



**HAL**  
open science

## DTN - Département de technologie nucléaire

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. DTN - Département de technologie nucléaire. 2011, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA. hceres-02030293

**HAL Id: hceres-02030293**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02030293>**

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

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Département de Technologie Nucléaire  
sous tutelle des  
établissements et organismes :  
Commissariat à l'Energie Atomique

Février 2011



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Département de Technologie Nucléaire  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Commissariat à l'Energie Atomique

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Février 2011



## Unité

Nom de l'unité : Département de Technologie Nucléaire

Label demandé :

N° si renouvellement :

Nom du directeur : M. Eric KRAUS

## Membres du comité d'experts

Président :

M. Dominique GOBIN, CNRS, Chatenay-Malabry

Experts :

M. Jacques ANDRE, Université de Provence

M. Alain COMBESCURE, INSA de Lyon

M. Gilles CORNELOUP, Université de la Méditerranée

Mme Dany ESCUDIE, CNRS, Centre de Thermique de Lyon

M. Michel GIOT, UCL, Belgique

M. André LAURENT, ENSIC, Nancy

M. Pierre TOULHOAT, Ineris

M. Georges TYMEN, Université de Brest

M. Jean-Bernard VOGT, Université de Lille

## Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Christophe GOURDON

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

M. BONIN, Direction Scientifique

M. MAZIERE, Chef du Centre de Cadarache



# Rapport

## 1. Introduction

- Déroulement de la visite :

La visite du Département de Technologie Nucléaire du CEA s'est déroulée sur le site de Cadarache les 15 et 16 février 2011. La visite a commencé par trois exposés généraux :

- présentation de la Direction des Objectifs par Mr. A. PORRACHIA (Direction d'Objectif)
- présentation du centre de Cadarache par Mr. M. MAZIERE (Chef de Centre)
- présentation du DTN par Mr. Eric KRAUS (Responsable du Département) et Mr. Christian LATGE Responsable de la Mission scientifique du Département

La présentation des activités du DTN s'est déroulée en quatre sessions correspondant chacune à l'un des quatre axes thématiques du Département. Chaque thématique était introduite par un exposé général, suivi d'un exposé scientifique par sous-thématique, et conclue par une analyse SWOT. La répartition du temps entre exposés et questions était d'environ 2/3 - 1/3. La visite a aussi comporté deux sessions de visites d'installations expérimentales. Enfin, le comité a eu l'occasion de rencontrer d'une part des représentants des personnels ingénieurs, chercheurs et techniciens et d'autre part des représentants des doctorants.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le Département de Technologie Nucléaire comporte quatre services : STRI (Service de Technologie des Réacteurs Industriels), STPA (Service des Technologies et Procédés Avancés), SMTMN (Service de Modélisation des Transferts et Mesures Nucléaires), SETT (Service d'Etudes Thermo-hydrauliques et Technologiques), comptant chacun de 2 à 4 laboratoires. Trois services sont implantés sur le site de Cadarache, le SETT étant implanté sur le site de Grenoble.

L'activité du Département consiste à développer des solutions technologiques ainsi que des moyens de mesure et des outils logiciels pour le développement des réacteurs nucléaires, autour de deux axes forts : la prolongation de la durée de vie des réacteurs du parc existant (REP de la génération II) et le développement d'une filière de réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium (génération IV). La recherche et développement au DTN est structurée en environ 75 projets, eux-mêmes divisés en quelques 200 actions, dont les thèmes principaux sont la technologie du sodium, les accidents graves, les assemblages, la contamination des installations et de l'environnement, la maîtrise des risques et le développement de mesures nucléaires.

Le travail du DTN est donc très orienté vers la technologie tout en développant sur certains sujets des problématiques scientifiques relevant de la recherche. D'une façon générale les sujets de recherche et développement sont issus de la demande des Directions d'Objectifs, d'autres départements du CEA ou des grands industriels du nucléaire avec lesquels le DTN entretient des liens contractuels forts (plus de la moitié de son budget).

Globalement, l'activité est plutôt orientée vers les plate-formes expérimentales et l'instrumentation. Pour la simulation numérique, les ingénieurs et chercheurs du DTN sont plutôt utilisateurs, bien que certains essais expérimentaux soient clairement orientés vers la validation de codes et conduisent à des collaborations étroites avec des équipes de modélisateurs relevant d'autres directions.



La préparation de l'évaluation par l'AERES a été l'occasion pour le Département de mener une réflexion sur ses objectifs et son organisation, qui a conduit le DTN à présenter son activité sous forme des quatre grandes thématiques suivantes :

- conception des circuits et des composants
- thermohydraulique et accidents graves
- instrumentation pour les mesures nucléaires et le contrôle des procédés
- transferts dans les réacteurs et l'environnement

Chaque thématique implique entre 35 et 40 ingénieurs-chercheurs et une vingtaine de techniciens. Ces thématiques se situent transversalement par rapport à l'organisation en services et laboratoires, qui est de ce fait restée peu visible par le Comité : c'est bien entendu cette présentation thématique qui sera retenue pour l'analyse de la production et du projet et que le Comité recommande d'approfondir à la suite de cette visite.

- **Equipe de Direction :**

L'équipe de direction est constituée du chef de Département et de son adjoint, d'un responsable Cellule projets, de 6 chefs de projets, du responsable de la mission scientifique et des quatre chefs de service, qui sont aussi responsables de thématique.

Sur les quelque 150 ingénieurs-chercheurs, le Département compte un tiers d'experts : directeurs de recherche (2), experts internationaux (2), experts seniors (18) ou experts (31) selon leur notoriété et expertise.

- **Effectifs de l'unité :**

	T1	T2	T3	T4	DTN
Ingénieurs-Chercheurs	34	38	40	33	145
Techniciens	23	21	25	16	85
Doctorants (*)	2 (5)	4 (8)	2 (6)	1 (6)	9 (25)
HDR	0	3	1	3	7

(\*) Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de doctorants à la rentrée 2010.



En se référant aux formulaires, il est possible de renseigner le tableau au format classique de l'AERES, les personnels étant affectés à la ligne N2 (EPIC) :

La différence entre le nombre de 150 ci-dessous et de 145 qui apparaît dans le tableau précédent provient du fait que ces 5 personnes ne sont pas rattachés à une thématique particulière, car faisant partie de l'équipe de direction.

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)		
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	150	150
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)		
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	85	85
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	15	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	9

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Le DTN constitue une unité de Recherche et Développement active qui développe un savoir-faire et des compétences dans de nombreux domaines de la technologie nucléaire, en particulier dans le domaine de l'instrumentation et des expériences sur maquette. Son action se présente clairement comme celle d'un département d'ingénierie ; le développement de son activité scientifique doit donc nécessairement s'appuyer sur des collaborations choisies avec le milieu académique (universités ou organismes de recherche).

- Points forts et opportunités :

L'un des points forts du DTN est sans conteste d'avoir su conserver le savoir-faire scientifique et technique lié aux réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium. Le développement de nouvelles filières dites de Génération IV à l'étude au Commissariat à l'Énergie Atomique s'appuiera nécessairement sur les connaissances accumulées et développées au DTN.

- Points à améliorer et risques :

En termes de politique scientifique, le comité a cru noter un certain manque d'autonomie et de capacité de décision du département. Les thèmes de recherche, éclatés en de très nombreux projets et actions, s'ils sont souvent importants et pertinents, semblent pilotés par les besoins des clients ou imposés par l'extérieur. La réflexion engagée sur l'articulation des activités du DTN autour de quatre grandes thématiques est de ce point de vue profitable et demande à être approfondie.



Le comité de visite a reconnu tout l'intérêt du rapprochement des activités de modélisation et développement logiciel de celles relatives à la production de résultats expérimentaux de référence et a particulièrement apprécié la synergie, source d'excellence, qui en résulte.

- **Recommandations:**

La vocation du DTN n'est pas principalement orientée vers la recherche amont mais comporte une forte composante développement. Cela se traduit par la production d'un nombre important de notes techniques à destination des clients industriels ou d'autres départements ou directions du CEA, qu'il n'appartient pas à ce comité d'évaluer.

En termes de publications scientifiques, la production moyenne sur l'ensemble des thématiques est relativement modeste, mais sérieuse. On note cependant une tendance marquée au confinement de la diffusion scientifique dans le milieu du nucléaire. Il apparaît au Comité que, sans renoncer à diffuser le résultat de ses travaux auprès de ses interlocuteurs naturels, le département gagnerait en notoriété et en visibilité à diversifier le choix des revues et des congrès où il publie ses résultats. Certains travaux produisent en effet des connaissances de base présentant un intérêt au-delà du seul champ applicatif du nucléaire.

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	139
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,93
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	5
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	21

*NB : Dans le tableau ci-dessus, on considère que l'indicateur de production d'un chercheur-ingénieur ne se mesure pas au seul nombre d'articles dans des revues à comité de lecture comme pour un enseignant-chercheur, nous avons aussi tenu compte de la production de rapports et notes techniques.*

### 3 • **Appréciations détaillées :**

L'analyse par thématique présentée dans la section 4 de ce document sera l'occasion d'examiner plus spécifiquement les caractéristiques de chaque activité. On ne retient ici que les grandes lignes communes qui pourraient caractériser l'activité du DTN dans son ensemble.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Comme cela est signalé à plusieurs reprises dans ce rapport, une grande partie des actions de R&D sont pilotées par la demande aval des industriels. Cette contrainte entre dans les missions d'un EPIC en général et plus particulièrement dans celles de ce département et crée un contexte où la publication n'est pas la principale mesure de la production (on s'attendrait cependant à ce que le nombre de brevets soit plus élevé). Il est donc difficile d'utiliser les critères habituellement appliqués aux laboratoires académiques dont la finalité est tout autre.

Cependant le DTN est une unité du CEA, élément important du dispositif de recherche français, et en tant que tel doit se fixer des objectifs atteignables mais clairement définis pour consolider sa visibilité scientifique :

- la demande du secteur aval et le contexte propre au CEA permettent au DTN de définir des problématiques spécifiques (conditions extrêmes, endommagement, mesures sous irradiation, technologie sodium...) qui





doivent conduire à développer des collaborations académiques de haut niveau dans lesquelles les partenaires peuvent trouver des champs d'application de leurs outils et de leurs méthodes,

- de telles collaborations devraient conduire à publier ou à communiquer dans des cercles qui s'étendent au-delà du périmètre restreint du nucléaire, car les résultats peuvent intéresser des spécialistes des mêmes disciplines opérant dans des champs d'application différents. Certaines actions sont engagées dans cette voie, mais une réflexion approfondie sur le sujet est à mener dans les différentes thématiques,
- l'effort engagé pour que les chercheurs confirmés obtiennent l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) doit être maintenu, car c'est un moyen de resserrer les liens avec les universités et les organismes de recherche et de favoriser le co-encadrement des doctorants.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

L'attractivité du département et en particulier sa capacité à recruter des chercheurs de haut niveau, débutants ou confirmés, éventuellement étrangers, est moins liée au rayonnement du DTN qu'à l'image du Commissariat à l'Energie Atomique en général, et plus globalement de l'industrie nucléaire. Celle-ci se réjouit depuis quelques années d'une « renaissance du nucléaire » qui se traduirait par la création de nombreux emplois, par un appel fort vers la recherche et les hautes technologies. Celle-ci se réjouit depuis quelques années d'une « renaissance du nucléaire » qui se traduirait par la création de nombreux emplois, par un appel fort vers la recherche et les hautes technologies. Cette « embellie conjoncturelle » est évidemment très fragile, et les événements récents remettent sans doute en cause les prévisions à ce sujet.

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :**

Les éléments à la disposition du Comité n'ont pas permis de dégager une appréciation claire de la gouvernance du Département. La rencontre avec les ingénieurs-chercheurs-techniciens d'une part et avec les doctorants d'autre part n'appelle pas de commentaire particulier.

Une inquiétude a été exprimée sur le sort des personnels du SETT, dont l'implantation sur le site de Grenoble semble devoir être mise en cause, mais il n'est pas sûr que cette décision relève du seul DTN. Un effort d'information à ce sujet de la part de la direction semble nécessaire.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le Comité a noté que la structuration thématique relativement récente laisse encore peu de place à un projet scientifique construit et traduit la mise en place d'une réflexion qu'il engage le DTN à poursuivre. Pour le moment le manque d'affichage de priorités scientifiques nuit à la lisibilité du projet. La stratégie scientifique du Département apparaît actuellement définie pour l'essentiel par rapport aux sollicitations de clients industriels, qui demandent des réponses technologiques précises à des questions issues de choix auxquels le DTN n'a pas participé. Dans le principe la stratégie suivie vise principalement à maintenir et enrichir les compétences dans un domaine dont le CEA est sans doute le seul dépositaire.

Cette pression du secteur aval pourrait avoir pour conséquence de négliger les aspects amont, alors que l'activité du DTN justifie amplement une collaboration ouverte avec le milieu académique pour dépasser ces problématiques ponctuelles.

Le Comité de Visite engage le Département dans son ensemble, à distinguer dans les lignes de forces de son activité, celles qui reposent sur une expérience spécifique au nucléaire, durablement acquise et indéniablement propice à des avancées technologiques, des développements qui nécessiteront une approche plus académique en lien avec les laboratoires de recherche. Une priorisation des travaux devrait s'accompagner d'une politique clarifiée d'affectation de moyens et d'une stratégie de partenariats, tant nationaux qu'internationaux, à mettre en cohérence avec les différents Départements collaborant (interférant) en interne.



- Données de production :

	T1	T2	T3	T4	DTN
Notes Techniques	690	410	350	370	1820
Publications RCL	23	54	18	49	144
Actes de Congrès	45	72	27	61	205
Brevets	6	7	8	0	21
Ouvrages	5	5	0	3	13
Thèses de Doctorat	2	7	4	3	16

*NB : les chiffres figurant dans ce tableau sont tirés des indications fournies par le DTN. La liste de publications fournie dans le rapport est probablement incomplète et aboutit à des chiffres inférieurs (61 articles RCL). Sur cette base, on obtient un taux de publication de 0,25 article dans des RCL par chercheur et par an et de 3,3 notes ou rapports par chercheur et par an.*

## 4 • Analyse thématique par thématique

L'analyse qui suit reprend le découpage par thématique tel qu'il apparaît dans le document écrit et qui a structuré les exposés scientifiques lors de la visite. Cette organisation, issue de la réflexion menée par le DTN en préparation de la présente évaluation, est donc nouvelle et ne se superpose pas à la structure opérationnelle du département en services et laboratoires.

### 4.1- Thématique 1 : Conception des circuits et composants des installations nucléaires

- Responsable de la thématique : M. Jean-Claude MAGUIN
- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La thématique T1 s'appuie sur les compétences de 5 laboratoires (LHC - LCIT - LTRS - LIET - LIPC). Ses objectifs s'inscrivent dans le cadre général des programmes de la Direction d'Objectifs : ONIA (Génération 2 et 3), SINF (Génération 4) et GODN (RJH, Simulation). Les enjeux, essentiellement technologiques, conduisent au développement de projets principalement en partenariat avec des industriels. Ses travaux contribuent au soutien des réacteurs du parc actuel (REP) et à la préparation de la 4<sup>ème</sup> génération (RNR sodium), via le projet à long terme ASTRID.

D'après le document « Bilan scientifique DTN 2006-2010 », cette thématique couvre les 6 programmes suivants :

- a. Etudes du fonctionnement hydraulique, thermique et mécanique de composants et systèmes pour les réacteurs à eau pressurisée (LHC).
- b. Etudes et conception de systèmes d'échange thermique pour les systèmes de conversion d'énergie des réacteurs du futur, réacteur hybride sous critique, fusion (LCIT).
- c. Etudes de conception et industrialisation de procédés et validation pour les opérations liées au démantèlement des RNR refroidis au sodium (LTRS).



- d. Etudes et conception de technologies liées à la mise en œuvre des métaux liquides (LCIT, LIPC).
- e. Etudes de conception de technologies destinées à la mise en œuvre de gaz (LCIT et LIPC).
- f. Etudes de conception de dispositifs d'irradiation pour le Réacteur Jules Horowitz (LCIT).

Ces 6 items ont été réduits à quatre sous-thématiques (ST), présentées lors du Comité de Visite.

ST1 - Etudes du fonctionnement de composants et de systèmes pour les REP

ST2 - Etudes de conception de composants

ST3 - Conception de dispositifs d'irradiation pour le réacteur RJH

ST4 - Validation et industrialisation de procédés de démantèlement des RNR-Na

#### – La pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats

ST1 - La qualification des assemblages dans les plateformes HERMES-P et -T et l'analyse phénoménologique du colmatage des générateurs de vapeur (GV) dans la boucle COLENTEC montrent l'intérêt et la pertinence de l'approche combinée « essais - modélisation ». Ces actions s'inscrivent dans un contexte de sûreté de conception et de durée de vie, dans lequel la fatigue thermique joue un rôle important.

ST2 - La méthodologie de conception des échangeurs thermiques repose sur la réalisation d'expériences et de calculs complémentaires. Cette démarche d'ingénierie est adaptée aux développements essentiellement technologiques réalisés. Les activités relatives aux pompes électromagnétiques (PEM), en particulier comme alternative aux pompes mécaniques, présentent néanmoins des spécificités. Elles conduisent à une réflexion plus approfondie, qui s'appuie sur des collaborations plus académiques et sur des analyses de qualité.

ST3 - Les travaux générés par ce grand outil expérimental que sera le réacteur expérimental RJH de 100 MWth producteur de radioéléments (investissement 700 M€, dont 250 M€ de grand emprunt national) doivent permettre de répondre à deux enjeux majeurs. Il s'agit d'abord de comprendre le comportement sous irradiation des matériaux et combustibles des différents réacteurs (actuels et futurs). Mais il conviendra aussi d'assurer 25 à 50 % de la production européenne de radioéléments pour les applications médicales ( $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$ ). La potentialité de la large gamme d'études possibles est illustrée ici par une démarche de conception d'un dispositif d'irradiation de matériaux à caloporteur Na/K. L'impact international de cette sous-thématique est à mettre en exergue, même s'il est essentiellement lié à la mise en œuvre du RJH. Certains volets plus amont pourraient cependant conduire à une ouverture nationale.

ST4 - Après une mise en veille consécutive à l'arrêt de Superphénix, la réactualisation du savoir-faire et l'acquisition de nouvelles connaissances permettent de proposer une panoplie complète des différents procédés de traitement du sodium. Parmi ceux-ci, le procédé de neutralisation par carbonatation a fait l'objet d'une véritable recherche amont, pour son optimisation (confrontation expérience - modélisation), pour le traitement potentiel du sodium résiduel des cuves RAPSODIE et PHENIX par exemple, ainsi que pour la prise en compte, dès la conception, du démantèlement du réacteur de 4<sup>ème</sup> génération ASTRID. La plateforme technologique « Sodium et métaux liquides » contribue à un fort impact international de cette sous-thématique, via le vecteur de l'Ecole du sodium. Le réel potentiel de cette activité devrait stimuler la production scientifique, en particulier pour sa part de revues internationales avec comité de lecture.

#### – La quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions

Le tableau ci-dessous récapitule la production scientifique de la thématique :

Notes techniques	Revue à comité de lecture	Actes de congrès	Brevets	Ouvrages	Thèses de doctorat
690	23	45	6	5	2 (5)

Le nécessaire partenariat industriel qui accompagne les recherches technologiques sur ce domaine spécifique ne constitue pas un environnement particulièrement favorable à la publication, tel qu'on peut le retrouver dans un laboratoire de recherche classique. Toutefois, les problèmes liés à la carbonatation ou à la fatigue thermique par



exemple sont suffisamment abordés de manière scientifique (au sens universitaire) pour pouvoir donner lieu à publication. Il convient donc de développer les collaborations académiques à long terme pour permettre de consolider la visibilité scientifique.

- La qualité et pérennité des relations contractuelles

Comme pour toutes les thématiques affichées par le DTN, l'existence même de la thématique T1 repose sur un tissu de relations solide avec les entreprises dont principalement AREVA et EDF. La pérennité des actions est totalement liée à la stratégie de développement des programmes RJH et ASTRID.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Cette thématique regroupe des activités dont les objectifs sont essentiellement liés aux applications technologiques, ce qui conduit à un partenariat très ciblé et à des échanges principalement internes, entre différents Départements du CEA.

- Le nombre et la renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales

Il n'est fait état d'aucune distinction scientifique particulière.

- La capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers

Même si sa capacité à recruter ne peut être estimée dans son seul domaine, mais relève davantage de l'ensemble du Département, de par son activité, cette thématique T1 n'affiche pas un grand nombre de doctorants dans son bilan.

- La capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité

Le tissu industriel en lien avec la thématique est le gage de son financement. Il n'est pas fait mention d'un partenariat privilégié avec les pôles de compétitivité

- La participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers

De façon générale, même si plusieurs activités s'ouvrent vers l'extérieur, la faiblesse notée en termes de partenariats académiques se traduit par un nombre limité de participations à des programmes. On notera toutefois une présence dans la communauté MHD attestée par la co-organisation du GDR CNRS PAMIR et plusieurs collaborations internationales principalement dans le cadre du développement des PEM et de la fatigue thermique des Tés de mélange.

- La valorisation des recherches et les relations socio-économiques ou culturelles

Six brevets sont affichés dans la thématique, en cohérence avec les activités technologiques développées.

- **Appréciation sur le projet :**

Comme pour toutes les autres thématiques nouvellement affichées, la réalité d'un projet est toute suggestive. Il s'agit essentiellement de préserver et consolider les compétences acquises dans un domaine pour lequel le CEA reste indiscutablement le principal acteur.

Sur cette base, la stratégie scientifique du Département se structure majoritairement en réponse aux sollicitations de grands partenaires industriels, eux-mêmes contraints de donner des réponses technologiques précises à des choix politiques et économiques réalisés au plus haut niveau.



- L'existence, la pertinence et la faisabilité d'un projet scientifique à moyen ou long terme

Au vu du document « Projet scientifique DTN » et des exposés oraux, il est possible de considérer que le projet scientifique de la Thématique 1 s'appuiera sur un maintien de l'équilibre des projets R&D concernant, d'une part, la maîtrise des composants technologiques des réacteurs de 2ème et 3ème générations, et d'autre part, le soutien aux deux grands projets de conception intégrée de dispositifs du réacteur expérimental d'irradiation RJH et du développement du réacteur de 4ième génération ASTRID. Les activités liées aux réacteurs RJH et ASTRID semblent être plus propices à la mise en place d'un projet scientifique que celles liées aux réacteurs de 2ème et 3ème génération qui exigent de solutionner des problèmes au cas par cas.

- L'existence et la pertinence d'une politique d'affectation des moyens

Pour la période 2011-2015, les activités des thématiques seront probablement conduites à Effectifs Moyens Budgétés (EMB) constants. L'essentiel du budget global de R&D du Département DTN étant financé contractuellement dans le cadre de partenariats industriels, quasiment sans fonds propres CEA, il est difficile d'émettre un avis spécifique sur l'existence et la pertinence de la politique potentielle de moyens financiers affectés au projet de la thématique T1.

- L'originalité et la prise de risques

Il est nécessaire de s'interroger sur les conséquences de cette recherche fortement finalisée, au regard du maintien et du renouvellement indispensable des connaissances de base, qui doivent être générées en amont, pour éviter le risque d'obsolescence des compétences et du savoir-faire. Néanmoins, cette remarque peut être, pour partie, tempérée par le démarrage effectif depuis la rentrée universitaire 2010-2011 de trois nouvelles thèses dans la Thématique 1.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Cette thématique, très technologique, bénéficie d'atouts indéniables pour son développement : approche pluridisciplinaire, plateformes expérimentales, développement d'outils numériques. Elle tient aussi une place importante dans un contexte de mise en œuvre des réacteurs RJH et Astrid.

- Points forts et opportunités :

Les points forts des laboratoires contribuant à la Thématique 1 résident dans l'existence, en leur sein, de compétences pluridisciplinaires. Il est également à noter la diversification des plateformes expérimentales et la visibilité internationale des collaborations. L'affichage d'une compétence sodium (technologie, école du sodium, implication dans des masters) permettra de positionner le DTN comme une entité totalement crédible au plan international.

- Points à améliorer et risques :

Les mécanismes qui conduisent, à partir de la « force de proposition » que constitue la base des laboratoires de la Thématique 1, à la traduction des grands objectifs en projets, mériteraient d'être mieux explicités.

L'environnement industriel prégnant engendre une faiblesse récurrente de la recherche amont, souvent soulignée par les membres des thématiques. Si le Département DTN n'a pas vocation à se substituer à des entités de recherche, son activité mériterait cependant une plus grande concertation et la mise en œuvre de solutions dépassant la réponse partielle liée au cadre commun des thèses.

La segmentation des interventions des laboratoires dans les projets menés, la large diversification de l'activité et le manque de priorités scientifiques affichées au-delà du seul objectif technologique imposé, rendent difficile la perception d'une stratégie véritablement construite. Même s'il est indéniable qu'un effort particulièrement louable d'affichage thématique a été réalisé pour l'évaluation, ces éléments nuisent à une vision cohérente de l'ensemble des actions.



Enfin, il serait souhaitable que la production scientifique en termes de publications dans des revues à comité de lecture soit initiée et encouragée par la hiérarchie. Cette évolution pourrait découler d'une politique volontariste de partenariats pérennes avec le monde académique.

– Recommandations :

Les recommandations pour cette thématique rejoignent celles concernant le Département dans son ensemble, pour dégager les lignes de forces de son activité, en distinguant ce qui relève de l'ingénierie spécifique au secteur nucléaire de ce qui nécessite une approche plus amont en liaison avec des laboratoires de recherche.

#### 4.2- Thématique 2 : Thermo-hydraulique et accidents graves

- Responsable de la thématique : M. François BOUSSARD
- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La qualité du travail produit dans cet axe est très bonne. Elle se place au meilleur niveau mondial tant sur le plan expérimental que sur celui de la modélisation.

L'activité de la thématique a été présentée dans deux directions principales :

- la thermo-hydraulique diphasique et en particulier la problématique scientifique autour de la crise d'ébullition qui est un point crucial pour la sûreté des réacteurs nucléaires. Les équipes mènent des recherches à la fois, en expérimentation et en modélisation numérique, plus fondamentales et petites échelles sur le site de Grenoble et plus macroscopiques sur le site de Cadarache. Les progrès réalisés dans le domaine de l'instrumentation de mesure permettent la production de bases de données originales de grande qualité.
- les accidents graves pour lesquels les équipes développent leur expertise en thermo hydro chimie. Là encore les équipes mènent avec un succès indéniable des recherches qui font référence au niveau international. Remarquons ici encore les fruits portés par la proximité des équipes d'expérimentateurs et de simulateurs qui permettent par une confrontation systématique quotidienne la production d'excellents résultats.

La politique scientifique qui consiste à associer dans les mêmes équipes modélisateurs développeurs de codes et expérimentateurs semble particulièrement efficace pour la production d'éléments permettant de comprendre ce qui se passe dans ce type de problèmes particulièrement complexes et multi-physiques. On peut citer ici les succès des recherches sur le prémélange corium-eau en cas de fusion du cœur de réacteur et de l'explosion eau vapeur qui peut en résulter.

Le nombre de publications dans les journaux à comités de lecture est raisonnable pour un EPIC. L'activité en termes de production de rapports et notes techniques est bonne.

La thématique est soutenue par des thèses sur des sujets bien choisis par les équipes de Grenoble qui profitent des liens quotidiens qu'ils ont su tisser dans la durée avec l'université et les écoles toutes proches.

- Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :

Le rayonnement est important dans le monde du nucléaire. Il pourrait être plus important encore si une politique plus ambitieuse était menée sur les publications et la participation à l'organisation de conférences internationales. L'équipe est très bien intégrée dans son environnement académique Grenoblois. Si les liens du site de Cadarache avec les universités - en particulier d'Aix-Marseille - sont forts, le relatif isolement du site rend plus difficile son intégration avec le milieu académique (participation à séminaires, cours pour les doctorants, possibilité de vacations d'enseignement, ...). La plateforme d'expérimentation PLINIUS sur les phénomènes liés aux accidents graves suscite un intérêt international continu.



- **Appréciation sur le projet :**

On ne peut donner d'appréciation précise sur le projet étant donné qu'il n'est pas développé dans le rapport écrit. L'exposé oral a montré que les équipes maîtrisaient les challenges scientifiques, avec une vision claire des limitations actuelles. Il y a sur la thématique des accidents graves une vraie prise de risque. La demande est forte sur cette thématique et les moyens humains affectés pourraient être plus importants.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

C'est une très bonne équipe travaillant sur des sujets où le Commissariat à l'Energie Atomique est ici pleinement dans son rôle.

- Points forts et opportunités :

- Qualité de persévérance liée à l'exigence des essais sur « vrais » matériaux et pas sur des simulants.
- Chaîne complète d'essais à petite et moyenne échelle.
- Développement de méthodes numériques et simulation.
- Il semble que ce sujet soit un argument commercial fort pour les partenaires.
- La maîtrise des accidents graves sur les réacteurs Génération 4 refroidis au sodium est un élément déterminant pour cette filière. Le projet ASTRID est donc très structurant pour cet axe.

- Points à améliorer et risques :

La communication de certains travaux faits dans ces entités est insuffisante et c'est dommage eu égard à leur qualité. Une politique trop frileuse autour de la diffusion des codes fait courir le risque d'un faible impact intellectuel du CEA dans la communauté scientifique internationale.

Par ailleurs sur le thème de la sûreté et des accidents graves, l'articulation des recherches avec celles menées dans d'autres organismes (IRSN, IN2P3) devrait être explicitée.

- Recommandations :

Cette thématique est une des thématiques phares du département. Le choix de s'appuyer sur des équipes rassemblant expérimentateurs simulateurs et développeurs de code porte beaucoup de fruits. On ne peut que conseiller de garder ce type d'organisation. Il serait probablement souhaitable de renforcer les moyens humains sur cette thématique. Les codes de calcul développés dans ce créneau pourraient être le vecteur d'un bon rayonnement international et un facteur d'attractivité si une politique de co-développement dans un code ouvert était choisie et assumée.

### 4.3- Thématique 3 : Instrumentation pour les mesures nucléaires et le contrôle des procédés

- **Responsable de la thématique :** M. Eric HERVIEU
- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Cette thématique, qui s'appuie sur 5 laboratoires du Département, traite principalement du développement d'une instrumentation spécifique et de la mise en œuvre de méthodes de mesure, appliqués au domaine particulier du nucléaire. Elle a pour objectif de contribuer à une exploitation optimale et sécurisée de l'ensemble de la filière, mais également à la validation des codes par la constitution de bases de données ; son interaction avec d'autres départements, en particulier le DER est donc à souligner. La thématique T3 groupe 3 Sous-Thématiques (ST) :

ST1 - Instrumentation pour les réacteurs à neutrons rapides (RNR) à caloporteur sodium



ST2 - Mesure nucléaire non destructive appliquée à la caractérisation radiologique, physique et élémentaire

ST3 - Instrumentation thermo-hydraulique

– La pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats

ST1 - Dans le domaine des RNR et RNR-Na, il est important de noter que les développements actuels font suite à une période d'activité réduite d'environ une dizaine d'années. Du fait des conditions extrêmes de leur mise en œuvre, les recherches menées sont très originales. Elles traitent à la fois de l'inspection depuis l'extérieur de la cuve (problématique de multicouches à fort gradient d'impédance acoustique), des conséquences de la mouillabilité complexe du sodium liquide et de la mesure de son engazement. Les résultats obtenus devraient conduire à des conséquences significatives en termes d'exploitation et de surveillance des réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération. Une analyse fine des diagnostics développés pourrait également conduire à des retombées bien plus larges que le seul domaine nucléaire comme l'aéronautique (multicouches de composites, mouillage des collages structuraux), ou le biomédical (engazement du sang).

ST2 - S'inscrivant parfaitement dans le cœur du métier nucléaire, les recherches réalisées dans cette sous-thématique sont très pertinentes, puisqu'elles visent à caractériser par interrogation neutronique, spectrométrie ou imagerie, les déchets mais aussi l'ensemble du procédé et sa sécurisation (détection des menaces NRBCE). L'ensemble de ces études pourrait aussi conduire à des développements diversifiés en termes d'applications industrielles, notamment relatifs à la neutronographie (collages et composites aéronautiques).

ST3 - Les activités dans le cadre des écoulements mono ou diphasiques sont de grande qualité, en particulier parce qu'elles s'appuient sur les compétences multidisciplinaires avérées du personnel. Elles attestent également d'une grande cohérence qui permet de répondre aux enjeux d'une analyse fine des mécanismes en parallèle de la création de bases de données fiables pour la validation de nouveaux modèles de calcul. Parmi les différentes techniques d'instrumentation, on peut noter en particulier l'utilisation originale de la RMN pour la caractérisation non intrusive d'un écoulement diphasique, même s'il est évident que ce type d'investigation présentera de réelles difficultés d'adaptation aux conditions d'exploitation.

– La quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions

De manière générale, la production scientifique est plutôt bonne si l'on tient compte des difficultés à publier dans les domaines technologiques, qui plus est nucléaires, notamment à ces échelles d'expérimentation (validation par exemple d'une manipulation en sodium liquide), et compte tenu aussi de la confidentialité nécessaire dans ce domaine. A remarquer que les publications du ST1 ne sont pas obtenues que dans la seule « niche » nucléaire et qu'elles conduisent également à plusieurs brevets.

– La qualité et pérennité des relations contractuelles

La thématique affiche un réseau de collaborations particulièrement dense et judicieusement élaboré équilibrant des relations historiques à vocation industrielle avec des partenariats académiques, établis principalement dans le cadre de thèses ou de groupements de recherche. Les compétences non disponibles en interne sont systématiquement recherchées à l'extérieur. Cette ouverture scientifique est attestée par le développement d'une politique de co-direction de thèses avec des établissements de l'Enseignement Supérieur et par des publications cosignées.

Même si la pérennité des relations n'est jamais totalement garantie, elle est cependant très sérieusement prise en compte dans toutes les réflexions de la thématique.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Du fait de l'affichage récent des activités du département en quatre thématiques, il est évident que l'intégration de l'une d'entre elles dans son environnement, ne peut être véritablement différenciée du positionnement global du département DTN. Cette présentation choisie a posteriori, conduit de fait à l'inventaire d'une répartition, bien plus qu'à une réelle évaluation de la capacité des thématiques à répondre aux critères retenus.





Au sein du Département de Technologie Nucléaire, cette thématique présente une cohérence certaine de par les technologies spécifiques qu'elle met en œuvre. Cependant cette activité ne conduit pas à une visibilité comparable à celle d'un laboratoire de recherche en termes d'attractivité et de rayonnement.

- Prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales

On peut noter le 1er prix de l'innovation technologique pour des activités relevant de la mesure nucléaire non destructive (ST2)

- Capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers

La capacité à recruter ne relève pas de la seule thématique et s'inscrit davantage dans une politique globale du CEA, au regard des orientations stratégiques retenues, en lien avec ses partenaires industriels. Le recrutement s'accompagne alors d'une sélection très rigoureuse qui assure un bon niveau des doctorants.

Dans le cadre de cette thématique, on note aujourd'hui un nombre encore limité de doctorants, mais dont les sujets sont bien choisis, en articulation avec le monde académique. En revanche, on ne peut que constater une véritable faiblesse en termes de post-doctorants, que la seule explication des conditions budgétaires ne peut justifier.

- La capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité

Le positionnement du CEA et plus particulièrement de son département DTN est indiscutablement le meilleur pour ce qui concerne le nucléaire en France. De ce fait, il a acquis depuis de nombreuses années une légitimité indiscutable dans cette thématique et il est le partenaire privilégié de partenaires industriels reconnus (EDF, AREVA...).

La thématique n'affiche pas de spécificité particulière au regard de la politique globale du département et de sa capacité à obtenir des financements et le rapport ne fait pas état de liens privilégiés avec les pôles de compétitivité régionaux. On notera néanmoins une propension naturelle à collaborer avec de nombreux fabricants de capteurs.

- La participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers

La thématique « Instrumentation » concourt aux programmes définis par le CEA. Elle s'inscrit de fait dans peu de programmes nationaux et internationaux. Les collaborations sont souvent ponctuelles, mais il faut noter la création d'un Laboratoire Commun avec l'Université de Provence qui a vocation à s'élargir à d'autres universités de la région, sur le thème de « l'instrumentation et la mesure en milieux extrêmes » (LIMMEX).

- La valorisation des recherches et les relations socio-économiques ou culturelles

Alors qu'une politique en faveur de la prise de brevets est mise en œuvre dans le département (éventuellement au détriment des publications), la thématique ST3 a montré qu'elle pouvait atteindre un équilibre correct entre brevets et publications (4 brevets - 13 publications).

La valorisation des recherches s'appuyant aussi sur une transmission des connaissances, on notera, de façon générale, une implication des personnels du DTN dans les enseignements développés par l'INSTN et les Universités, en particulier dans la 'Filière Instrumentation' de l'Université de Provence.

- **Appréciation sur le projet :**

Les documents transmis pour l'évaluation ou les présentations au Comité n'ont pas véritablement fait état d'un projet scientifique, mais davantage d'une poursuite des activités du Département, conditionnée par les choix politiques et technologiques qui doivent être réalisés en 2012.



- L'existence, la pertinence et la faisabilité d'un projet scientifique à moyen ou long terme

Pour ce qui concerne le volet « Instrumentation » et ses trois sous-thématiques, le département porte des projets principalement en rapport avec les réacteurs à eau de génération 2 et 3, et en accord avec les perspectives du CEA relatives aux futurs réacteurs RJH et ASTRID.

- L'existence et la pertinence d'une politique d'affectation des moyens

L'histoire montre que la politique d'affectation de moyens est sujette aux décisions politiques qui peuvent lourdement handicaper la poursuite d'une opération. Actuellement, les thématiques sont portées par une renaissance des projets et, au niveau financier, par des enveloppes dédiées au titre du Grand Emprunt.

- L'originalité et la prise de risques

Les risques sont liés à la très haute technologie des projets, à la diversité de la demande et à la temporalité des retours d'investissement. Il conviendra d'être vigilant sur la pérennité des ressources financières et humaines déployées.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

La thématique instrumentation est portée par une équipe compétente, qui possède une solide expérience.

- Points forts et opportunités :

Cette thématique affiche un regroupement d'actions cohérentes qui se développent sur la base de compétences certaines. Sa force repose également sur sa capacité à rechercher les partenariats pertinents aux niveaux national et international, lorsque cela s'avère nécessaire. Elle bénéficie actuellement d'un fort soutien, du fait des défis lancés à l'occasion des recherches sur les générateurs de génération III ou IV.

- Points à améliorer et risques :

Les cotutelles de thèses pourraient être encore davantage utilisées comme « déclencheur » de collaborations avec les laboratoires académiques. Ce point a été compris par la Direction Scientifique de la DEN qui met en place une politique d'incitation à obtenir l'Habilitation à Diriger des Recherches. Plusieurs personnels ont manifesté le souhait que cette incitation se traduise par un temps de préparation inclus dans le temps de travail.

Le risque principal est lié à la pérennité du soutien politique aux études auxquelles les thématiques contribuent (filiale neutrons rapides/sodium) et à une augmentation actuelle de la sollicitation pour des études qui pourraient ne pas donner les résultats directement utilisables dans les délais impartis.

- Recommandations :

Si l'affichage thématique construit pour l'évaluation sert de référence à une évolution, les activités en lien avec les diagnostics devraient trouver dans ce cadre un environnement favorable. Néanmoins, il faudra particulièrement veiller à accroître les liens avec la communauté scientifique académique et à renforcer le volet publication. Même si l'instrumentation reste appliquée au contexte très spécifique des réacteurs nucléaires, la consolidation d'une ouverture pourrait permettre d'assurer la pérennité des développements par une diversification de leurs applications.



#### 4.4- Thématique 4 : Transferts dans les réacteurs et dans l'environnement

- Responsable de la thématique : M. Serge ANTHONI
- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Cette thématique a pour objectif de mettre au point et d'utiliser des outils de simulation, opérationnels et validés dans trois domaines :

- 1- L'apparition et le dépôt de radioéléments dans les circuits primaires et secondaires de réacteurs nucléaires
- 2- La migration de radioéléments relâchés par les installations nucléaires, en particulier les stockages de déchets nucléaires
- 3- L'impact sanitaire (populations et écosystèmes) des installations, en particulier celles du site de Cadarache.

Trois services du DTN sont mobilisés sur cette thématique, qui est néanmoins principalement portée par le LMTR pour la sous-thématique 1 et le LMTE pour les sous-thématiques 2 et 3, soit en tout une cinquantaine de personnes dont 2/3 de cadres.

Pour le sous-thème 1, les résultats sont intégrés au sein du code OSCAR doté d'un module de spéciation chimique issu de PHREEQC. Des mesures in situ lors d'arrêts de tranche ont permis d'en vérifier les performances pour les produits de corrosion activés ( $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$ ), tandis que la boucle CIRENE a permis de progresser sur la question de la contamination des GV, en mettant en évidence la persistance d'incertitudes encore notables sur les solubilités. A moyen terme, il est prévu d'incorporer des informations sur le comportement des actinides et produits de fission. Il est aussi envisagé de transférer les approches retenues dans OSCAR pour l'étude des produits de corrosion dans les RNR sodium. Cette activité est très bien relayée dans les grandes conférences internationales du secteur, le DTN participant à l'organisation de la prochaine conférence NPC Nuclear Plant Chemistry à Paris en 2012.

L'expertise du DTN est sollicitée dans le cadre du programme EMECC en Grande Bretagne, Belgique, Allemagne, Espagne (intervention dans des centrales nucléaires). Pour ce sous-thème, l'activité de publication dans des revues à comité de lecture est très modeste, essentiellement sur des thématiques reliées à ITER.

Le sous-thème 2 correspond à une compétence développée depuis les années 90 en matière de modélisation intégrée du comportement à long terme des stockages de déchets nucléaires. L'équipe concernée (LMTE) a acquis progressivement une bonne maîtrise de codes couplés chimie-transport en milieu poreux saturés (HYTEC) ou insaturés (Tough2, Toughreact). Ces codes sont développés à l'extérieur (Mines ParisTech pour Hytec, sous pilotage du consortium PGT dont le DTN fait partie) et au LBNL pour Tough2. Notons quelques excursions dans le domaine du stockage souterrain du CO<sub>2</sub>. L'ANDRA s'appuie sur le DTN pour la conduite de calculs d'évolution à long terme des matériaux en interaction dans le champ proche, notamment les bétons, les verres de stockages, les conteneurs et les argiles (de site ou de barrière ouvragée). Le DTN est bien positionné sur cette thématique, et sur la période 2006-2010, a produit plus de 20 articles dans des revues à Comité de Lecture. C'est certainement dans ce domaine que l'activité de publication (RACL) du DTN est la plus soutenue.

Pour ce qui concerne le sous-thème 3, le LTME dispose de plusieurs modèles analytiques et numériques de dispersion atmosphérique pour caractériser l'impact des rejets de contaminants. Ces outils sont soit développés par le CEA soit issus du commerce ou d'autres organismes, et utilisables selon le périmètre d'étude (de l'échelle locale à celle du bassin industriel jusqu'à l'échelle régionale). D'une manière générale, les essais effectués par le LTME et les résultats obtenus laissent entrevoir une bonne maîtrise des différents modèles ainsi que leurs limites d'utilisation. Des pistes sont tracées pour le futur, d'une part pour améliorer la prise en compte dans les simulations des phénomènes météorologiques locaux (notamment les champs de vent) et de la topographie du site, d'autre part pour valider expérimentalement les codes de calcul (traçage SF6).



- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Concernant le sous-thème 1, le DTN est un acteur de référence sur l'évaluation de la contamination dans les circuits des réacteurs, et bénéficie d'un grand savoir faire, appuyé sur des outils opérationnels (codes validés, boucles).

Pour le sous-thème 2, la forte activité de publication est la conséquence d'un besoin vital de reconnaissance extérieure. En effet, contrairement à la plupart des secteurs d'activité du DTN, c'est un secteur concurrentiel et ouvert, en forte compétition avec d'autres acteurs (BRGM, Universitaires, bureaux d'études) qui n'hésitent pas à casser les prix. Pour être pérennisée, cette activité doit impérativement garder une longueur d'avance sur la concurrence et être au meilleur niveau international.

D'une manière générale, la stratégie en matière de dispersion atmosphérique est apparue ici moins explicite que dans les autres axes. La simulation des transferts dans l'atmosphère s'effectue dans un cadre réglementaire qui impose certaines conditions comme par exemple la taille des particules. Il est manifeste que le DTN veut garder la maîtrise et une certaine autonomie dans les calculs d'impact sur le site de Cadarache et, de ce fait, donne l'impression de s'affranchir d'une certaine recherche en amont qui lui permettrait sans doute une approche plus exhaustive des méthodes utilisées par ailleurs dans le transfert des pollutions atmosphériques. Cette absence d'activité amont se ressent sur le faible taux de publication dans ce domaine. Des partenariats avec des laboratoires universitaires ou des organismes de recherche dont ces thèmes sont proches permettraient sans doute de gagner en efficacité.

- **Appréciation sur le projet :**

Pour le sous-thème 1, le projet scientifique se résume à une amélioration du code OSCAR, permettant une prise en compte d'une phénoménologie plus complète, en considérant actinides et PF. Le défi le plus important est la réalisation d'un code inspiré d'OSCAR pour la prévision des transferts dans les futurs RNR Na. Néanmoins, les projets restent assez qualitatifs, et manquent d'une vision en lien avec les grands jalons du développement de la technologie et des programmes expérimentaux associés (notamment ceux envisagés pour le prototype ASTRID).

Pour le sous thème 2, différents items sont mentionnés concernant la carbonatation des bétons, la simulation des alvéoles de boues bitumées et l'implémentation du modèle Graal dans la simulation des alvéoles de déchets vitrifiés. Il manque une mise en perspective de ces développements par rapport aux priorités et jalons du projet HAVL de l'ANDRA, et une identification claire des verrous scientifiques, ainsi que des efforts nécessaires à leur résolution.

Pour le sous-thème 3, le DTN devra être en mesure d'alimenter les modèles de dispersion atmosphérique en données d'entrée réalistes et, de ce point de vue, les perspectives de reprise des recherches sur le sodium font pointer un déficit de spécialistes de la physique des aérosols au sein du département. L'optimisation des modèles de dispersion incluant des transformations chimiques d'aérosols de sodium, qui fait partie du projet scientifique du DTN dans les années proches, devra vraisemblablement passer par la mise en œuvre de collaborations avec des équipes de recherche qui travaillent dans le domaine de la physico-chimie des aérosols.

- **Conclusion :**

- Avis global :

La thématique « Transferts dans les réacteurs et l'environnement » correspond à un regroupement un peu hétérogène de sous-thématiques, d'outils et d'équipes, même si le mot clé « transferts » se retrouve dans les différentes composantes. Pour ce qui concerne les transferts en réacteur, un code unificateur OSCAR et une démarche éprouvée dans les REP, associés à un support expérimental solide et reconnu, assurent à cette première sous-thématique une solidité et une pérennité indiscutables. Le deuxième sous-thème, concernant les transferts dans les stockages, a su se démarquer par la mise en œuvre de codes couplés complexes pour représenter l'évolution à long terme du champ proche. Il manque une vision stratégique à long terme, en lien avec les grands jalons de l'ANDRA, et une ambition plus large pour la prise en compte éventuelle des transferts

jusqu'à l'exutoire, qui considère l'essentiel de la réactivité chimique des radioéléments (solubilité, complexation, rétention).



Pour les transferts atmosphériques, la volonté de garder une approche « propriétaire », spécifique aux sites CEA, pourrait risquer de contrarier les interactions souhaitables des équipes du DTN avec les meilleurs spécialistes du domaine, tant en ce qui concerne la modélisation, que la phénoménologie. La physico-chimie des aérosols doit être en particulier renforcée, dans l'hypothèse de développements accrus en matière de prévision des impacts de feux de sodium dans les réacteurs RNR-Na.

– Points forts et opportunités :

Bonne maîtrise des outils de modélisation, forte légitimité dans la contamination des circuits des REP. Développements importants attendus dans cette thématique pour les futurs réacteurs rapides au Na et le prototype Astrid.

– Points à améliorer et risques :

Pour les sous thématiques 2 et 3, la réflexion stratégique n'est pas assez aboutie et doit mieux tenir compte de la concurrence et des partenariats à développer. Les ambitions affichées apparaissent comme insuffisantes pour espérer maintenir les équipes au meilleur niveau, dans un contexte particulièrement concurrentiel pour le sous-thème 2.

– Recommandations :

Il est souhaitable que les équipes du DTN puissent améliorer l'analyse stratégique et prospective de leurs programmes, en lien avec les grands jalons des projets industriels associés. Il est probable que la césure entre les départements et la Direction d'Objectifs (ou s'élabore la stratégie programme) ne facilite pas l'émergence d'une stratégie propre au département. Pour autant, la DOB doit donner les grands jalons et priorités (à travers les « directives programmes »), mais le département doit aussi anticiper de manière plus claire la manière dont il va pouvoir s'adapter pour apporter des réponses. Il serait aussi bénéfique pour les équipes de renforcer la vision de leur positionnement par rapport au contexte national et international, dans un contexte où la R&D dans le nucléaire se re-développe, mais comme le CEA reste au mieux à moyens constants, il importe de bien sélectionner les créneaux sur lesquels il veut être incontournable et renforcer sa position au niveau national et international.

Un autre aspect concerne les données de base et les bases de données (thermodynamiques notamment) ainsi que la phénoménologie des processus étudiés et modélisés. En effet, la thématique RNR-Na revient sur le devant de la scène, et nécessite de réinvestir certains secteurs de la connaissance plus amont. Il est impératif que, sur cette thématique, le DTN puisse clairement indiquer les verrous scientifiques attendus dans les 10 années à venir, et quantifier les efforts de recherche nécessaires. Pour réussir à lever ces verrous, il sera certainement essentiel d'accentuer les efforts dans plusieurs domaines « amont » et d'identifier les ressources extérieures et les collaborations auxquelles il sera indispensable de faire appel.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
DTN : Département de technologie nucléaire	B	A	A	Non noté	A
<i>Conception des circuits et composants</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>
<i>Thermohydraulique et accidents graves</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>
<i>Instrumentation pour mesures nucléaires et contrôle procédés</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>
<i>Transferts dans les réacteurs et l'environnement</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>Non noté</i>	<i>B</i>

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

## Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

## Intitulés des domaines scientifiques

### Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

ST6 - Sciences et technologies de l'information et de la communication

Direction de l'Energie Nucléaire

Le Directeur

CEA/DEN/DS  
DO 42 26/04/11



diffusé le : 26/04/11



énergie atomique • énergies alternatives

Monsieur Pierre GLORIEUX  
AERES  
Directeur de la Section des Unités  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

Saclay, le 26 avril 2011

Monsieur le Directeur,

Le rapport préliminaire d'évaluation AERES du Département de Technologie Nucléaire reflète globalement une image du DTN qui nous paraît trop négative. Certaines spécificités du CEA ne semblent pas avoir été prises en compte. Quelques points particuliers appellent une réponse de notre part, pour ne pas rester sur une incompréhension.

#### **Organisation et gouvernance**

Le rapport d'évaluation exprime en quelques endroits des doutes sur l'organisation de la gouvernance à la DEN en général et au DTN en particulier. La gouvernance de la DEN a peut-être été mal expliquée aux experts évaluateurs, comme le laisse supposer le paragraphe de la page 3, qui confond ou mélange les départements, les directions et les pôles.

L'organisation de la DEN comporte un volet « top-down » : la Direction d'Objectifs fixe les objectifs en relation avec les partenaires du pôle et fournit les moyens aux Directions Opérationnelles (les Départements), qui travaillent en synergie pour mener à bien des projets ; elle comporte aussi un volet bottom-up : les chefs de projets sont dans les Départements. Avec les experts et la hiérarchie du Département, ils sont force de proposition auprès de la Direction d'Objectifs pour faire évoluer ces projets. Quant aux partenaires industriels, il est normal qu'ils proposent les sujets qu'ils souhaitent voir traiter dès lors qu'ils assurent la quasi intégralité du financement correspondant. Des revues de projet périodiques permettent l'indispensable dialogue entre toutes les parties prenantes. Le système est désormais rodé, et fonctionne à la satisfaction générale. Le Comité d'évaluation signale le « manque d'autonomie et de capacité de décision » du Département. Le Département n'est certes pas une unité autonome, mais une unité qui contribue à un ensemble et pour laquelle la capacité d'initiative relève du processus de croisement top-down / bottom-up décrit plus haut : c'est voulu, assumé et nous ne souhaitons pas que cela soit retenu contre le DTN !

### **Relations avec la Communauté Académique**

Le rapport d'évaluation fait état d'un défaut de lien entre le DTN et la communauté académique. Si cette situation peut être celle de la thématique 1 « conception des circuits et des composants », ce n'est clairement pas celle des autres thématiques du département présentées à l'AERES, (la thermohydraulique, l'instrumentation pour les mesures nucléaires et le contrôle des procédés, et les transferts dans les réacteurs et l'environnement), comme l'indique le rapport de l'AERES dans les appréciations détaillées. Rappelons ici que les 28 thèses en cours donnent volontairement lieu à des collaborations suivies avec les laboratoires académiques.

### **En conclusion**

L'évaluation AERES des départements de la DEN à Cadarache a donné beaucoup de travail aux équipes, mais ce travail n'est pas vain : en particulier, l'auto-analyse SWOT nous a obligé à une introspection fructueuse, qui nous donne un point de vue nouveau sur l'unité « département ».

Je souhaite remercier la commission d'évaluation AERES pour son travail en profondeur et le regard extérieur apporté sur l'activité du DTN, ainsi que le Professeur Christophe Gourdon, qui a assuré son rôle de délégué scientifique avec autant d'impartiale rigueur que d'efficacité.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de mes sentiments distingués.



Christophe Béhar