## Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Dans un contexte de missions et de contraintes très différentes suivant les services (équipements lourds, laboratoires chauds...), la direction du DMN réussit à coordonner l'ensemble en maintenant les équilibres entre recherches amont et aval tout en soutenant des actions transversales entre services, conduisant à une mise en commun de cultures et compétences très complémentaires. Mentionnons la complexité, due aux exigences réglementaires de sûreté, de la gestion d'une plateforme comme le LECl équipée d'une quarantaine de cellules blindées.

Le comité d'experts suggère de doter le DMN d'un site web de communication ouvert en externe au CEA, permettant d'améliorer la visibilité des activités du département, de ses appels d'offres (stages, thèses...) et de ses moyens exceptionnels.



Dans la continuité des rapprochements opérés récemment entre groupes "fondamentaux" et "appliqués", un renforcement de l'animation scientifique entre services est encouragé (journées thématiques...).

Le comité d'experts encourage également la direction à mieux expliquer sa stratégie scientifique et opérationnelle face à des personnels parfois inquiets.

L'actuelle procédure de financement sur projets mise en place par la DEN (et le CEA en général) est complexe et parfois source d'inquiétude pour les personnels. Une procédure permettant de garantir au DMN un soutien de base minimum hors projets donnerait à la Direction du DMN plus de marge de manœuvre pour garantir une politique scientifique à moyen/long terme (en particulier pour la recherche de base). Elle assurerait ainsi au DMN un minimum de stabilité et de continuité dans ses activités de recherche, condition nécessaire à la préservation de compétences et savoir-faire spécifiques.

### **Analyse par service.**

**SEMI.** La structuration du SEMI correspond parfaitement à sa mission, au sein du DMN, de caractérisations microstructurales, physico-chimiques et mécaniques des matériaux métalliques irradiés : trois laboratoires de compétences (mécanique/modélisation, microscopie/corrosion et caractérisation physicochimique) s'appuyant sur des équipements mutualisés, principalement au niveau de l'Installation Nucléaire de Base n°50 (LECI). La vie scientifique du SEMI comprend deux volets, comme pour les autres services du DMN : une animation scientifique interne au niveau du service (voire au sein des trois laboratoires) et une animation transversale au niveau du DMN. Cette animation à deux (voire trois) niveaux mériterait d'être encore développée avec une plus forte incitation des doctorants à assister à l'ensemble des séminaires du DMN.

**SRMA.** L'organisation du service repose sur trois laboratoires aux missions complémentaires et clairement identifiées : élaboration de matériaux, caractérisations structurales et essais mécaniques. Néanmoins, les recherches finalisées sont structurées en de très nombreuses actions ; celles-ci mériteraient d'être regroupées en un nombre plus limité à partir de leurs finalités, ce qui permettrait d'amplifier le dialogue entre modélisation et observations expérimentales et la lisibilité du service. Par ailleurs, la complémentarité des compétences et préoccupations entre le SRMA, le SRMP et le SEMI doit conduire à un renforcement des collaborations actuelles pour aboutir, par exemple, à une modélisation plus prédictive du comportement du monocristal (sous irradiation ou non), brique essentielle à la modélisation multi-échelle. En ce sens, le projet de développement d'une plateforme de simulations destinée à développer le dialogue entre les différents modèles est fortement encouragé.

**SRMP.** Le comité d'experts a trouvé l'organisation du SRMP et son pilotage excellents. Les embauches récentes et le management de l'équipe conduisent à une équipe dynamique et motivée. La création du laboratoire JANNUS en janvier 2011 a permis de stabiliser un groupe de taille suffisante pour tirer pleinement parti de l'outil JANNUS. L'organisation de réunions mensuelles et d'une réunion annuelle permet aux doctorants de présenter régulièrement leurs travaux devant l'ensemble du service. De plus les doctorants et post-doctorants participent chaque année à des conférences nationales et internationales.

### **Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche**

Le nombre de doctorants ramené au nombre des permanents ingénieurs-docteurs est tout à fait honorable et la qualité des recrutements est de très bon niveau. Parallèlement au recrutement "Écoles d'ingénieurs", un recrutement plus ouvert sur le monde universitaire est encouragé pour une diversité et une complémentarité des expériences et des cultures. Les entretiens entre le comité d'experts et les représentants des doctorants montrent que les doctorants disposent des meilleures conditions pour effectuer leur thèse (accès aux équipements, collaborations internes, participation aux congrès, incitation aux publications scientifiques...). Les doctorants du DMN bénéficient, de plus, d'une offre de formation spécifique à l'INSTN. Cependant, renforcer la participation de tous les doctorants aux séminaires inter-laboratoires et inter-services leur permettrait d'acquérir une plus vaste culture scientifique qui les préparerait encore mieux à une embauche dans le secteur du nucléaire (au CEA ou en dehors).



## Analyse par service.

**SEMI.** On observe une bonne insertion professionnelle des docteurs provenant du SEMI : les sept docteurs diplômés au cours de la dernière période ont tous été embauchés (CEA, partenaires industriels EDF et AREVA, industrie). Parallèlement, l'accueil des doctorants au SEMI a fortement progressé au cours de ces dernières années. Malgré cette évolution positive, le SEMI (et en particulier le LPCMI) accueille sensiblement moins de doctorants que les deux autres services du DMN, en raison toujours de sa faible activité en recherche académique, du caractère souvent confidentiel de ses travaux et des contraintes imposées par le travail en milieu chaud. La direction du DMN devrait engager une réflexion (sujets de thèse en recherche de base ou associant le SEMI à un autre service, ressources budgétaires dédiées...) permettant de développer l'accueil de doctorants au SEMI et de rééquilibrer la situation.

Le **SRMA** offre un environnement très favorable à la formation par la recherche et notamment pour des doctorants qui se destinent à une carrière en R&D dans l'industrie. Dans la mesure où la capacité maximale d'accueil du service ne paraît pas atteinte, une augmentation du nombre de doctorants pourrait être opérée par exemple via l'accueil de doctorants CIFRE dans le cadre de ses partenariats industriels.

**SRMP.** Le comité d'experts a noté le nombre très satisfaisant de thèses en cours (10) et thèses soutenues au SRMP pendant la période d'évaluation (10), ainsi que le très bon encadrement de ces doctorants. Le comité d'experts souligne que la qualité de l'encadrement et de la formation scientifique des doctorants a notamment conduit à l'embauche sur la période considérée de trois anciens doctorants du SRMP par le CNRS.

On note aussi une participation active des ingénieurs-chercheurs à de multiples Masters, tout particulièrement à l'INSTN et via JANNUS, mais aussi à l'Institut Polytechnique de Grenoble, à Paris 7, à Lyon 1, ainsi qu'à l'enseignement dans les Écoles d'ingénieurs telles que l'École Polytechnique et l'École Centrale. Les chercheurs du SRMP sont aussi intervenus dans plusieurs Écoles d'été. Le SRMP accueille également un nombre très important de stagiaires, 69 sur la période d'évaluation.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet présenté résulte d'une vision du futur du département intégrant parfaitement les contraintes financières et techniques ainsi que le développement des compétences qui font la notoriété actuelle du DMN.

Le DMN développe une stratégie tout à fait pertinente pour la consolidation de ses équipements uniques et le développement des nouvelles machines. Son association à la future Université Paris - Saclay (UPSay) est une excellente opportunité pour resserrer les liens avec le monde académique, parfaire sa visibilité et développer de nouvelles collaborations. Le comité d'experts s'inquiète par contre des conséquences que pourrait avoir la fermeture du réacteur expérimental OSIRIS avant la mise en service du nouveau M. réacteur Jules HOROWITZ. Une ouverture vers de nouveaux partenaires est toutefois envisagée.

Le comité d'experts apprécie l'initiative de la direction à encourager les chercheurs à soutenir leur HDR. Parallèlement au gain apporté au niveau de l'encadrement des thèses au CEA, ce diplôme participe à une meilleure reconnaissance en tant qu'expert (jury, comités etc.) au sein de la communauté scientifique et donc à une plus grande visibilité des ingénieurs-chercheurs du CEA.

## Analyse par service.

Le **SEMI** a parfaitement analysé ses forces (le plus grand laboratoire chaud européen avec le LECI et son expertise reconnue sur les matériaux irradiés) et ses opportunités (extension de la durée de fonctionnement des réacteurs à 60 ans, projet de réacteur de 4<sup>ème</sup> génération impliquant la qualification de nouveaux matériaux pour ces réacteurs). Le programme d'investissements qu'il propose est tout à fait pertinent car il permettra de renforcer les moyens et donc la position du LECI (acquisition de nouveaux équipements qui seront nucléarisés). Le comité d'experts approuve la volonté du SEMI de diversifier ses activités. Il apprécie également ses efforts d'ouverture au monde académique (augmentation du nombre de doctorants et d'ingénieurs en formation) tout en pérennisant le savoir-faire et les installations spécifiques nécessaires aux clients traditionnels.



**SRMA.** Le projet présenté par le SRMA est tout à fait en accord avec les missions du service et les grandes préoccupations actuelles sur les matériaux du nucléaire ; il s'inscrit par ailleurs totalement dans la continuité des recherches actuelles. Tout en respectant ses missions, le SRMA devrait réfléchir à quelques thèmes transversaux et quelques verrous associés sur lesquels il pourrait mobiliser une partie de ses forces. La proximité de Soleil et des laboratoires d'UPSay facilitera l'identification de ces thèmes.

**SRMP.** Les objectifs du SRMP sont très bien définis, en cohérence avec ceux du département, et couvrent l'étude de la cohésion dans les métaux et les isolants, l'étude des cinétiques des microstructures, et l'étude de la plasticité des métaux et des alliages. Le développement de l'outil d'irradiation JANNUS, intégré à la modélisation multi-échelle, constitue un projet ambitieux de très grande valeur scientifique, qui doit contribuer à l'excellence de l'ensemble du département et de la DEN. On note que le SRMP a joué un rôle de tout premier plan dans cette intégration expériences-modélisation multi-échelles, et le comité d'experts juge très important que cet effort soit poursuivi et soutenu, malgré les contraintes financières actuelles. On observe un accroissement des projets et des activités de recherche en collaboration avec les autres équipes de l'unité. Il est recommandé de poursuivre et d'étendre ces efforts, afin de tirer pleinement parti des compétences humaines riches et variées de l'unité. L'arrivée récente de nouveaux outils expérimentaux au SRMA et au SEMI, en particulier la sonde atomique en cours de nucléarisation, et de deux microscopes à balayage dotés d'une colonne d'ions focalisée (MEB-FIB), va offrir de nouvelles opportunités et perspectives pour étendre cette intégration, et donc accroître la fiabilité des outils numériques pour les matériaux du nucléaire. Ces outils permettront alors une accélération et une réduction du coût du développement de ces matériaux, et contribueront à leur déploiement fiable dans les réacteurs du futur.

## 4 ● Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 11 décembre 2013, 11h00

Fin : 13 décembre 2013, 16h00

### Lieu de la visite

Institution : CEA Saclay

Adresse : Centre CEA de Saclay, 91191 Gif -sur-Yvette Cedex

### Locaux spécifiques visités

(Laboratoires, plateformes, services de soutien, etc.)

Le comité d'experts a pu visiter une grande partie des laboratoires du département notamment le LECl et JANNUS. Certains équipements (DRX, Microscopie électronique, procédés de fabrication de gaines, ...) ont pu également être présentés au comité.

### Déroulement ou programme de visite

Le programme a débuté par une présentation générale de la DEN et de la DANS permettant de situer l'activité du DMN au sein du CEA. Le Département a ensuite été présenté par son directeur en présence des responsables des trois services SEMI, SRMA, SRMP.

Le programme comprenait six présentations orales permettant de mettre en évidence quelques faits marquants de l'activité de recherche des trois services du DMN.

La visite des laboratoires a été l'occasion d'échanges avec le personnel et de discussions tout à fait instructives avec les chercheurs notamment devant des posters. La rencontre du comité d'experts avec les ingénieurs-chercheurs, puis avec les techniciens montre que les conditions de travail sont tout à fait satisfaisantes. Le comité d'experts a pu s'entretenir avec les doctorants, lesquels s'accordent pour souligner la qualité de leur environnement, des moyens qui leur sont donnés et celle de leur encadrement. L'ensemble de ces échanges montre que l'ambiance au sein du DMN y est tout à fait bonne.



### 11 décembre 2013

11h-11h30	Huit-clos du comité d'experts
11h30-11h50	Présentation de la Direction de l'Énergie Nucléaire
11h50-12h10	Présentation de la Direction déléguée aux Activités Nucléaires de Saclay
12h10-13h30	Déjeuner sous forme d'un buffet
13h30-14h30	Présentation du Département des Matériaux pour le Nucléaire
14h30-15h45	Highlights : 3 présentations
15h45-16h30	Entretien à huis clos avec les 3 chefs de service et le directeur
16h30-17h00	Pause
17h00-18h30	Visite du SEMI
18h30-19h30	Débriefing du comité d'experts

### 12 décembre 2013

9h-10h15	Highlights : 3 présentations
10h15-10h45	Pause
10h45-12h15	Visite du SRMA
12h15-13h30	Déjeuner sous forme d'un buffet
13h30-14h30	Rencontre avec les ingénieurs-chercheurs
14h30-15h30	Rencontre avec les techniciens et présentation des actions Sécurité
15h30-16h30	Rencontre avec les doctorants et post doc
16h30-17h00	Pause
17h00-18h00	Rencontre avec les Chefs de Projets
18h00-19h30	Débriefing du comité d'experts

### 13 décembre 2013

9h00-10h00	Visite du SRMP
10h00-11h	Pause
11h-12h	Rencontre avec les Tutelles
12h-13h	Perspectives et projet du DMN
13h-16h30	Délibérations du comité d'experts - Plateaux-repas
16h30	Fin de la visite



## 5 ● Observations générales des tutelles

CEA/DEN/DIR  
DO 60 11/03/14



14MMAC000065

diffusé le : 11/03/14

Monsieur Pierre GLAUDES  
Directeur de la section des unités de recherche  
AERES  
20 rue Vivienne  
75002 Paris

Saclay, le 11 mars 2014

*Objet : Rapport d'évaluation AERES du DMN*

Monsieur,

Nous avons bien reçu le rapport d'évaluation AERES du Département des Matériaux pour le Nucléaire.

Vous trouverez ci-joint ce rapport, avec quelques corrections factuelles ou suggestions mineures de modification de forme.

Je tiens à saluer la qualité de l'exercice d'évaluation qui a été menée sous votre égide, et à remercier par votre intermédiaire les membres du comité de visite. L'exercice a été également apprécié de mes équipes de recherche, et ses conclusions nous seront précieuses pour le futur.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées



Christophe BEHAR