



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Intégration des Systèmes et  
Technologies

LIST

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies  
alternatives



Octobre 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. Bernard DUBUISSON, 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

Nom de l'unité : Laboratoire d'Intégration des Systèmes et Technologies

Acronyme de l'unité : LIST

Label demandé :

N° actuel :

Nom du directeur  
(2013-2014) : M<sup>me</sup> Karine GOSSE

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M<sup>me</sup> Karine GOSSE

## Membres du comité d'experts

Président : M. Bernard DUBUISSON, Université Technologique de Compiègne

Experts :

- M. Raymond QUERE, Université de Limoges
- M. David ATIENZA, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse
- M. Saddek BENSALAM, Université Joseph Fourier, Grenoble
- M. Jean-Marc BLOSSEVILLE, IFFSTAR, Versailles
- M. Jean CHAUDAUDRA, Institut Gustave Roussy, Paris
- M. Khalil DRIRA, CNRS, Toulouse
- M<sup>me</sup> Catherine GARBAY, Université Joseph Fourier, Grenoble
- M. Jean-Luc GARNIER, THALES, Palaiseau
- M. Bertrand HAUET, RENAULT, Guyancourt
- M. Miguel Angel LAGUNAS, CTTC, Barcelone, Espagne
- M. Serge LAVERDURE, ESI-group, Paris
- M. Jean-Didier LEGAT, ICTEAM, UCL-Louvain, Belgique
- M. François LEPOUTRE, CNAM, Paris



M. Patrick MARTIGNE, IRBA, Brétigny-sur-Orge

M. Andrea MASSA, ELEDIA, Turin, Italie

M. Olivier MICHEL, Institut Polytechnique de Grenoble

M<sup>me</sup> Frédérique SEGOND, VISEO, Grenoble

M. Pierre-Yves SIMONOT, SANTECH, Paris

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Marc CHASSERY

M. Olivier BONNAUD

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

M. Claude SAINTECATHERINE, CEA

M<sup>me</sup> Marie-Noëlle SEMERIA, CEA



# 1 • Introduction

## Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies (LIST), créé en 2001, est une unité de programme au sein de la Direction de la Recherche Technologique (DRT - CEATech) du CEA. La DRT, composée de trois unités de programme (LETI, LIST, LITEN), a pour mission de contribuer à « la re-industrialisation de la France par l'innovation ». Des objectifs ont été fixés :

- augmenter le nombre de partenariats industriels directs ;
- augmenter la visibilité par la structuration et la qualité des partenariats noués ;
- accroître le rayonnement et la production scientifique ;
- accompagner l'évolution de l'activité par une croissance d'effectifs maîtrisée.

L'activité du LIST recouvre le très vaste domaine de la recherche/innovation dans les technologies de l'information et de la communication. Il a pour mission la conception et la maîtrise de la complexité pour des systèmes à haut niveau d'intégration. A partir d'une compétence initialement développée pour les besoins de l'industrie nucléaire, il développe une recherche intégrative dans les systèmes numériques complexes. De ce fait, le LIST assure une mission de transfert d'innovations technologiques dans des applications. Il se positionne sur les niveaux de TRL<sup>2</sup> de 3 à 6. Le positionnement de l'unité, dans ce qu'il est convenu d'appeler la « vallée de la mort » correspondant aux investissements à réaliser entre la recherche académique amont et les applications industrielles, lui confère une place singulière dans le paysage de la recherche/innovation. Ce positionnement résulte d'une part du contexte de création de l'unité en 2001 qui a permis de rassembler des activités historiques telles que la métrologie dans des domaines à la fois sensibles et stratégiques pour lesquels le LIST est un laboratoire de référence aux niveaux national et international et, d'autre part de la structuration des activités autour des grands enjeux que constituent les systèmes embarqués, l'intelligence ambiante ou le manufacturing avancé. Par ailleurs, le LIST s'est également vu confier par le Laboratoire National d'Essais (LNE) une mission sur la métrologie des rayonnements ionisants autour de laquelle il a contribué à créer un thème sociétal, la maîtrise des rayonnements pour la santé.

Ce contexte détermine l'analyse que l'on peut faire de la production et de la qualité scientifiques de l'unité. En effet, on ne peut s'arrêter à la seule comptabilité des publications et communications pour évaluer la qualité de cette production et les éléments de transfert, de valorisation et de référence scientifique doivent également être pris en compte.

Le LIST occupe plusieurs sites sur le plateau de Saclay, le mettant ainsi en contact direct avec d'autres partenaires, en particulier académiques : Centre CEA Saclay, bâtiments Digiteo, bâtiments Nano-Innov.

## Équipe de direction

Le LIST est dirigé par une directrice assistée d'un directeur-adjoint et d'une responsable de la communication. Son organisation est matricielle :

- six départements ayant responsabilité chacun d'un axe de recherche et de transfert chacun dirigé par un(e) directeur(trice) ;
- cinq directions transverses : direction des programmes, direction des affaires européennes, direction commerciale, direction des affaires générales (assurée par le directeur-adjoint) et direction scientifique ; les cinq directions transverses, la directrice et le directeur-adjoint forment le comité de direction ; on retrouve certains postes de ce schéma de direction de manière déclinée au niveau de chaque département.

## Nomenclature AERES

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

ST5 Sciences pour l'ingénieur.

---

<sup>2</sup> TRL : Technology Readiness Level



## Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité Totalisant les départements et la direction du CEA-LIST	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs et de cadres administratifs permanents (EPIC)	445	452
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	50	50
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	135	
<b>TOTAL N1 à N6</b>	630	

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	128	
Thèses soutenues depuis 2008	122	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *		
Nombre d'HDR soutenues depuis 2008	11	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	20	25



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le LIST est situé dans un riche écosystème en cours de montée en puissance et a su s'y intégrer en gardant son positionnement sur le créneau de la recherche technologique en liaison étroite avec le monde industriel. Le LIST a su préserver une recherche amont de qualité, base du ressourcement nécessaire pour mener une recherche technologique partenariale. Le LIST est au meilleur niveau international et se compare positivement avec ses concurrents au niveau européen.

Une politique de création de plateformes a été mise en œuvre avec le double objectif de la pluridisciplinarité et de la capitalisation.

La stratégie du programme de recherche est soutenue par une organisation matricielle, toute direction transverse ayant un correspondant dans les départements. Grâce à cette organisation, les choix du management sont retransmis à tous et mis en œuvre de façon rapide et efficace.

La valorisation des résultats à travers des brevets, licences ou créations de start-ups est très efficace et s'appuie sur une politique de propriété intellectuelle claire pour le partenariat industriel.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LIST a de fortes interactions avec les industriels et le monde socio-économique.

Une politique de ressourcement a été mise en place avec les moyens financiers nécessaires.

Le LIST a mis en place une organisation et une gouvernance adaptées à ses missions, une politique de plateformes, d'outils d'approche pluridisciplinaire et de capitalisation.

Le LIST est un laboratoire unique, équivalent au Fraunhofer, sur ses domaines de compétence initiaux dans le champ du nucléaire en Europe sans exclure les autres champs acquis dont les systèmes numériques complexes.

Le LIST est un institut Carnot qui a su développer toutes les possibilités associées à ces instituts en étant très actif et tête de pont dans le réseau.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les relations avec les PME restent modestes et, bien que 40% des recettes contractuelles soient issues des PME, celles-ci sont souvent limitées à l'éco-système des start-ups.

Les relations académiques sont majoritairement concentrées sur le plateau de Saclay.

Les relations internationales restent modestes et ne sont pas à la hauteur de la qualité du LIST.

L'approche système reste faible.

### Recommandations

Le LIST doit veiller à maintenir une politique de ressourcement scientifique avec des ressources au moins équivalentes à celles d'aujourd'hui. Il doit rester, à travers le LNHB, le laboratoire national de métrologie des rayonnements ionisants et avoir pour objectif de devenir rapidement le laboratoire européen de référence dans ce domaine.

Il faut maintenir l'investissement dans le projet du plateau de Saclay en veillant à conserver le positionnement original du LIST.

Il reste à construire une réelle stratégie de relations avec le monde académique (limitation du nombre d'écoles doctorales, collaborations avec les meilleurs laboratoires académiques, notamment en identifiant quelques centres d'excellence aux niveaux national et international, développement des équipes de recherche commune).

Il faut construire une stratégie de relations avec les PME : le LIST pourrait être un « go-between » pour les PME vers l'ANR, l'Europe, etc...



Il serait bon de développer la transversalité inter départements.

Il est nécessaire de mieux s'affirmer dans une démarche système en incluant les aspects sciences humaines par un partenariat avec des laboratoires de ce domaine. Pour cela le LIST devrait encourager des approches de type « bottom-up » ou « laboratoire d'idées » pour atténuer la culture techno-centrique et se rapprocher des usages.

La poursuite d'une politique de publications de qualité est essentielle.

La politique de plateformes est très importante : veiller à ce que le soutien par des techniciens soit suffisant pour maintenir les ingénieurs-chercheurs sur leur métier.

### 3 • Appréciations détaillées

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

La position du LIST se situe en tant que facilitateur du transfert de technologies. En ce sens, son intégration au sein du dispositif Carnot, la croissance importante des relations contractuelles avec l'industrie, son intégration dans les dispositifs nationaux et européens de recherche sont autant de preuves de l'impact des recherches menées au sein du LIST. Cela se traduit par un accroissement significatif du nombre de brevets ou licences déposés au cours de la période de référence qui passe de 35 en 2008 à 56 en 2012 pour les brevets et de 6 à 13 pour les APP, situant ainsi le LIST dans les standards internationaux.

Le LIST mène une stratégie de plateformes qui sont autant d'éléments de visibilité et d'outils de capitalisation et de compétence exceptionnels.

Plusieurs activités ont conduit à des ruptures méthodologiques et théoriques, notamment dans le domaine du contrôle non destructif où la plateforme CIVA qui constitue une référence pour la conception/mise en œuvre des capteurs permet maintenant d'intégrer des codes issus de laboratoires partenaires. D'autres exemples concernent les systèmes embarqués avec la gestion de la cyber-sécurité ou la conception de nouveaux processeurs et de logiciels de réalité augmentée. Dans le domaine des capteurs, on peut noter la mise au point de nouveaux capteurs basés sur les courants de Foucault ou encore les études théoriques sur la dosimétrie/maitrise du rayonnement qui trouveront de nouveaux débouchés pour des applications pour la santé, de même que la robotique d'assistance à l'humain. Ces exemples ne sont nullement exhaustifs.

La qualité scientifique de l'unité est aussi attestée par l'activité de dissémination des recherches amont ; même si le niveau de publications ne se situe pas au niveau des meilleurs laboratoires académiques, il se maintient à un très bon niveau, compte tenu que l'unité est dans les TRL 3-6, avec en moyenne 0,58 publication dans des revues ou conférences internationales majeures par ingénieur-chercheur et par an. Il faut noter que ces publications sont effectuées dans des revues dont le facteur d'impact en moyenne est de l'ordre de 2,5 ce qui correspond au meilleur niveau dans le domaine couvert par le LIST. Il peut être également noté qu'en raison de la présence de plusieurs thématiques sensibles, certaines activités des départements doivent rester strictement confidentielles, ce qui limite la diffusion scientifique sous forme d'articles ou de brevets.

L'excellence scientifique du LIST est indéniable et sa production est tout à fait conséquente. Cette production trouve de nombreux débouchés au sein de l'industrie et contribue à faire du LIST un laboratoire de référence en France et en Europe sur de nombreux domaines qui concernent l'instrumentation, le contrôle non destructif, les systèmes embarqués, la réalité virtuelle ou encore la métrologie des rayonnements.

Le positionnement du LIST comme passerelle entre fournisseurs de technologies et intégrateurs industriels oriente la production scientifique vers un équilibre entre la valorisation des recherches par des dépôts de brevets ou de licences et la dissémination au sens plus académique du terme. Le LIST doit maintenir cet équilibre en veillant toutefois à renforcer sa visibilité internationale par des publications dans les meilleurs journaux du domaine.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le LIST est très investi dans le projet local du plateau de Saclay ; c'est un des acteurs majeurs de la réflexion sur la création de l'université de Paris Saclay.

Il a contribué au succès du RTRA<sup>3</sup> Digiteo créé en 2006 ; ce partenariat avec 11 autres institutions a été marqué pour le LIST par 25 thèses et post-docs et 13 projets OMTE<sup>4</sup>-DIGITEO. Le LIST est présent depuis le début, en 2009, dans l'initiative Nano-Innov. Plus récemment, il a été intégré dans les outils des PIA<sup>5</sup> du plateau : labex NanoSaclay et Digicosme, equipex Digiscope et idex Paris-Saclay. Il est aussi coordonnateur de la plateforme NanoDesign. Le LIST est enfin impliqué dans la création de l'Institut de la Société Numérique avec l'INRIA. Hors plateau de Saclay, le LIST est impliqué dans l'équipex Figures (Amiens).

C'est donc un partenaire structurant recherché par le monde académique ayant des niveaux de TRL faibles.

Pour des niveaux de TRL plus élevés, il participe à la gouvernance du pôle de compétitivité SYSTEMATIC et est impliqué dans huit autres pôles de compétitivité.

<sup>3</sup> Réseaux Thématiques de Recherche Avancée

<sup>4</sup> OMTE : objet de maturation technico-économique du plan DIGITEO

<sup>5</sup> Programmes d'Investissements d'Avenir



Enfin, il a un lien avec Polytechnique par une équipe de recherche commune avec le Laboratoire d'Informatique de l'Ecole Polytechnique (LIX) mais il n'a pas d'autre équipe de recherche commune au niveau national. Un lien fort existe avec une équipe de l'INRIA<sup>6</sup> sans qu'on puisse parler d'équipe de recherche commune.

En conséquence de ces investissements partenariaux, le LIST a emménagé dans des locaux qu'il partage avec d'autres équipes : en 2011, une partie des équipes rejoint les locaux de Nano-Innov avec des chercheurs de Mines-Télécom, et en 2012, le reste des équipes rejoint les bâtiments de Digiteo Saclay et Moulon, locaux partagés avec d'autres équipes du CEA, de l'université de Saclay, du CNRS et de l'INRIA. Cette implantation témoigne de l'activité technologique du LIST et de son ouverture vers des nouveaux domaines.

Le LIST développe une activité importante dans différents comités de normalisation/standardisation ou de pilotage de la recherche aux niveaux national et européen. L'ensemble des thématiques développées au LIST est concerné par ces activités, ce qui atteste du très haut niveau d'expertise atteint par le laboratoire.

Au niveau européen, le budget généré par les projets européens a doublé (176 projets européens sur la période 2008-2012) suite à une politique volontariste de la direction (création d'une direction Europe). Le LIST manifeste aussi une volonté de s'intégrer dans la recherche technologique européenne par des participations aux plates-formes technologiques européennes (JTI Artemis, Factory of the Future,..), ou par une représentation du CEA au KIC EIT ICT<sup>7</sup> Labs.

Enfin, trois MoU<sup>8</sup> ont été signés avec d'autres institutions analogues européennes.

Les relations internationales hors Europe concernent beaucoup de pays. On note une forte structuration avec quatre pays en particulier : les Etats-Unis dans lesquels deux actions sont menées, le Japon où un accord de collaboration a été signé, la Tunisie avec un laboratoire joint à Tunis, la Corée pour une collaboration sur la métrologie. Certaines actions restent plus faibles, parfois limitées à un séjour de courte durée d'un chercheur.

Les échanges de chercheurs restent cependant modestes : 10 chercheurs invités et 5 chercheurs visiteurs à l'étranger sur la période. Une chaire a été créée avec l'Institut d'Electronique Fondamentale (IEF) de l'université Paris-Sud sur les cristaux photoniques en diamant.

Le LIST est donc un acteur reconnu pour la qualité de son expertise technologique au niveau national et européen. Il est tout à fait comparable aux autres établissements technologiques européens (European Technological Organization : ETO) et souhaite renforcer encore cette visibilité européenne.

Son attractivité pour le recrutement de jeunes chercheurs, doctorants ou post-doctorants, est indéniable. Son investissement international de qualité reste à renforcer.

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

Lors de la période écoulée, le LIST, suivant la mission que lui a assignée la Direction de la Recherche Technologique du CEA, a mené une politique pro-active d'ouverture vers son environnement socio-économique. Cette politique vise à accroître significativement le nombre de contrats industriels directs. Elle s'est traduite par une multiplication par 4 des recettes issues de contrats industriels sur la période 2008-2012. Cette inflexion majeure de l'activité du LIST dénote une interaction extrêmement forte avec le milieu socio-économique. Par ailleurs, adossée au dispositif Carnot, elle a permis de maintenir un niveau de ressourcement proche de 30% du budget alors que sur la même période la subvention du CEA, restant constante, est passée de 40 à 25% des ressources de l'unité.

Cette interaction directe avec le monde industriel fait du LIST l'un des laboratoires majeurs dans les pôles de compétitivité, notamment SYSTEMATIC, avec lesquels il s'est engagé dans 30 projets au cours de la période écoulée. La répartition des ressources issues des contrats industriels s'équilibre entre grands groupes (50%) et PME (40%), les 10% restant provenant de collaborations internationales. Un nombre conséquent de PME contractantes est constitué de start-up issues de l'unité. A noter la création de 13 start-up.

Sur cette même période, il y a eu une augmentation de 45% du nombre de dépôts de brevets et de plus de 100% du nombre d'enregistrements à l'APP<sup>9</sup>. Nombre de brevets sont pris en liaison avec les partenaires. On note par ailleurs une volonté réelle de les associer aux avancées réalisées dans le laboratoire. Celle-ci se traduit par la cession de licences, la distribution de logiciels (la plateforme CIVA, distribuée à 200 utilisateurs, en constitue un exemple) ou la création d'une plateforme logicielle open source autour du modèleur PAPYRUS.

<sup>6</sup> Institut National de Recherche en Informatique et Automatique

<sup>7</sup> KIC EIT ICT Knowledge and Innovation Communities European institute of Innovation and Technology

<sup>8</sup> Memorandum of Understanding

<sup>9</sup> Agence pour la Protection des Programmes



Le LIST joue un rôle prépondérant dans le dispositif Carnot dont il est l'un des moteurs. Il a été labellisé Institut Carnot en 2006, puis renouvelé lors de l'appel Carnot2 en 2011. Dans ce cadre, il est dans un projet lié aux Investissements d'Avenir (avec les Carnot CETIM et l'IFPEN<sup>10</sup>), pour la création d'une plate-forme de «manufacturing» pour les PME/ETI. Le programme Carnot permet de financer le ressourcement à travers une approche d'une part top-down (montage de projets structurants) et d'autre part bottom-up (sur initiative d'un ingénieur-chercheur).

Par ailleurs, il est important de noter que le laboratoire constitue un élément essentiel du dispositif de recherche/innovation en pleine mutation sur la région Ile de France et notamment sur le plateau de Saclay. Cette position dénote, non seulement une stratégie affirmée de développer des partenariats avec l'ensemble des entités partenaires de cette mutation, mais aussi une reconnaissance forte des compétences de l'unité et de son statut d'excellence. Cette stratégie extrêmement avancée au niveau national doit aussi servir à conforter la place du LIST dans le paysage Européen et mondial. La participation en tant que « core partner » au KIC EIT ICT lab doit lui permettre de progresser dans la reconnaissance internationale. Par ailleurs, le partenariat lié avec le Stanford Research Institute pour répondre à un challenge de la DARPA démontre un haut niveau de reconnaissance des activités aux Etats-Unis. Cela démontre que la qualité scientifique de l'unité se situe au meilleur niveau international.

Le LIST s'est résolument engagé dans une politique de plateformes et a privilégié cette approche par rapport à des laboratoires communs avec des partenaires académiques. Toutefois, il a défini les laboratoires communs comme un outil important de sa politique de relations bilatérales avec ses partenaires industriels. A titre d'exemple, certaines activités spécifiques à l'industrie nucléaire sont développées dans le cadre d'un laboratoire commun avec la société CANBERRA, leader du domaine. De même le LIST collabore, dans le domaine des logiciels critiques, avec la société ESTEREL au sein du laboratoire commun Listerel.

Il apparaît clairement que l'interaction de l'unité avec son environnement socio-économique, à l'origine principalement dans le domaine du nucléaire, a été considérablement renforcée et étendue à des domaines relevant d'autres enjeux sociétaux importants pour atteindre un niveau d'excellence. Elle constitue l'un des points forts de l'unité.

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

Le LIST présente une population relativement jeune dont 55% des ingénieurs-chercheurs ont un doctorat (23% sont des femmes). Sur la période d'observation, il a connu une augmentation d'effectif de 30%. L'institut est structuré en départements thématiques qui s'appuient sur des « laboratoires » qui apparaissent comme des centres de compétence du cœur de métier.

La coordination et la transmission d'informations au niveau du LIST sont assurées à différents niveaux par la réunion de diverses structures. Le comité de direction qui regroupe les directions transverses et chefs de départements et les responsables de la valorisation et de la communication se réunit une fois par mois. Ce comité tient aussi au moins deux fois par an des journées de réflexion hors site. Le comité opérationnel (directions transverses et chefs de département) tient une réunion hebdomadaire. A ces instances, il faut ajouter une assemblée générale au niveau des départements et au niveau du LIST (réunions au moins une fois par an).

Enfin, la DRT réunit une fois par semaine durant une journée les directions d'institut.

Il faut aussi remarquer que l'on retrouve au niveau des départements des correspondants des directions transverses de façon à mieux assurer les relais d'informations.

Le LIST présente donc une structure assez hiérarchique pour la transmission d'informations des choix stratégiques à la mise en œuvre opérationnelle. Cependant, l'existence de directions transverses avec correspondants dans les départements permet de mieux assurer certains de ces choix (par exemple l'augmentation de l'implication au niveau européen). Cette organisation semble permettre une mise en œuvre très rapide de choix effectués au niveau DRT. La mission de ressourcement est assurée par la direction scientifique qui s'appuie sur un Comité d'Animation Scientifique Interne (CASI) composé des directeurs de recherche, experts internationaux au sens du CEA (ce sont des personnels CEA qui ont atteint une visibilité scientifique forte au niveau international) et correspondants scientifiques des départements. Le CASI apporte aussi l'expertise scientifique. Ce comité se réunit une fois tous les deux mois et assure en particulier le choix des projets retenus dans l'abondement Carnot.

<sup>10</sup> IFPEN : Institut Français du Pétrole et des Energies Nouvelles



Un comité d'orientation scientifique, composé de personnalités extérieures au LIST (académiques et industriels), se réunit une fois par an afin de donner un avis sur les évolutions des programmes du LIST.

Sur la période 2008-2012, 45.000 heures ont été consacrées à la formation dont 9.000 à la sécurité. Les besoins en formation sont détectés lors d'entretiens individuels ou de revues de personnel.

Le LIST est certifié ISO 9001.

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

Les personnels du LIST ont participé à l'encadrement de 122 thèses soutenues durant la période 2008-2012. Chaque thèse est en co-encadrement avec un acteur du monde académique, même lorsque l'encadrant LIST est titulaire d'une HDR. La durée moyenne des thèses est de 41 mois, ce qui correspond à la durée moyenne des thèses des écoles doctorales du domaine.

Les doctorants ne sont pas impliqués dans les contrats partenariaux directs. Chaque doctorant a une obligation de publier mais cette obligation n'est pas une contrainte pour la soutenance. Le taux moyen de publication par docteur est de 1,7 intégrant revues et conférences internationales.

1/3 des docteurs est recruté au CEA, 1/3 dans le secteur privé. Il peut y avoir des difficultés pour des doctorants souhaitant entrer dans l'enseignement supérieur, à effectuer des enseignements, leur laboratoire académique pouvant être géographiquement éloigné de Saclay.

Le nombre important de doctorants a entraîné le LIST à avoir des collaborations avec 60 écoles doctorales dont seulement 35% sont sur le plateau de Saclay ; un seul accord-cadre a été signé (avec le CNRS et l'Université Pierre et Marie Curie). Le LIST est conscient de ce risque de dispersion et souhaite revoir sa politique vis-à-vis des écoles doctorales en, d'une part, contractualisant pour moitié avec des écoles du plateau de Saclay et, d'autre part, en augmentant son implication dans les instances des écoles avec lesquelles il travaille.

Les doctorants et les post doctorants constituent le deuxième vivier important pour le ressourcement scientifique.

Une réelle politique d'encouragement à soutenir des HDR a été mise en place. Durant la période 2008-2012, le nombre de personnel possédant une HDR est passé de 9 à 20.

Les membres du LIST n'ont aucune obligation statutaire d'enseignement. Cependant, ils interviennent dans de nombreux établissements, universités ou écoles et leur implication est forte. Ces interventions concernent, en premier lieu, l'Institut National des Sciences et Technologies du Nucléaire (INSTN) mais ne sont pas limitées au seul plateau de Saclay. Les membres du LIST interviennent dans environ 20 masters et 10 écoles d'ingénieur. Par ailleurs certains membres du LIST ont publié des ouvrages de référence dans le domaine de la métrologie à base de fibres optiques notamment.

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

L'originalité du projet du LIST est dans la spécificité de cette unité qui repose à la fois sur une culture forte de la métrologie - issue des activités historiques du LIST - et d'une compétence reconnue dans le domaine des technologies du numérique, et en particulier l'intégration hardware/software en liaison avec le LETI. Cette double approche, ainsi qu'une analyse très pertinente des atouts du LIST vis-à-vis des grands programmes de technologies numériques ou de manufacturing avancé, permet de décliner le projet suivant six axes qui apparaissent de natures différentes, ce qui rend le projet moins lisible. En effet trois de ces axes - consolider le cœur de métier, renforcer le ressourcement technologique, accroître la visibilité internationale - apparaissent comme méthodologiques alors que les trois derniers correspondent à des inflexions dans des domaines thématiques majeurs comme le manufacturing avancé, la sécurité et la fiabilité des systèmes numériques, et la radiothérapie. La présentation effectuée lors de la visite a permis de mieux appréhender la lecture du projet.

Le projet proposé qui s'inscrit dans la continuité et de ce fait comporte une prise de risque limitée - en cohérence avec la mission de l'unité - est très cohérent et ambitieux dans ses objectifs. Il a le grand mérite de projeter son activité au regard des grands enjeux sociétaux en capitalisant sur l'expertise acquise au cours des années passées ce qui, sur de nombreux points, est unique en France et en Europe. De fait, le choix des trois grandes inflexions proposées s'avère extrêmement pertinent et doit permettre au LIST d'être un acteur incontournable de la recherche partenariale dans un paysage où l'interaction entre la conception de briques technologiques de base et leur intégration dans des systèmes complexes, sûrs et fiabilisés va devenir un élément clé de la mise sur le marché de nouveaux produits.



La stratégie de moyens articulée autour des plateformes et de l'institut Carnot doit permettre au LIST d'atteindre les objectifs définis dans le projet en termes de positionnement à l'interface de la recherche amont et des applications industrielles. Nombre de ces plateformes bénéficient déjà du soutien de grands industriels intégrateurs de technologies ce qui confère au projet des garanties de faisabilité. L'ambition affichée de renforcer l'interaction avec les PME du secteur constitue un axe fort du projet et doit permettre non seulement d'orienter l'activité vers un transfert de technologies plus rapide mais aussi d'élargir les domaines d'activité de l'unité. Cela est notamment évident en ce qui concerne la plateforme DOSEO qui permettra au LIST d'investir le domaine des technologies pour la santé et tout particulièrement celui de la radiothérapie pour lequel une filière industrielle est à reconstruire.

Le projet de renforcement du ressourcement s'appuie à la fois sur l'institut Carnot, qui apporte des moyens au financement de thèses en interne, sur l'insertion du LIST dans l>IDEX Paris-Saclay au travers des programmes STIC et PIMS et sur la création de programmes transverses avec les directions « amont » du CEA. De ce fait, le LIST participe à la création d'un éco-système de niveau mondial qui constitue une formidable opportunité de réussite de ce volet du ressourcement. Il faudra cependant veiller à maintenir des relations fortes avec des laboratoires extérieurs à cet éco-système dans des domaines d'excellence bien identifiés. Le comité d'expert considère que l'analyse « SWOT » menée par le laboratoire s'avère très pertinente dans ce domaine et note avec satisfaction que des actions sont entreprises pour apporter au laboratoire une vision culturelle moins « techno-centrique ». A ce titre, la promotion d'initiatives de type « bottom-up » ou de laboratoire d'idées ou d'usage notamment, constitue un point particulièrement positif.

Par ailleurs la stratégie de programme développée à travers le regroupement des « laboratoires » autour de grandes thématiques identifiées au sein des départements est à même de structurer de manière forte l'activité de l'unité à condition de développer parallèlement des projets transverses, notamment autour d'outils de traitement du signal ou de l'image, communs à plusieurs départements.

De fait, le comité considère que le LIST a conçu un projet ambitieux, élaboré dans le cadre de la mission que lui a définie la Direction de la Recherche Technologique du CEA, qui s'avère réaliste lorsqu'on considère le degré d'excellence déjà atteint, l'environnement scientifique et technologique dans lequel il s'inscrit et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs fixés. La réussite de ce projet, qui recueille l'adhésion du personnel, doit permettre au LIST d'asseoir sa position de référence en France et de renforcer sa visibilité internationale. Le principal risque est lié à la maîtrise de la complexité des instruments mis en place sur le plateau de Saclay, leur pérennité, la dispersion des demandes et une concurrence internationale exacerbée. Il est apparu au comité que la direction du LIST en est parfaitement consciente et disposée à l'assumer.



## 4 • Analyse département par département

**Département 1 :** Architectures de calculateurs embarqués et conception de circuits et de logiciels sur puce (DACLE)

**Nom du responsable :** M. Thierry COLLETTE

**Effectifs**

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	73	75
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	1	2
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	23	
<b>N7</b> : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	19	

### • Appréciations détaillées

Le département DACLE (Département Architecture Conception et Logiciels Embarqués), est chargé, au sein du LIST, d'apporter de l'innovation dans les circuits intégrés et systèmes embarqués pour les domaines applicatifs touchant notamment au calcul embarqué pour les capteurs, la vision, les communications sans fil et les systèmes temps réel. Il possède la particularité de partager une équipe commune avec le LETI, basée à Grenoble.

Ses principales missions sont de fournir des méthodes et outils visant l'intégration de composants à haut niveau de performance, des architectures massivement parallèles, en assurant une intégration conjointe matériel/logiciel fonctionnellement sûre.

Les thèmes de recherche adressés par ce dernier sont donc structurés selon 3 axes :

- architectures de calcul (matérielle et logicielle) ;
- sûreté de fonctionnement, Sécurité et Fiabilité ;
- capteurs et Intégration des Technologies.

Afin de réaliser ses missions, le département compte parmi ses effectifs une majorité d'ingénieurs-chercheurs auxquels viennent s'ajouter des CDD projets pour accompagner ses activités importantes de valorisation industrielle. Néanmoins, pour se donner les moyens d'assurer également un rayonnement scientifique de premier plan, les équipes du DACLE comptent en leur sein 11 experts, 5 experts seniors, 2 experts internationaux, 2 HDR (+ 2 en préparation) ainsi que 23 doctorants et post-doctorants.

L'axe « Architectures de calcul » répond aux enjeux de la forte croissance des applications embarquées, ces dernières nécessitant d'une part une grande puissance de calcul et, d'autre part, une consommation électrique la plus faible possible.

L'axe « Sûreté de fonctionnement » répond aux enjeux de la sécurité des produits et usagers et de la fiabilité des systèmes de plus en plus complexes. Toutefois, ces travaux s'apparentent plus directement au renforcement de la fiabilité des logiciels qu'à la sûreté de fonctionnement classique.

L'axe « Capteurs et Intégration des Technologies » répond aux enjeux de maîtrise de la complexité des systèmes physiques pilotés dans des environnements contraints, notamment pour tout ce qui concerne les limites de fiabilité des systèmes à forte densité de puissance.



## Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

### Axe Architecture de calcul des Systèmes embarqués :

Depuis de nombreuses années, l'équipe a acquis une réputation internationale dans le développement d'architectures massivement parallèles. Ainsi, les principales activités qui ont été réalisées durant ces dernières années sont les suivantes :

- consolidation des technologies de gestion dynamique des ressources dans les architectures parallèles ;
- exploration d'architectures parallèles pour l'aide à la conception de systèmes embarqués complexes ;
- solutions de calcul dédiées au traitement de données naturelles ;
- utilisation des nouvelles technologies d'intégration.

Ces travaux de recherche se sont traduits par six réalisations concrètes, principalement :

- le développement d'un logiciel accéléré matériellement pour la gestion dynamique des clusters de calcul multi-cœurs homogènes, cet environnement logiciel, réalisé en collaboration avec un industriel, est en cours d'extension pour supporter l'hétérogénéité des ressources de calcul ;
- le développement d'un environnement d'exploration pour les architectures multi-cœurs, cet environnement a été utilisé avec succès pour simuler un système de 8 processeurs SPARC ;
- le développement d'un nouveau langage de programmation, le langage  $\Sigma C$ , qui est dédié aux nouvelles architectures massivement multi-cœurs ;
- l'exploration du domaine de la compilation dynamique pour exploiter pleinement les performances des architectures multi-cœurs ;
- le développement d'une nouvelle architecture, eISP (embedded Image Signal Processor) dédiée au traitement d'images fournies par les capteurs CMOS ;
- le développement d'une rétine intelligente (utilisation des possibilités offertes par les technologies d'empilement 3D).

### Axe Sûreté de Fonctionnement, Sécurité et Fiabilité des Systèmes embarqués :

Cet axe trouve ses sources historiques dans le traitement de la fiabilité des systèmes de traitement de l'information en milieu très fortement critique, notamment nucléaire, sous des contraintes fortes de rayonnement. Durant la période, quatre axes ont plus particulièrement fait l'objet d'activités de recherche :

- les plateformes intégrées pour les systèmes embarqués fortement contraints ;
- les plateformes intégrées pour les systèmes répartis ;
- les systèmes hétérogènes en criticité et supports d'exécution cryptographique ;
- la fiabilisation des composants et des composants numériques.

Des résultats majeurs, cohérents avec les acquis antérieurs, et ciblés sur la fiabilité ont pu être acquis :

- l'extension multi-cœurs de la chaîne d'exécution temps-réel orientée sûreté : elle permet de distribuer automatiquement et dynamiquement différentes tâches d'une application (jusqu'à 16 CPU simultanément) en incluant l'échange de données via des mécanismes sûrs ;
- le chiffrement homomorphe : il permet de réaliser des calculs de données chiffrées sans avoir à les déchiffrer, le temps nécessaire à la tâche de crypto-exécution ayant été amélioré d'un facteur 100 par rapport à l'état de l'art ;
- la fiabilisation d'architectures numériques au niveau système : l'équipe a développé une architecture capable d'effectuer la détection d'erreur (basée sur la gestion de "checkpoints"), avec un nouveau protocole efficace en nombre d'accès et en gestion mémoire dédié aux applications multi-processeurs.



### Axe Senseurs et intégration des technologies pour les Systèmes embarqués :

Dans cet axe, les travaux se sont focalisés sur le développement de nouvelles méthodologies de conception et d'intégration :

- conception de capteurs innovants pour le diagnostic des réseaux filaires et la mesure de courant (techno GMR) ;
- conception de systèmes et de composants plus performants, en tenue, en environnement contraint ;
- exploration de nouvelles technologies mémoires pour la réalisation de composants synaptiques.

Des avancées notables ont été obtenues sur les deux premiers axes durant la période, notamment par la concrétisation de transferts industriels :

- le lancement en 2012 d'une start-up WiN MS (Wire Network Monitoring Solutions) afin de valoriser les résultats des travaux de recherche sur le diagnostic des réseaux filaires ;
- le développement d'une technologie de régénération de capteurs d'images CMOS sous irradiation gamma ;
- la conception d'un module intelligent pour la mesure de tension à base de capteurs GMR, une démonstration de la miniaturisation et de la fiabilité/précision des mesures a été réalisée sur un support de pile à combustible, cet exemple de travaux aboutissant à un démonstrateur fonctionnel met en évidence le haut niveau de compétences du DACLE en matière d'intégration système.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

De manière quantitative, sur la période d'évaluation, DACLE a :

- participé à 11 comités de programme de conférence et comités de revue de communications, organisé ou co-organisé une douzaine de conférences, workshops, écoles d'été, etc. ;
- reçu 4 prix, dont un de la meilleure thèse 2012 du réseau GRETSI ;
- réalisé 32 publications dans des revues de niveau A ;
- présenté plus d'une centaine de communications dans des conférences internationales ;
- contribué à 5 directions ou chapitres d'ouvrage ;
- déposé 54 brevets ;
- et détaché deux chercheurs dans des instituts prestigieux.

Compte tenu des contraintes propres au CEA et de la nécessité d'avoir un grand nombre de projets industriels, le département a su produire des publications de très bon niveau sur la période. Toutefois, le DACLE qui produit d'excellents résultats scientifiques, doit s'attacher à les mettre encore plus en visibilité, en se fixant un objectif de plus de publications dans les circuits et supports les plus prestigieux. Il bénéficie pour cela d'atouts incontestables pour le faire, qui sont la compétence de ses chercheurs-ingénieurs (auxquels on peut ajouter celles des doctorants et post-doctorants), et l'excellence des travaux de recherche, menés, notamment dans le cadre du ressourcement.

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

L'attractivité de ce département est excellente au regard des indicateurs d'activité contractuelle ci-dessous :

- implication dans 158 contrats sur 5 ans ;
- un grand nombre de contrats directs bilatéraux : 57 contrats (41% de l'ensemble des contrats de l'institut) ;
- la majorité des contrats bilatéraux sont conclus avec le monde industriel, notamment grâce aux méthodes et outils produits au sein du département.

En revanche, seulement 7% des contrats ont été effectués dans une position de coordinateur.

En parallèle de cette activité contractuelle, le dynamisme de lancement de start-ups est un indicateur d'une politique interne de forte confidentialité, sur des faits majeurs, qui permet de réserver du savoir-faire pour l'essaimage. Au total, trois start-up ont été créées sur la base des travaux de l'équipe.



Sur l'ensemble des contrats du DACLE, 5 sont des contrats directs avec des start-ups du LIST pour une somme correspondant à 45% du total, ce qui renforce l'idée d'une politique d'essaimage active et cohérente.

DACLE a donc une très forte activité contractuelle. Cependant, rapporté par chercheur, leur nombre n'apparaît pas disproportionné : 0,5 contrat démarré par an et par personne soit en moyenne 1,5 contrat en cours (sur une hypothèse de contrat de 3 ans). Les chercheurs se concentrent sur les contrats directs, à forte valeur ajoutée, laissant en second plan les rôles de gestionnaire et de coordinateur de projets collaboratifs.

Les succès techniques se matérialisent par de nombreux contrats de partenariats avec de grands industriels mais aussi au travers de collaborations avec des PME (et de création de start-ups Kalray, KronoSafe, Win MS).

Le département a conçu, et gère, un cluster de calcul de très grande importance et une offre unique, complète, depuis la simulation de haut niveau jusqu'au prototypage et moyens de test pour la mise au point de composants et systèmes intégrés pour les systèmes embarqués. Cet équipement lourd permet de collaborer avec les meilleurs laboratoires dans leur domaine en France avec le LAB-STICC de l'université de Bretagne, l'IEF de l'Université Paris Sud, le Centre de Recherche Cerveau et Cognition (CERCO) de l'Université Paul Sabatier, le Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement (LEADS) de l'université de Bourgogne, l'Institut Gustave Roussy de lutte contre le Cancer, le Laboratoire National d'Essai (LNE), et à l'étranger Carnegie Mellon (USA).

Il faut souligner la bonne capacité du département à intégrer les outils et moyens du CARNOT au service de ses projets de ressourcement et de ses activités.

Par ailleurs, le département pratique une politique de ressourcement scientifique avec des objectifs ambitieux. Citons deux exemples : la rétine avec traitement numérique embarqué et la conception de systèmes multi-technologies intégrant le calcul neuromorphique. Il s'appuie pour cela sur de nombreux partenariats académiques nationaux, comme l'IEF et Supelec, et internationaux comme Chalmers University of Technology (Suède) et University of Cambridge (USA) .

### Appréciation sur l'organisation et la vie du département

La stratégie de découpage des activités par briques technologiques et par laboratoires est claire. Il y a une grande cohérence avec les objectifs poursuivis d'intégration du hardware et du software tout en maintenant une forte approche physique dans la démarche (les développements de senseurs en faisant partie intégrante).

On perçoit très nettement que la gouvernance de ce département s'est approprié les enjeux scientifiques et stratégiques qui lui sont confiés au sein du LIST, et qu'elle pilote cet ensemble avec professionnalisme et pro-activité.

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

L'ensemble des chercheurs du département DACLE, collabore avec de nombreux partenaires académiques, ainsi que dans la formation par la recherche. Le DACLE, avec ses 23 doctorants et post-doctorants, ainsi que ses 2 HDR actuels, qui vont probablement être rejoints par 2 HDR supplémentaires d'ici la fin de l'année 2013, est parmi les départements les plus actifs. Cette politique active vis-à-vis des formations doctorales doit contribuer à renforcer les liens entre les équipes de chercheurs de DACLE et les équipes académiques.

Plus de 20 % des chercheurs du département effectuent environ 450 heures par an d'heures d'enseignement.

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

Le département a su gérer la croissance attendue durant la dernière période, en ce qui concerne les contrats industriels, tout en préservant un niveau de ressourcement très satisfaisant pour préparer et traiter les enjeux de la future décennie. Durant la prochaine période, non seulement des enjeux scientifiques sont à traiter dans ses domaines de compétences, mais une probable poussée des attentes en matière économique (notamment pour la ré-industrialisation du pays par la distillation d'innovations à forte valeur ajoutée dans le tissu industriel français) est attendue.

En plus de la poursuite de ses actions dans les domaines des transports, de l'énergie, de la sécurité, etc., le département envisage de s'impliquer dans les enjeux de l'Internet des Objets, et des challenges du « Big Data ». Ces nouveaux domaines de recherche revêtent un caractère stratégique pour répondre aux besoins scientifiques et sociétaux du futur. Le DACLE est parmi les acteurs les plus pertinents pour contribuer à lever les principaux verrous techniques et scientifiques, qui y sont associés.



A la lecture des connaissances capitalisées par le département et des ambitions qu'il affiche ci-dessus dans sa stratégie à cinq ans, le secteur est totalement en phase avec les défis à relever, et a su se doter, durant la période écoulée, des moyens pour les relever.

Les nouvelles technologies portées par le DACLE sont également de nature à pouvoir générer une activité future en forte croissance sur des contrats à l'International, répondant à des attentes scientifiques fortes par exemple aux USA, sur « low-power for datacenters or reliable and testing systems in aeronautics for NASA ».

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

Les résultats qui ont été obtenus sur le thème des « architectures de calcul », durant ces dernières années, sont remarquables et témoignent de la qualité des travaux de recherche. L'équipe a pu pleinement tirer profit de ses collaborations avec de nombreux partenaires industriels, dont STMicroelectronics, et de l'accès à des technologies avancées développées par les instituts LIST et LETI.

Les perspectives qui sont proposées dans ce domaine sont directement en phase avec les grands enjeux de recherche liés à cette thématique. En particulier, toutes questions liées à la fiabilité vont effectivement prendre une importance croissante dans les prochaines années.

Les réalisations hardware/software et intégration de ce département, depuis le développement de compétences de base jusqu'à la réalisation des contrats industriels, sont une référence. Ces réalisations doivent leur succès à l'historique et à la capitalisation des compétences des équipes du LIST et à la mise en place d'une organisation technique de développement et d'enrichissement, au moyen de plate-formes.

Le département DACLE répond parfaitement aux objectifs généraux du LIST, notamment de croissance forte de la valorisation industrielle, tout en assurant son ressourcement et son rayonnement scientifiques à un niveau de premier rang.

Pour les activités de sûreté de fonctionnement, les résultats obtenus sont significatifs, avec un développement surtout effectué sur la base de contrats. Les risques associés à ce thème sont faibles car la demande pour des outils et méthodes relatifs à la fiabilité est très forte dans des domaines très variés : les systèmes embarqués de l'automobile ou le "cloud computing". Cette équipe est donc dans un domaine très porteur et on ne saurait que l'encourager à poursuivre et à se développer.

Enfin, concernant les activités des "capteurs et de l'Intégration des Technologies", les principaux succès sont à mettre au crédit de la maturité atteinte des technologies développées et de l'interaction fructueuse avec les industriels français, contribuant aussi à un bon niveau d'aides financières pour financer ces activités.

### Points faibles et risques liés au contexte :

Il est à noter que l'orientation prise qui se situe plutôt dans l'alimentation d'une start-up (KRONOSAFE), est favorable en terme de création d'emplois, mais relativement restrictive en terme d'élargissement des domaines applicatifs, les méthodes développées étant encore peu connues des spécialistes de fiabilité des domaines opérationnels comme celui des transports.

### Recommandations :

Pour l'ensemble des questions abordées par le département, les résultats et les avancées sont remarquables : niveau scientifique, valorisation et dissémination des résultats vers le monde industriel. Si des efforts sont à porter, ils le sont essentiellement sur le renforcement de la communication, de manière plus élargie, sur la lisibilité des apports scientifiques du département, et sur la structuration des relations avec l'ensemble des académiques. Il faudra également :

- conserver l'excellent niveau de ressourcement qui est une force de département ;
- renforcer et structurer les relations académiques, notamment pour amplifier poursuivre une politique de publication de qualité ;
- élargir les interactions avec les PME, au-delà des contrats avec les start-up ;
- augmenter la visibilité à l'International, notamment par la recherche de contrats industriels dans les domaines d'excellence du DACLE.



**Département 2 :** Technologies de l'instrumentation et traitement de l'information associée (DCSI)

**Nom du responsable :** M. Mehdi GMAR

**Effectifs**

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	79	81
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	6	6
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	42	
<b>N7</b> : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	7	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	20	

Le département DCSI est devenu le DM2I depuis la fusion avec le Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB) au 1er avril 2013. Les activités du LNHB ne sont pas prises en compte dans cette évaluation. Une partie des remarques relatives au laboratoire LM2S peut être commune avec des éléments de rapport relatifs au département LNHB analysés dans la suite de ce rapport.

### • Appréciations détaillées

Le DM2i/DCSI mène des recherches originales dans le domaine de l'instrumentation au sens le plus large, et développe des activités sur l'ensemble des composantes de la chaîne d'acquisition et de mesure. La spécificité des activités développées au sein du DCSI tient aux compétences transverses qui y sont développées, allant de la conception physique des capteurs aux systèmes avancés d'analyse et d'exploitation des signaux de mesures. Les innovations proposées à tout niveau dans la chaîne d'instrumentation sont exploitées pour proposer de nouvelles technologies dans la filière nucléaire, dans le domaine des énergies nouvelles, de la santé ou de la sécurité, et ceci en partenariat étroit avec les milieux industriels et académiques. Par la suite, le rapport abordera successivement chacun des laboratoires constituant ce département : le LCD (Laboratoire Capteurs et Diamant), le LM2S (Laboratoire de Modélisation et Simulation des Systèmes), le LCAE (Laboratoire des Capteurs et Architectures Electroniques), le LMO (Laboratoire des Mesures Optiques) et le LADIS (Laboratoire d'Analyse de Données et Intelligence des Systèmes).

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

Le DM2i/DCSI s'est positionné comme un acteur majeur développant une expertise reconnue dans les micro et nano-technologies autour du matériau diamant. Les applications des technologies diamant dans les domaines des capteurs à gaz ou de la santé sont d'une originalité remarquable. La qualité des travaux menés au LCD (*Laboratoire Capteurs et Diamant*) est attestée par un nombre important de publications dans les revues de référence du domaine, ainsi que par l'implication des chercheurs dans de nombreux programmes nationaux (ANR), ou Européens (FP6, FP7). La capacité du LCD à former des docteurs en interne et à accueillir de nombreux doctorants vient souligner l'attractivité de ce laboratoire au niveau académique. Le LCD s'insère dans un très bon réseau de collaborations académiques, tant nationales qu'internationales, avec des partenaires de très haut niveau.

Ce dynamisme se manifeste sur la période 2008-12 dans l'accroissement des activités de brevet et de transfert industriel des technologies de croissance de diamant pour les micro-systèmes, des systèmes de capteurs à gaz, ainsi que dans la participation à la création d'une start-up pour le développement d'implants rétinien et le développement de bio-capteurs. On peut souligner la grande originalité des solutions développées à base de SAW (Surface Acoustic Waves) pour les applications de détection de marqueurs chimiques gazeux multiples.



Les activités de Modélisation pour la radiothérapie et l'imagerie, soutenues par le Laboratoire de Modélisation et Simulation des Systèmes (LM2S) créé en 2010-11 (plus récent donc que les autres composantes du département), concernent l'étude et la modélisation des interactions rayonnement - matière et leurs conséquences en radiothérapie.

Ces recherches s'appuient sur les approches de méthodes statistiques pour l'analyse et la modélisation du comportement global de systèmes physiques complexes. Ceci permet d'appréhender les problèmes de détection, d'estimation ou d'extraction d'informations sans accroître excessivement la complexité. La proposition du LM2S de développer des méthodes d'inférence statistique (non paramétrique) couplées avec des expériences est originale dans le domaine. Cette activité est assez récente. Elle possède déjà une bonne assise académique qui doit continuer à se développer amenant ainsi une reconnaissance qui se confirmera au fil du temps. Le nombre de publications, ou de conférences à fort impact dans le domaine, est encore très modeste au vu des compétences présentes au sein de ce laboratoire. Les activités du LM2S sont très largement motivées par les demandes ou interactions avec les utilisateurs (médecine radiothérapie), et sont excellentes en ce sens.

L'axe « instrumentation » du DM2i est porté par deux laboratoires : Laboratoire des Capteurs et Architectures Electroniques (LCAE), et Laboratoire de Mesures Optiques (LMO) dont les origines déjà anciennes permettent au département de disposer, non seulement d'une solide expertise dans les fondamentaux, mais aussi de la capacité de développement des chaînes d'acquisition les plus innovantes. Cette composante doit venir en support des activités des autres laboratoires du département tout en continuant à développer des activités de R&D de premier plan dans les domaines traditionnellement importants du CEA, à savoir les capteurs de rayonnements ionisants ou d'activité et les capteurs à fibres optiques.

Dans le secteur des capteurs de rayonnements, des résultats majeurs ont été obtenus. Ils illustrent la double volonté d'améliorer les performances métrologiques et de s'engager dans des domaines novateurs (scintillateurs plastiques, polymères fluorescents...). Ces laboratoires ont développé des électroniques d'acquisition et de numérisation dont les progrès au cours des années 2008-2012 trouveront immédiatement des applications pour les futurs scintillateurs. Le LCAE bénéficie également de la plateforme SAPHIR, déjà ancienne, mais qui offre la possibilité de tests de dimensions véritablement industrielles pour certains instruments, électroniques ou logiciels. Un tel outil, récemment modernisé, donne un avantage considérable au DM2I/DCSI sur ces concurrents. Le deuxième secteur est celui des fibres optiques instrumentées notamment par des réseaux de Bragg. Il s'agit d'une activité historique du LIST (on pourrait dire du CEA). De nouvelles recherches ont été engagées sur des terrains encore vierges et des avancées significatives ont été obtenues (réalisation de dopages pour les hautes températures, dosimétrie intrusive). Ces dernières ont probablement de forts potentiels industriels et médicaux. Les liens établis avec des secteurs très divers comme les transports (aéronautique), l'énergie, le BTP et la santé (Institut Gustave Roussy) sont les indicateurs d'une grande maturité technologique qui permet d'envisager un passage dans le domaine industriel. Les résultats solides et matures acquis dans ce domaine et les performances récentes et originales, par exemple la tenue en température, pourraient être ainsi transférés vers les industriels via une startup. La dosimétrie OSL a fait l'objet de plusieurs contrats ANR et de participations à des programmes européens.

Une partie importante des efforts de recrutement récent du DM2i/DCSI a été mise sur le renforcement et le développement d'activités en l'analyse des données et traitement des signaux, notamment au sein du LADIS (*Laboratoire d'Analyse de Données et Intelligence des Systèmes*). Cette forte augmentation des effectifs sur la période 2009-13 permet au département de développer des réponses à l'explosion des besoins de traitement de l'information et des signaux liés aux performances croissantes et à la multiplication des capteurs dans les systèmes industriels. Nous soulignons une grande diversification dans les outils développés qui vont du traitement des données brutes jusqu'aux algorithmes d'apprentissage automatique et au développement de systèmes experts.

Ces activités sont portées par un groupe très dynamique dont les résultats sont reconnus et publiés dans les meilleures conférences et journaux du domaine. Là encore, Les thématiques développées se situent en pointe des recherches actuelles. Les travaux menés dans le cadre de cette activité sont le plus souvent attachés à des collaborations : on relève de nombreuses interactions avec des partenaires académiques ou institutionnels nationaux (19 thèses co-encadrées), mais aussi avec d'autres composantes du CEA. Les collaborations avec des partenaires étrangers sont moins visibles, mais existent, confirmées par l'implication dans un programme européen. La production scientifique sur cette thématique est d'autant plus remarquable que l'équipe est très jeune dans son ensemble.

L'évolution du Laboratoire d'Analyse de Données et Intelligence des Systèmes (LADIS) n'est pas pilotée uniquement par des thématiques applicatives précises mais par la nécessité d'amener des réponses méthodologiques à une grande variété de problèmes et d'applications possibles : cette stratégie semble en bonne adéquation avec les besoins nés des nouvelles technologies de mesures et de régulation, conduisant à la multiplication des capteurs et l'explosion de leurs performances. En ce sens, la méthode de recherche développée reste proche des méthodes exploratoires développées dans le milieu académique. La production scientifique sur cette thématique est d'ailleurs de premier plan au sens académique, davantage attestée par les publications de haut niveau que par le développement de brevets et de transferts. Il se développe de bonnes connexions avec les partenaires du DM2i mais



elles semblent assez ponctuelles et relever davantage d'une politique d'opportunité que d'une véritable articulation stratégique intégrant le traitement du signal dans les solutions de mesures développées au DM2i ou plus largement au LIST. Les interactions avec d'autres laboratoires, voire avec d'autres départements, sur les aspects relatifs au traitement du signal nécessiteraient un recensement des besoins et des interlocuteurs qui au sein du LIST sont déjà impliqués sur des thématiques signal via des collaborations extérieures (comme cela doit être le cas notamment pour le DISC).

Les publications visées sont des revues phares des domaines respectifs des laboratoires, au sens académique, et elles sont bien citées. Cela permet une très bonne reconnaissance par les partenaires académiques ou institutionnels, voire les grands groupes industriels ayant une solide composante R&D.

Sur la période 2008-2012, la production globale de brevets est excellente et illustre très bien l'implication dans le transfert vers l'industrie. Cela est d'autant plus remarquable que le niveau de publications académiques (journaux à comité de lecture, conférences de référence dans le domaine) est lui aussi excellent globalement au regard de l'ensemble des tâches et missions dont s'acquitte le DM2i/DCSI.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'implication des membres du DCSI dans les GdR<sup>11</sup>, et dans les sociétés savantes qui structurent les champs disciplinaires relevant des sciences des matériaux, de la physique, de la chimie, et du traitement du signal est très significative. Les activités d'expertise (reviews) pour les journaux phares des différentes disciplines, la participation aux comités éditoriaux témoignent du haut niveau de reconnaissance de l'expertise scientifique développée au département, tant au niveau national qu'international.

Le DCSI est fortement impliqué dans de nombreux projets ANR, des projets européens, FUI. On peut cependant noter une certaine disparité de ces implications entre les différents laboratoires qui composent le DCSI.

Les expertises développées au DCSI sont attestées par la participation de nombre de ses chercheurs ingénieurs aux comités de programmes ou d'organisation et aux comités scientifiques de conférences internationales. On note par ailleurs que 3 publications du DCSI ont été distinguées sur la période 2008-12.

Sur cette période, la présence de chercheurs internationaux invités au sein de l'unité reste un peu marginale. Elle ne dépasse pas 10 semaines en temps cumulé, malgré un réseau de collaboration internationale étoffé, attesté par la participation conséquente des équipes du département à des projets européens.

L'attractivité académique progresse de manière significative au regard du nombre de thèses de doctorat développées en collaboration avec des laboratoires majeurs, non seulement situés en région parisienne, mais aussi sur l'ensemble du territoire national. Le nombre de thèses initiées a connu un maximum en 2011.

Cependant, la visibilité internationale des activités du DM2i/DCSI sur l'axe de recherche relatif aux rayonnements doit être améliorée. Il faut garder à l'esprit qu'une difficulté peut se révéler être un atout dans la conquête du leadership. Le positionnement scientifique et les applications menées au sein du département en font un groupe très original qui a peu de correspondance en France ou à l'étranger. La participation de ces activités dans le contexte de la future plateforme DOSEO et le rapprochement avec le LNHB, doit être prise comme une opportunité d'évolution du groupe vers un niveau de premier plan.

En résumé, le rayonnement du DCSI est au niveau des bons laboratoires universitaires, voire des meilleurs, et ceci malgré le poids des missions qui incombent au département.

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

Les activités de développement autour des technologies MEMS/NEMS diamant, de l'instrumentation et des méthodes d'analyse des données au sein d'un même département permettent une synergie originale, qui constitue un atout fort. Est-elle toujours bien exploitée ? Les laboratoires apparaissent, dans la présentation écrite que nous avons eue, plus souvent juxtaposés que vraiment collaborants. Les présentations orales et les discussions lors de la visite ont cependant permis de vérifier que de nombreuses actions transverses au sein du département existent ou sont en cours de développement dans le cadre de projets. Il importe de valoriser davantage cette synergie, d'autant que chacun des partenaires est complémentaire.

<sup>11</sup> Groupement de Recherche Coordonnée



Les partenariats industriels sont nombreux, essentiellement dans les actions technologiques. Les activités relevant davantage des recherches académiques sont très bien adossées au tissu universitaire local et national. Ces partenariats sont réels et inscrits dans le temps, ils donnent lieu au développement de thèse en co-encadrement. Les partenariats industriels ou institutionnels permettent au département de développer des solutions et des recherches avec une bonne adéquation aux besoins des partenaires ce qui est un des points forts du DCSI, mais présente aussi le risque d'une certaine dispersion à laquelle il faut veiller.

L'aboutissement des partenariats est apparent au travers de la publication d'articles dans des revues de haut niveau tant sur les aspects technologiques que purement académiques, même si ce bilan très positif cache quelques disparités importantes entre les différents laboratoires du département. L'activité de dépôt de brevets est elle aussi de premier plan.

Cependant le CEA, et aussi le LIST, conservent toujours auprès de ces partenaires une image de recherche difficilement accessible, une politique plus agressive de publications vers des revues plus communément lues par les acteurs des milieux industriels PME-PMI pourrait à terme asseoir une très grande visibilité du département auprès de cette catégorie de partenaires. Cet effort n'apparaît pas dans le rapport et n'a pas été évoqué lors de la visite.

### Appréciation sur l'organisation et la vie du département

Ce point n'est pas développé dans les dossiers ou rapports qui ont été mis à notre disposition. Il se dégage cependant de la visite le souffle d'une grande jeunesse et de beaucoup d'enthousiasme au sein des équipes qui manifestent toutes une forte adhésion au modèle de gouvernance de CEA Tech tel qu'il nous a été présenté.

On perçoit plus difficilement les actions d'animations scientifiques transverses du département et la dynamique qui devrait résulter de la proximité des laboratoires, tant en termes de problématiques traitées que de variété des cultures scientifiques.

De fait, les différents laboratoires du département semblent évoluer très indépendamment les uns des autres. Ce qui peut conduire à quelques difficultés d'intégration de certaines activités dans le schéma global du département. Cela peut être, par exemple, le cas du traitement du signal dont on trouve des développements de recherche parfois importants à l'extérieur du laboratoire porteur de cette activité, et sans articulation avec ce dernier.

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

Le département DISC a accueilli un nombre croissant de doctorants et de post doctorants durant la période concernée. L'implication des chercheurs dans les cursus de master et les écoles d'ingénieurs est de bon niveau pour un laboratoire non académique, dont il faut souligner que ce n'est pas la mission première.

Le département compte 7 chercheurs-ingénieurs habilités à diriger les recherches parmi ses 81 membres, et développe un encadrement doctoral en partenariat avec des centres universitaires locaux et nationaux. Les modes de financement des doctorants ne sont pas précisés (CEA seul, bourse ministère, ANR, etc...). 43 thésards sont présents au DCSI en juin 2013. 47 thèses ont été initiées depuis 2008. Cela permet de répondre à un souci important de maintien et de développement d'activités de ressourcement scientifique mais aussi de formation et de divulgation des savoir-faire techniques.

La participation aux enseignements dans les écoles d'ingénieurs, dans des masters (Université Pierre et Marie Curie et Université Paris Diderot) et à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires est importante. Elle est particulièrement connue dans le domaine des fibres optiques depuis plus de 10 ans, les ouvrages et la contribution aux « Techniques de l'Ingénieur » sont des références incontournables pour les étudiants travaillant avec les fibres à réseau de Bragg.

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

Le projet à cinq ans s'appuie sur le schéma général du LIST qui recommande une avancée par sauts technologiques. Les activités de recherche académiques reposent sur une expertise et des connaissances capitalisées, développées et renouvelées de longue date, supportées par de puissants moyens techniques mis en œuvre avec intelligence.



D'autres thèmes, éléments essentiels de la sécurité nucléaire doivent continuer à progresser : le département a une expérience unique pour la mesure des flux gamma notamment avec la réalisation de systèmes portables et de méthodes d'imagerie quantitative. Le besoin d'instruments légers, étayés par des méthodes efficaces d'extraction et d'analyse des informations les rendant utilisables par des personnels non scientifiques n'est pas encore totalement satisfait et le LIST peut sans aucun doute apporter des avancées significatives.

Comment La dosimétrie OSL s'insère-t-elle dans le projet DOSEO ? Il est dommage que l'accueil de cette activité au sein de DOSEO ne soit pas décrit ou mis en perspective. A côté de ces transferts, la définition de nouveaux axes de recherche sur cette activité optique doit être faite pour lui maintenir une position forte en R&D.

Assez peu d'éléments ont été évoqués sur les opportunités et les stratégies mises en place pour profiter au mieux de la mutation de l'environnement dans le contexte UPSaclay et de ses acteurs.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

Toutes les composantes du département possèdent une transversalité disciplinaire des activités et un niveau d'expertise considérable et reconnue. Les développements en lien avec les applications sont très importants. C'est un atout considérable pour les nouvelles plateformes, qui seront une vitrine. C'est aussi un atout pour le LIST dans le cadre de l'UPSay notamment. L'implication très forte sur les aspects de développement technologique avec et pour les industriels est un point fort. L'excellente synergie avec les partenaires académiques nationaux, tant au niveau de projets joints qu'à travers la participation aux groupes de travail, sociétés savantes, prises de responsabilité dans les actions de type écoles, colloques... est un gage de succès.

Toutes les activités du DCSI se positionnent dans le cadre des recherches de pointe, et sont reconnues comme telles. Les développements en cours, qu'il s'agisse des technologies, de l'instrumentation ou des aspects méthodologiques en analyse des données et du traitement du signal relèvent des sujets sur lesquelles la recherche nationale et internationale est très active. Le DCSI en est un acteur reconnu.

La participation des ingénieurs-chercheurs dans les formations est très bonne (compte tenu de leurs missions) et doit se maintenir en particulier comme aimant permettant d'attirer des doctorants de bon niveau dans les laboratoires du département.

### Points faibles et risques liés au contexte :

La visibilité des activités de recherche est très bonne en moyenne mais cache de grandes différences entre les différentes composantes (laboratoires) du département.

Le développement des plateformes, par ailleurs un atout, peut conduire à l'éclatement de certaines thématiques en fonction de l'implication plus ou moins importante de leurs membres au sein de ces plateformes.

La volonté affirmée de répondre aux besoins industriels peut conduire à un risque de dispersion ou de moindre cohérence dans le développement des activités de recherche, au sein même des équipes.

La baisse notoire du nombre d'étudiants en thèse récemment recrutés va mécaniquement conduire à une baisse des effectifs de doctorants présents au département dans les 3 années à venir. Simultanément, le développement des activités de transfert qui est au coeur des missions du département risque de modifier le bon équilibre actuel.

Bien que disposant de toute la chaîne d'instrumentation (de la métrologie primaire et du matériau à l'exploitation des informations), on note certaines discontinuités dans la mise en œuvre de cette chaîne au sens où, par exemple, les capteurs issus du LCD n'apparaissent pas suffisamment adossés à l'électronique du LCAE et au traitement du signal du LADIS. La mise en évidence ou la valorisation de la reproductibilité et de la caractérisation statistique ou métrologique n'est pas non plus bien reportée dans les documents ou les présentations auxquelles nous avons eu accès.

Les liens entre les différents éléments de la chaîne d'instrumentation peuvent être renforcés pour valoriser au mieux les actions transversales sous forme de projet. La culture de la caractérisation métrologique permettant un transfert vers l'industrie pourra bénéficier de l'arrivée du LNHB au sein du département.



### Recommandations :

Une animation transverse au département devrait être envisagée. On peut suggérer les relectures croisées, les rédactions d'articles entre les différents laboratoires, permettant ainsi une mutualisation des connaissances et l'optimisation rapide et didactique des papiers.

DOSEO est une opportunité que ce département doit saisir pour développer au mieux son transfert vers les utilisateurs. Il importe néanmoins que cette action de transfert ne se fasse pas au détriment des activités de recherches innovantes ou académiques, qui sont la clé des nouvelles approches et génèrent la valeur ajoutée.

Il convient d'accroître l'accueil de chercheurs étrangers et les échanges longue/moyenne durée de chercheurs avec des laboratoires partenaires.

Il reste aussi des points à préciser sur le suivi et le devenir des doctorants. Le nombre de chercheurs HDR reste faible par rapport au nombre de chercheurs-ingénieurs du département, même si il est plutôt élevé pour un laboratoire CEA.

Concernant l'un des objectifs qui est le transfert vers l'industrie nous pensons que le thème instrumentation et la maturité de certaines de ses activités sont bien adaptés à la création de start-up. Ce transfert existe mais doit être amplifié raisonnablement en particulier en encourageant les futurs entrepreneurs non issus du LIST. Peut-on pour cela envisager l'embauche en CDD de personnes ayant des projets en adéquation avec les travaux en cours ou prévus dans le programme à 5 ans ? Une durée d'un ou deux ans devrait suffire pour affiner techniquement les projets et autoriserait les futurs créateurs à se prévaloir du patronage du CEA dans leur recherche, souvent bien difficile, de moyens financiers et matériels.

Il serait intéressant de développer une réflexion approfondie sur le positionnement des recherches menées, leur importance et leur pertinence tant au niveau scientifique que pour les partenariats industriels. Cela doit permettre au département de mieux situer ses activités et de se positionner dans le futur contexte, très visible à l'international, du plateau de Saclay.



**Département 3 :** Technologies des systèmes interactifs, cognitifs et communicants (DIASI)

**Nom du responsable :** M. François GASPARD

**Effectifs**

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	104	107
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	5	5
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	37	
<b>N7</b> : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	54	

### • Appréciations détaillées

Le département DIASI (Département Intelligence Ambiante et Systèmes Interactifs) regroupe un quart des effectifs ingénieurs-chercheurs et plus d'un quart des doctorants du CEA LIST. Il comporte en revanche un faible nombre de techniciens (un dixième) et un seul chercheur habilité. Sa mission est d'effectuer des travaux dans le domaine de l'Intelligence Ambiante et des Systèmes Interactifs, pour des applications industrielles, scientifiques, et grand public. Le défi à relever pour ce département est la recherche d'une adéquation entre les dispositifs numériques à concevoir, les humains et les contraintes de leur environnement. Les recherches sont structurées selon trois thématiques : « Des données aux connaissances », « Interaction homme - système », « Robotique ». Chacune de ces thématiques est elle-même organisée en axes. Avant d'aborder l'analyse de la qualité scientifique, quelques lignes sont consacrées à la structuration hiérarchique qui découle de ce département.

#### Thématique « des Données aux Connaissances »

Une approche pluridisciplinaire associant ingénierie des connaissances, vision par ordinateur, informatique embarquée temps réel, électronique numérique et analogique, algorithmes et simulation en temps interactif, traitement du signal est revendiquée pour faire face aux nouveaux défis du domaine : développement de grandes masses de données, usages ubiquitaires, présence de nombreux champs métiers. La thématique est organisée autour de 3 axes (« réseaux », « recherche d'information » et « analyse de scènes ») qui couvrent les grandes tendances de recherche du moment.

Les deux principales problématiques étudiées au sein de l'axe « Réseaux » sont celles de la scalabilité du réseau pour les couches radios et les protocoles et celle de la sécurité des réseaux. Du point de vue des résultats on notera la fourniture d'une solution complète de sécurité pour les réseaux de capteurs contraints dans le cadre d'un projet européen, un protocole de routage IP multicast, une solution de connectivité véhicule à infrastructure IP multi radio fiable dans le cadre de deux projets collaboratifs et d'un projet industriel ainsi que le développement d'algorithmes d'auto configuration de préfixes IP v 6 pour les réseaux véhiculaires.

L'axe « Recherche d'information » s'intéresse à développer des méthodes d'indexation, d'analyse et de filtrage des contenus multimédia (texte, images, vidéos et transcriptions de parole). Du point de vue des résultats on notera la publication de nombreux brevets, un nombre de transferts de technologies multiplié par un facteur 8 sur la période et des participations à des campagnes d'évaluation aussi bien en tant que participant qu'en tant que co-organisateur. Notons enfin que les différents outils d'analyse multimédia sont intégrés au sein de la plateforme AMOSE ce qui facilite, entre autres, l'évaluation. Pour le transfert on citera pour l'analyse de textes un transfert à une Start up du CEA et à une société externe ; pour la partie image le transfert sous forme d'une licence du logiciel



d'indexation et de recherche PIRIA (intégrant pour la partie texte le logiciel LIMA). On voit apparaître de claires synergies entre le traitement d'images et le traitement des textes que ce soit à travers les approches utilisées ou le couplage de ces approches pour aider à la recherche et à l'extraction d'information.

L'axe « Analyse de scènes » est plus directement applicatif que les deux autres et adresse des finalités comme la vidéo-protection ou le smart home. Les recherches de cet axe partagent un ensemble de technologies : déroutage des objets (précision et robustesse), détection (dans le visible et l'infra rouge), suivi de cibles, ré-identification des personnes, reconnaissance d'activités. Ces technologies prennent en compte les aspects liés au temps réel et aux systèmes embarqués. Du point de vue des résultats on notera la collaboration active au sein du Vision Lab en commun avec Thales, ainsi que la naissance d'un « living Lab » avec l'Ecole des Mines (le MobileMii) et divers transferts de technologies.

### Thématique « Interaction »

Les défis à relever pour cette thématique sont ceux d'une interaction distribuée, en mobilité, multisensorielle et sur écrans flexibles, fusionnant les mondes réels, virtuels et l'opérateur humain. Les recherches menées dans cette thématique sont au cœur des tendances les plus actuelles : interaction haptique et vibrotactile, localisation par vision, interaction réaliste avec des humains numériques dans des environnements virtuels, évaluation de l'expérience utilisateur. Trois classes de résultats majeurs intitulés respectivement : « Interaction sensorielle », « Localisation 3D et Réalité Augmentée » et « Interaction réaliste grâce à des Humains Numériques » sont présentées.

Le rapport souligne l'importance de l'axe « interaction vibrotactile » pour le DIASI. Les recherches engagées y sont originales, profondément interdisciplinaires : mémorisation d'icônes vibrotactiles pour l'orientation, création de messages vibrotactiles à valeur émotionnelle, effet des stimulations multisensorielles sur l'apprentissage du geste, avec une application dans le domaine de la chirurgie (plateforme et projet européen SKILLS). Les travaux ont fait l'objet de plusieurs dépôts de brevets et ont conduit à des publications et des thèses primées. Ces travaux se prolongeront dans le cadre d'un EQUIPEX (« Figures ») et d'un IDEFI (« SimUSante »). Des collaborations internationales (Univ. Glasgow, Lund, Salzburg) sont à noter pour ce thème.

L'axe « localisation 3D par vision embarquée » a pour objectif principal la localisation en absence de GPS (en *indoor*) ou de façon plus précise qu'un GPS (en *outdoor*). Le travail est essentiellement orienté vers des applications industrielles dans le domaine du transport et se caractérise par l'intégration capteur-algorithme-architecture. On note ici 2 participations à des contrats ANR où des données multi-capteurs sont utilisées. En « réalité augmentée », le résultat principal est le développement d'une « solution de recalage 3D sans marqueurs, robuste aux occultations, aux mouvements brusques et aux fortes variations de distance ». Cette solution a fait l'objet d'une protection par brevet et repose sur une expertise SLAM.

Les travaux dans l'axe « Interaction réaliste grâce à des Humains Numériques » concernent la génération de mouvements physiquement réalistes. Les travaux ont été valorisés dans le cadre de projets collaboratifs (ANR) ou de contrats directs.

### Thématique « Robotique »

La robotique est ici abordée comme robotique manufacturière, où des besoins nouveaux apparaissent en termes de versatilité, dextérité, autonomie décisionnelle, maîtrise de la collaboration robot-humain-environnement, pour des systèmes téléopérés ou mobiles. Outre l'environnement industriel, cœur de métier de ce département, les enjeux plus récents de la robotique personnelle et médicale viennent influencer les recherches conduites. Les recherches de ce thème se caractérisent également par leur déploiement sur l'axe innovation-intégration, avec des niveaux de maturité avancés. Cette thématique est articulée autour de trois axes : « Télérobotique et robotique collaborative », « Robotique autonome » et « Simulation Dynamique ».

On note pour le premier axe la mise en œuvre de méthodologies de conception et de dispositifs originaux, qui visent à augmenter le caractère naturel de l'interaction avec l'opérateur, son adaptation à l'humain, et le respect d'un ensemble de performances en termes de contrôle commande, d'ergonomie et de sûreté : exploitation de l'Humain Virtuel dans la simulation numérique dynamique, dispositifs de co-manipulation (poignées munies de peaux sensibles), prototypes de type exosquelette des membres supérieurs et inférieurs. Ces travaux ont été menés avec plusieurs PME spécialisées et dans le cadre de projets industriels.

Le second axe a pour objectif le développement de systèmes robotiques intégrés sur le plan fonctionnel, capables d'adresser des tâches de préhension versatile et de manipulation dextre et ayant les capacités de perception et d'adaptation à l'environnement (développement de bras et de préhenseurs pluridigitaux d'inspiration anthropomorphe). Ces travaux ont été menés dans le cadre de projets de recherche européens et ANR.



Le troisième axe s'attache à répondre à des besoins de simulation dynamique de systèmes multi-corps et de phénomènes physiques pour le prototypage virtuel et la formation, et pour la télérobotique. Ces travaux permettent d'améliorer très sensiblement le prototypage des lois de commande pour des robots marcheurs ou pour des robots évoluant dans des milieux accidentés, franchissant des escaliers, etc. Le code de simulation développé a fait l'objet de transferts industriels sous la forme d'intégration dans des produits logiciels commerciaux. Les méthodes développées ont également été intégrées dans des applications de maquettage virtuel pour la conception d'opérations de montage dans l'automobile et l'aéronautique dans le cadre d'un projet FUI Usine numérique en partenariat industriel, la simulation robotique ou les jeux sérieux pour la formation (projets ANR).

On note pour ce thème des collaborations nombreuses avec le tissu académique français et des institutions internationales de renom (Institut Fraunhofer IPA, MIT, Univ. Louvain), ainsi que des collaborations en interne avec d'autres pôles du CEA (DAM, DEN, DSM).

### Appréciation sur la production et la qualité scientifique

La présentation des travaux du département DIASI est très dense, elle dénote une activité foisonnante, et peut donner un sentiment d'éparpillement. Le département apparaît pourtant comme un acteur clef, au sein du LIST, susceptible de jouer un rôle important dans la mise en place de synergies entre départements.

On note un effort soutenu pour publier dans les meilleures revues du domaine. Les publications à congrès sont également orientées vers des congrès de qualité. Le taux de publication se maintient à un niveau constant sur la période (environ une publication de rang A par chercheur et par an), avec un effort de progression vers des supports de rang A et un bon équilibre entre les trois thèmes. Il est à noter que le département participe régulièrement aux campagnes internationales du domaine où il a obtenu d'excellents résultats à ces campagnes : TrecVid SIN (2ème, 2011), ImageClef Wikipedia Retrieval (1er, 2011), mediaEval Placing Task (1er, 2012).

Il déploie également une forte activité logicielle, dont plusieurs ont donné lieu à des dépôts auprès de l'APP : PIRIA (programme d'indexation et de recherche d'image par similarité visuelle licencié à Senseeactive), bibliothèque et applicatifs de vision par ordinateur, ARBORIS, Moteur Multimedia MM, Trickle Multicast, RPL Multicast. On relève également sa participation à l'élaboration de normes et standards. Cette activité est complétée par une forte activité de valorisation via des brevets (une vingtaine de brevets déposés par an). Le portefeuille actuel du département est de 96 brevets.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le département a une responsabilité importante dans le Grand Programme « Manufacturing CEA ». Son rayonnement est attesté par sa visibilité au sein de programmes stratégiques comme le plan France Robots Initiatives (2013) ou le PPP Robotique au niveau européen. Il cherche actuellement à se positionner dans le PPP Factories of the Future à travers l'EFFRA (*European Factories of the Future Research Association*), où le CEA LIST est un membre de plein droit.

Les chercheurs participent à l'alliance ALLISTENE dans le groupe de travail 4 sur les thèmes Contenus et Interactions. Ils ont été invités à participer au Comité Technique de la IEEE Robotics and Automation Society sur le thème "Robotics and Automation in Nuclear Facilities".

La liste des publications ne fait pas mention de conférences invitées. Une conférence invitée à la conférence Siggraph 2013 est néanmoins mentionnée dans le document de présentation des activités du département. Des best paper award ont été obtenus à EuroHaptics 2010 et à ICWMC 2013 (Ninth International Conference on Wireless and Mobile Communications). Plusieurs prix de thèse ont été décernés à des doctorants du département.

Les chercheurs du département sont régulièrement sollicités pour participer aux comités de programmes des conférences de leur domaine Ils sont également associés à plusieurs comités de lecture de revues internationales de Ils coordonnent la rédaction d'ouvrages scientifiques).

Le département a été sollicité par le pôle SYSTEMATIC pour présider le comité d'organisation de la conférence Smart Manufacturing (Paris, 2014). Il préside ou participe régulièrement à l'organisation de workshops et de conférences .



Les chercheurs du département participent comme experts à l'évaluation de projets nationaux et internationaux. Ils sont également membres de comités d'évaluation (ANR, CapDigital, CIR, UE). Ils réalisent des évaluations techniques pour l'Oseo et contribuent également aux travaux de certains organismes de standardisation (par exemple à l'IETF<sup>12</sup> pour les protocoles de communications IP).

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

Les chercheurs du département sont inventeurs d'un grand nombre de brevets, dont plusieurs transférés à des sociétés industrielles. Ils participent également à l'élaboration de normes et standards (e.g. standard MLIF pour le traitement automatique des langues, norme MPEG7 pour le contenu multimedia, standard radio 802).

Le positionnement scientifique et stratégique du département manifeste une excellente connaissance des milieux académique et industriel et de la concurrence en France et à l'étranger. Les travaux se caractérisent par une dynamique partenariale de grande qualité, orientée vers des acteurs académiques et industriels, dans le cadre de projets nationaux et européens. Plusieurs de ces collaborations s'étendent sur le long terme, avec en particulier un accord-cadre de collaboration en cours d'élaboration autour de l'aide à la conduite avec l'Institut Pascal (Université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand). On note également des partenariats avec des organismes publics comme le CHU d'Amiens (plateforme de formation au geste chirurgical SKILLS) et le CSTB, des associations comme l'INRS ou des instituts comme l'IRI-Centre Pompidou. Des collaborations internationales sont également présentes et fécondes : Carnegie Mellon, Imperial College London, Institut Fraunhofer IPA, MIT, Univ. Louvain.

En termes d'impact, il serait intéressant d'avoir plus de précisions quant à la nature des relations avec les industriels. La présentation des tableaux, qui sépare collaborations industrielles (grands groupes et PME), académiques et étatiques permet mal de juger des synergies entre ces différents partenariats et du rôle moteur joué par le département dans la mise en place de « passerelles » entre ces acteurs.

Le département a considérablement augmenté le volume de son partenariat industriel dans la période (accroissement d'un facteur 9,6 des contrats industriels directs). On note des collaborations avec la plupart des acteurs majeurs du domaine. Les technologies développées par le département ont permis la création de plusieurs start-up sur la période : Diotosoft sur la Réalité augmentée (2009), Arcure sur la détection de piétons pour les milieux industriels et les engins de chantier (2009). Certaines de ces collaborations industrielles ont été renouvelées. Il faut enfin noter la création d'un laboratoire commun CEA/Thales qui regroupe une équipe mixte (dont 6 chercheurs CEA), et la création du living Lab MobileMii en commun avec l'Institut Mines Télécom.

Certains des logiciels produits par le département ont largement pénétré la sphère académique et industrielle, et ont été intégrés dans des produits commerciaux, comme la suite logicielle XDE Physics, un moteur de simulation mécanique interactive, dont une licence a été acquise par le MIT. Plusieurs organismes en France et à l'étranger sont des utilisateurs de XDE.

L'augmentation de la part des contrats industriels dans l'activité contractuelle n'a pas été faite au détriment de l'implication dans des contrats nationaux ou FUI. La participation aux projets européens a également été maintenue, mais à un niveau plus faible. L'entrée dans le projet EIT ICTLabs constitue un pas important pour une participation du CEA au programme européen de la Communauté de la Connaissance (KIC).

### Appréciation sur l'organisation et la vie du département

L'appréciation de la gouvernance et de la vie du département DIASI est rendue difficile en raison d'une organisation stratifiée complexe, d'une présentation qui met tantôt l'accent sur les axes et thématiques, tantôt l'accent sur les laboratoires, enfin d'un manque criant d'effort pour rendre lisible ces éléments. On notera que cette remarque n'est pas spécifique au département DIASI, mais relève plutôt d'une politique générale de présentation de l'unité.

La gouvernance actuelle, forte et déclinée selon un mode hiérarchique, accompagnée par des services administratifs de qualité, est manifestement un facteur de cohésion et de performance pour le département. Deux éléments nous paraissent néanmoins à souligner, source potentielle de difficulté dans la vie des personnels. Les ingénieurs-chercheurs doivent faire face à des pressions constantes, en raison du nombre important de plateformes à maintenir et à gérer, et d'un travail orienté vers la recherche de contrats, qui peut nécessiter une réactivité importante sur le court terme. Ces difficultés sont accrues par la diminution des effectifs des personnels techniques, qui doivent faire face à des tâches multiples. Les chercheurs présentent enfin des origines disciplinaires très variées,

---

<sup>12</sup> InternetEngineering Task Force



susceptibles de conduire à des pratiques de la recherche différente, qui constituent d'ailleurs la force et l'originalité de l'organisme.

Face aux montants financiers en jeu, l'absence d'éléments d'appréciation de la vie financière des laboratoires est également regrettable (gestion de l'abondement Carnot en particulier).

On note une politique de mutualisation logicielle, avec par exemple le logiciel LIMA (List Multilingual Analyzer), ou la plateforme de développement multimédia multilingue AMOSE qui mutualise un ensemble d'outils de recherche d'information dédiés au TAL (LIMA), à l'analyse d'image (PIRIA) et de la vidéo (JULIET) au sein d'une architecture orientée BigData.

Le département est doté d'un ensemble très conséquent d'équipements lourds, répartis sur plus de 1000m<sup>2</sup> sur les sites de Digiteo Moulon et Nanolnnov. On note parmi ces équipements une plateforme d'intelligence ambiante, une salle immersive, une plateforme de robotique, des réseaux d'expérimentation multi-technologies, des plateformes et outils pour la conception et le prototypage, des clusters de calcul, des centres d'usinage, et divers moyens d'évaluation et de caractérisation. Il conviendrait d'avoir plus de détails sur les modalités de gestion et de maintenance de ces équipements, particulièrement au regard du très faible nombre de personnels techniques.

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

Les chercheurs et doctorants du département assurent des enseignements réguliers dans diverses formations (Universités, IUT, et Grandes Ecoles) en région parisienne et en province, Ils interviennent également dans des établissements à l'étranger.

54 thèses ont été soutenues sur la période, réparties de manière équilibrée sur les trois thèmes. La dynamique d'encadrement doctoral est bonne. On note néanmoins un nombre très faible d'habilités pour ce département (1). Suivant les préconisations du CEA LIST, des journées des thèses sont organisées par le département, des formations proposées aux encadrants et un soutien incitatif apporté à la préparation du diplôme d'habilitation.

L'exploitation des plateformes à des fins de formation est un plus qui pourrait être mieux valorisé. Le département contribue par exemple à l'IDEFI SimuSanté, un projet de plate-forme de formation par la simulation médicale virtuelle.

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

La vision de la stratégie et du projet à 5 ans élaborée par le département DIASI est issue d'une analyse de sa mission et de son positionnement par rapport aux acteurs institutionnels et industriels majeurs du domaine. Cette analyse prend naturellement en compte les évolutions à venir sur le plateau de Saclay.

La mission du département DIASI est formulée comme étant d'assurer « le développement et le transfert vers l'industrie de technologies d'assistance à l'homme dans ses interactions avec les technologies numériques ». Suivant la stratégie globale du CEA LIST, le département envisage de focaliser ses efforts sur le thème fédérateur de l'« Advanced Manufacturing », et de mettre en place une méthodologie articulant réflexion stratégique (roadmapping), conception collaborative de « briques technologiques génériques » et développement à visée industrielle d'« applicatifs métiers ».

Le département se positionne localement comme un acteur de l'EQUIPEX Digiscope, qui fédère neuf acteurs de la réalité virtuelle sur le plateau de Saclay et bénéficiera dans ce cadre d'une infrastructure avancée pour la visualisation interactive et collaborative de données complexes supportant le lancement de projets fédérateurs. Des partenariats avec d'autres départements (DILS) et unités (LETI, LITEN) du CEA sont préconisés. Les partenariats académiques ont vocation à s'ouvrir auprès des acteurs clés au niveau mondial. Au niveau européen, un positionnement stratégique est recherché à travers le PPP Robotique et le PPP Factories of the Future.

### Thématique « des Données aux Connaissances »

La stratégie pour cette thématique est de continuer dans les directions actuelles, avec un accent sur la problématique du passage à l'échelle. Pour l'axe réseau, le mieux développé dans le document, il s'agit de faire face à l'augmentation du volume et du trafic et aux contraintes liées à l'internet des objets. Pour l'axe recherche d'information il s'agit d'améliorer la précision des résultats obtenus, de s'intéresser à la représentation des connaissances via la définition d'ontologies communes et de prendre en compte l'aspect passage à l'échelle via la réduction des temps de calcul et la parallélisation des processus. L'axe analyse de scènes s'intéresse lui aussi au passage à l'échelle des technologies développées pour l'observation des personnes à des fins de vidéo surveillance. L'autre grand axe est l'interprétation plus riche et robuste des scènes vidéo (par exemple analyse de gestes).



La ligne directrice de l'intelligence ambiante est sans doute intéressante à préserver pour cette thématique : au-delà de la transition entre matériel et logiciel, elle porte plus particulièrement la transition entre matériel et vie numérique (au sens des contenus multimédias échangés), les réseaux faisant le pont entre les deux. Une difficulté pour ce thème est en effet de rendre lisible l'offre de technologie pour des acteurs extérieurs (en particulier pour des PME ou des ETI) qui pourraient vouloir collaborer. Pour remédier à cela, il serait sans doute intéressant, plutôt que de continuer les travaux dans la lignée pratiquement exacte de ce qui est déjà en place, de les orienter davantage vers la frontière entre analyse d'image, de texte, de scènes vidéo. Un plus fort accent sur tout ce qui touche à la modélisation des connaissances et à la sémantique (ontologies en particulier) aurait pour autre avantage d'ouvrir une logique inter-départements forte, mettant en avant des problématiques communes autour de la notion de modèle. Il pourrait sortir de cette orientation des méthodologies communes de modélisation qui font un peu défaut aujourd'hui.

#### Thématique « Interaction »

La stratégie annoncée pour cette thématique est de poursuivre les recherches en direction d'une interaction plus naturelle, plus intuitive et plus accessible. Il s'agit d'obtenir une interaction fluide avec toute surface grâce à des retours tactiles visuels et auditifs.

Pour l'axe « Interactions sensorielles », les recherches envisagées vont d'une part traiter les aspects technologiques sous l'angle de l'extension de la stimulation localisée aux contacts multipoints et aux écrans tactiles par la focalisation d'ondes acoustiques. Les recherches vont d'autre part traiter les aspects plus théoriques liés à l'exploration des processus cognitifs sous l'angle de la logique intuitive ou de la cognition incorporée.

Pour l'axe « Localisation 3D et Réalité Augmentée », appelé aussi « Localisation 3D Pour L'interaction En Mobilité Et Réalité Augmentée », les recherches vont continuer sur les d'algorithmes de localisation par vision et vont s'intéresser à leur adaptation aux contraintes de dispositifs mobiles à capacité limitée (smartphone) et à l'exploration des futurs systèmes de restitution (écrans transparents ou lunettes) sous l'angle de l'interaction gestuelle et de la réduction des temps de latence.

Pour le dernier axe, intitulé « Humain Numérique », les recherches vont porter d'une part sur le développement de modèles biomécaniques pour la robotique collaborative et l'ergonomie, et d'autre part sur le développement des contrôleurs et des modes de contrôle robustes.

Il conviendrait de prolonger cette réflexion par une analyse plus fine de la place de ces recherches au sein du thème « *Advanced Manufacturing* » et des synergies potentielles avec les autres départements du CEA LIST. La notion de « sécurité » des interactions pourrait en particulier constituer un thème porteur et fédérateur dans ce cadre.

#### Thématique « Robotique »

Pour la thématique « Robotique », l'objectif est la conception d'un « robot collaborateur » à la fois dextre et cognitif, capable d'interagir de manière garantie, et de coopérer de manière autonome avec les opérateurs humains, dans des contextes porteurs d'imprévus.

Pour l'axe « Télérobotique et robotique collaborative », l'ambition est de développer une approche de conception à partir de composants fonctionnels aux interfaces normalisées. Des efforts d'intégration visent à améliorer l'assistance à l'opérateur, et son adaptation au contexte de la tâche : fusion multi-capteurs (vision, effort, contact), intégration d'outils de simulation physique et d'ontologies propres aux domaines d'activité.

Pour l'axe « Robotique autonome », l'objectif est de concevoir des dispositifs agiles répondant à des contraintes de vitesse, dextérité, robustesse et coût et capables d'un comportement autonome et coopératif en environnement hautement dynamique et incertain.

Pour l'axe « Simulation Physique », l'enjeu est la diversification des contextes d'application (modélisation musculo-squelettique, modélisation de la dynamique de véhicules à chenilles en terrain accidenté...). Il est également prévu de simuler des scénarios plus complexes: couplage fluide-système multi-corps, simulations multi-physiques temps-réel. Un souci de compatibilité des outils avec le *Cloud Computing* est également manifesté.

De même que pour le thème « Interaction », il conviendrait d'analyser la place de ces recherches au sein du thème « *Advanced Manufacturing* » et d'envisager les synergies potentielles avec les autres départements du CEA LIST, la notion de « sécurité » pouvant là aussi constituer un thème porteur et fédérateur.



## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

Le département DIASI remplit pleinement sa mission de recherche intégrative, et maintient des objectifs parfaitement conformes à ceux de l'unité CEA LIST. Sa particularité et son point fort sont sa capacité à maintenir une recherche scientifique et technologique de très bonne qualité, validée par un ensemble remarquable de publications en conférences de rang A et dans des revues prestigieuses. Cet atout est sans doute issu d'une tradition de recherche ancienne, qui a donné lieu à une capacité de capitalisation autour de plateformes logicielles et matérielles et à des traditions fortes de collaboration avec plusieurs partenaires académiques en France et à l'étranger, au meilleur niveau. Les travaux menés par les chercheurs du département ont une bonne visibilité académique, grâce à l'implication des chercheurs dans l'activité d'animation scientifique.

Le département maintient en outre un excellent équilibre entre ses missions de ressourcement et de recherche partenariale. Les contrats ont été augmentés de manière notable, et l'on note une forte dynamique de collaboration avec des grands groupes, la présence de plusieurs start-up émanant du département et une forte activité de dépôt de brevets de protection des logiciels créés.

Le département occupe une position stratégique au cœur du CEA LIST et maintient des relations fructueuses avec d'autres départements, unités et pôles du CEA, sources d'une forte valeur ajoutée pour le futur.

Le département bénéficie de chercheurs aux compétences très variées et est le lieu d'une interdisciplinarité active. Cela lui confère une excellente réactivité et la capacité à prendre des risques scientifiques sur des sujets frontières.

Le positionnement sur le plateau de Saclay est stratégique pour ce département. De très nombreuses opportunités de ressourcement sont attendues, en particulier sur le terrain des usages et des relations avec les SHS, via les équipes INRIA et Mines-Telecom.

### Points faibles et risques liés au contexte :

Les liens et synergies entre axes et thématiques, au sein même du DIASI, mériteraient d'être mieux valorisés, pour renforcer sa visibilité, mettre en avant son originalité et son potentiel, et orienter sa feuille de route. Certains des travaux menés au DIASI se situent à la lisière des thèmes « cœur » du CEA LIST, par exemple la recherche d'informations et l'analyse de scènes vidéo. Cela constitue une prise de risque certaine pour le département et rend délicate sa présentation et son orchestration vis-à-vis des autres activités du CEA List et du CEA en général.

Le choix de présentation des activités sous la forme de thématique et d'axes, non isomorphes à la structure en laboratoires, ne facilite pas la lisibilité et donne un sentiment de dispersion, de fragmentation des activités. Cette fragmentation rend également plus évidentes les disparités entre thèmes, qui ne connaissent pas la même maturité, n'abordent pas le même niveau de TRL et ne portent pas le même potentiel d'innovation.

La vision stratégique demeure une vision cloisonnée, qui manque à dépasser l'éclatement des activités des chercheurs au sein des laboratoires, axes et thématiques ; c'est également une vision plutôt court terme, ancrée dans les évolutions les plus attendues des secteurs concernés, sans en chercher les éléments de rupture.

Le département est l'héritier d'une culture CEA très techno-centrée, peu tournée vers la prise en compte des usages ou vers une conception orientée service, ce qui peut conduire à un manque de lisibilité de l'offre du département, en particulier vis-à-vis des PME.

La présence d'un très faible nombre de personnels techniques face à l'accroissement des plateaux techniques nous paraît un facteur de risque à ne pas négliger. Le très faible nombre de chercheurs habilités constitue également un facteur de risque important qui risque de grever l'autonomie académique du département, face aux « poids lourds » en cours d'installation sur le plateau.

### Recommandations :

Il faut maintenir l'équilibre actuel entre activités de ressourcement et activités partenariales qui constituent la force du département.

Il est particulièrement important pour ce département de développer une politique de soutenance d' HDR, (recommandation généralisable à l'unité CEA-LIST).

La lisibilité des activités doit être augmentée par la mise en avant effective des « briques génériques » et de leurs « applications métiers » ; organiser les activités selon une vision matricielle croisant domaines verticaux (robotique) et domaines horizontaux (simulation, interface, réseaux, multimédia...).



Il est nécessaire de s'attacher à poursuivre et développer les synergies entre axes et thématiques, poursuivre et développer les recherches sur le thème de la connaissance : une prise de risque à soutenir, facteur de synergies inter-départements fortes et susceptible de renforcer le rôle du département au sein de l'unité. La mise en place de projets transversaux interdisciplinaires, dirigés par des chefs de projets, serait une voie dans ce sens : un axe fédérateur autour du handicap, sur lequel des recherches sont actuellement menées mais peu valorisées, pourrait par exemple être mis en place.

La réflexion stratégique doit être approfondie : la ligne « Advanced manufacturing » convient parfaitement aux activités du département et mérite d'être mieux travaillée et déclinée selon les lignes de force du DIASI.

Il est nécessaire de poursuivre l'effort en direction des plateformes, en l'ouvrant de manière volontariste à des actions de formation, sources de visibilité importante : mettre en place une organisation plus affirmée autour de ces plateformes en termes de services offerts aux partenaires.



**Département 4 :** Méthodes et outils logiciels pour la conception et la maîtrise des systèmes à haut niveau de sûreté et sécurité (DILS)

**Nom du responsable :** M. François TERRIER

**Effectifs**

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	56	57
N4 : Nombre de techniciens	1	1
N6 : Nombre de doctorants et post-doctorants	14	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	22	

### • Appréciations détaillées

Les axes de recherche du département DILS portent sur la sûreté de fonctionnement et la conception de logiciels, en particulier dans les systèmes embarqués.

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

La qualité scientifique est d'un très bon niveau. Le département maîtrise les différents modèles et paradigmes qui interviennent le long de la chaîne allant du design amont des systèmes jusqu'au déploiement. L'implication dans des actions de valorisation et de transfert est remarquable. Très importante, mais maîtrisée et basée sur des collaborations suffisamment stables, elle permet de rester au contact de la réalité, de valider les solutions proposées par le département et, enfin, d'en faciliter le transfert.

Les publications du département DILS sont, en général, de très bon niveau avec une prédominance d'articles en conférences internationales réputées ; un accent devrait être mis sur les publications en journaux internationaux. Le bilan en termes de publications est globalement très bon, en particulier si on tient compte des actions de développement et de valorisation.

Le département a une activité très significative de production de logiciels. Elle est menée dans le cadre de collaborations industrielles très importantes. Certaines collaborations sont bien établies et permettent ainsi des échanges fructueux. Les relations contractuelles sont particulièrement nombreuses, bien réparties entre les niveaux régional, national, européen et industriel, avec de nombreux partenaires académiques et industriels. L'ensemble des contrats apporte des ressources très importantes au département.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le département DILS est très connu dans le domaine de la conception et de la testabilité. Les chercheurs de ce département sont fortement impliqués dans les comités (pilotage, programme ou organisation) de conférences, revues et écoles d'été régulières ainsi que dans des expertises de projet notamment à l'échelle nationale (ANR, Arpège, RNTL, FRAE), européenne (FP7) ou internationale. Ils jouent également un rôle important dans des groupes de normalisation de l'embarqué (AUTOSAR, AADL, etc) ainsi que dans l'organisme de standardisation OMG (Object Management Group) responsable des standards UML, SysML et MARTE.



Deux thèses encadrées par des chercheurs du département ont été récompensées par des prix : en 2009 le deuxième prix M. Gilles KAHN (sujet : Analyse statique par interprétation abstraite de systèmes hybrides) et en 2010 le premier prix M. Gilles KAHN (sujet : Algorithmique des polyèdres tropicaux, et application à l'interprétation abstraite).

La forte implication du département dans des projets collaboratifs conduit à des collaborations fortes (validées par des publications communes et/ou par leur pérennité) aux niveaux académique et industriel, en particulier sur le plan international.

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

Le dynamisme du département DILS est tout à fait remarquable en ce qui concerne la coopération industrielle. Cela débouche sur de nombreux contrats pour lesquels DILS s'attache avant tout à l'intérêt scientifique. Le financement externe du laboratoire est donc excellent.

On peut apprécier également la très forte activité en terme de production technologique : développement logiciel donnant lieu à transfert industriel, dépôt de brevet ou construction d'une offre open source (UML. Papyrus, Frama-C, ALCOOL, FLUCTUAT, ...) ainsi que le travail d'expertises et d'études de cas pour plusieurs entreprises.

Les chercheurs du département sont fortement impliqués dans le tissu régional comme membres du Conseil Scientifique de l'ESIEE, membres de la Commission Scientifique et Technique auprès du Conseil Général de l'Economie, de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies (Ministère de l'Economie et des Finances).

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

Les activités du département sont menées avec une bonne cohérence d'ensemble : une culture commune logicielle homogène, un positionnement stratégique vers l'Open Source et dépôt de licences, ainsi qu'une volonté de reconnaissance au travers de la participation aux activités de normalisation.

La gouvernance est bonne et le fonctionnement du département repose sur une bonne continuité entre les travaux de thèse, de recherche appliquée et de partenariat industriel.

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

Les membres du département sont très impliqués, au niveau pédagogique, dans les instances universitaires. Une vingtaine de chercheurs du département assurent des enseignements à l'Ecole Polytechnique, l'Ecole Centrale Paris, l'ENSTA<sup>13</sup>, l'ENSIIE<sup>14</sup>, l'Ecole de Mines de Nancy. D'autres types d'enseignements sont assurés dans le cadre de laboratoires communs avec les industriels. Deux chercheurs du département ont le statut de maître de conférences et professeur à mi-temps à l'Ecole Polytechnique.

Les chercheurs du DILS participent régulièrement aux jurys de thèses et HDR, en tant que rapporteurs ou examinateurs.

Le département participe activement à la formation par la recherche, avec 14 étudiants en thèse en moyenne chaque année. Il s'implique également dans l'effort de formation du CEA par la présence régulière de stagiaires.

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

Le projet scientifique prolonge et renouvelle l'activité du département. Il s'inscrit dans la continuité des recherches menées et s'articule autour de ses thèmes : la conception de logiciels et la sûreté de fonctionnement. Il décline une approche visant à mettre en place une « plate-forme CEA-LIST d'ingénierie des systèmes cyber-physiques » Le projet combine avantageusement recherches théoriques, développement d'outils et applications pratiques. Ce projet est ambitieux mais reste réaliste ; pour le mener à bien, DILS a besoin d'ouverture vers d'autres disciplines pour acquérir les compétences nécessaires.

<sup>13</sup> ENSTA : Ecole Nationale Supérieure des Techniques de l'Armement

<sup>14</sup> ENSIIE : Ecole Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise



## Conclusion

Le département DILS est au premier plan dans le domaine logiciel, actif, visible sur des technologies-clef (modélisation et analyse de code). Le domaine de recherche est à la fois large et porteur. Il ne peut qu'être encouragé à poursuivre dans la même voie tout en accompagnant encore plus ses jeunes membres dans leur progression vers une autonomie scientifique. Il a une réelle opportunité de prendre appui sur l'image nationale pour rentrer dans les grands réseaux de recherche internationaux, surtout s'il veut aller vers la recherche en ingénierie système qui est actuellement surtout active à l'étranger (par exemple, « European Cooperation in Science and Technology » ou « INCOSE<sup>15</sup> Systems Engineering & Architecting Network for Research »).

### Points forts et possibilités liées au contexte :

- haute qualité des recherches appliquées et de développement pour la modélisation ;
- excellente qualité de recherches fondamentales, appliquées et de développement de technologies et produits d'analyse et de vérification de code ;
- bonne unité thématique de l'ensemble du département ;
- renommée de certains membres du département ;
- reconnaissance, par la communauté logicielle, de la valeur du département à travers l'élaboration de normes (exemple, OMG) ;
- nombreuses relations industrielles pérennes et fructueuses favorisant un bon transfert de compétences et des projets en adéquation avec les applications réelles ;
- très importantes activités contractuelles au niveau régional, national ou européen, assurant un excellent niveau de financement externe.

### Points faibles et risques liés au contexte :

- certaines orientations scientifiques sont peu claires ( cf 'Recommandations' ci-dessous) ;
- au regard du potentiel du département, le nombre de HDR (3) au cours de la période d'évaluation est faible et une action plus incitative sur ce point serait bienvenue.

### Recommandations :

- montrer une vision plus affirmée vers l'évolution de la modélisation des logiciels embarqués (Architecture embarquée orientée-service, modélisation de l'ordonnancement temps-réel avec une synergie avec le département DACLE) ;
- le choix d'aller vers les systèmes cyber-physiques est très structurant pour statuer sur le périmètre du département. La décision devra, en particulier, tenir compte de l'évolution des connaissances et des moyens pour aller vers :
  - l'ingénierie système (pluridisciplinarité) ;
  - la sécurité ;
  - le réseau ;
  - L'orientation systèmes cyber-physiques doit être menée en cohérence avec les autres départements.
- développer une expertise à l'international en rentrant dans des réseaux de recherche stable ;
- clarifier une orientation ou non vers l'ingénierie système et/ou vers les systèmes cyber-physiques, par la prise en compte de la modélisation multi-physique couplée à la modélisation fonctionnelle ;
- analyser l'orientation vers de la modélisation logicielle prouvable, nécessitant des expressions exécutables et certainement un appui sur la génération de code et sur la simulation ;
- clarifier les notions de preuve de fonctionnement par rapport à la sûreté de fonctionnement (clarifier le positionnement de DILS par rapport à « safety », « security », et « resilience »). En effet, la sûreté de fonctionnement ne peut être abordée que dans un périmètre logiciel et matériel.

<sup>15</sup> Le Chapitre français de l'INCOSE (Association Française d'Ingénierie Système) est situé à Orsay



**Département 5 :** Technologies d'imagerie, de simulation et de capteurs pour le contrôle non destructif et la santé (DISC)

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Clarisse POIDEVIN

**Effectifs**

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	68	70
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	6	6
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	15	
<b>N7</b> : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	23	

### • Appréciations détaillées

Le département DISC articule son activité autour des deux thématiques que sont, la modélisation simulation d'une part et l'instrumentation et l'imagerie d'autre part.

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

Pour chacune des thématiques, les recherches s'appuient sur des plateformes d'intégration du savoir-faire qui permettent de valoriser rapidement une production scientifique de qualité. La plateforme CIVA permet l'intégration de nouveaux modèles dans le domaine ultrasonore et dans le domaine électromagnétique alors que la plateforme GERIM intègre de nouveaux réseaux de capteurs en vraie grandeur pour le contrôle non destructif. Par ailleurs on note une interaction importante entre ces deux plateformes qui bénéficient mutuellement des avancées des thématiques dans lesquelles elles s'inscrivent. Il y a là un cercle vertueux qui permet la modélisation conjointe de l'équipement à mesurer et de l'instrument de mesure.

Les domaines industriels et les communautés scientifiques dans lesquels le DISC évolue, sont hautement dynamiques et compétitifs.

Le DISC a connu dans la période un développement important dont les indicateurs suivants caractérisent le positionnement unique du DISC dans les domaines du Contrôle Non Destructif (CND) :

- un déploiement industriel important de sa solution logiciel CIVA ;
- 200 entreprises en 2012 dont 80% à l'export utilisent CIVA ;
- 54 contrats industriels dont CIVA est un apport important ;
- 16 brevets déposés dans la période ;
- une présence à l'international à travers des publications et une participation active à des organismes de normalisation et d'expertise (en moyenne 35 contributions par an) ;
- 42 thèses déjà soutenues ou encore en cours sur la période.

Ces chiffres démontrent les contributions du DISC autour de deux classes de publications :



- celles qui présentent les améliorations spécifiques ou les solutions qui confirment le rôle du DISC comme leader international dans les CND. Ces contributions ont donné lieu à des publications lors de conférences internationales (dédiées au CND, la propagation ultrasonore, l'imagerie...) ou dans des journaux scientifiques ;
- celles qui sont dédiées à la diffusion des méthodologies et techniques à une très large communauté et leur application dans des domaines connexes (par exemple biomédical).

Le DISC a parfaitement respecté les objectifs du LIST, en particulier il a démontré, grâce à l'excellence de sa solution CIVA, non seulement sa capacité à transférer à l'industrie le fruit de sa recherche dans ses domaines industriels historiques, mais aussi son aptitude à se projeter dans d'autres domaines, par exemple le médical.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Une des clés du succès du DISC est sa capacité à transférer les solutions issues de sa recherche et développement au marché. Grâce à cela le DISC a amélioré très nettement les financements issus des contrats industriels, respectant encore une fois les objectifs du LIST.

Ce déploiement industriel a permis au DISC d'asseoir sa légitimité au niveau au moins Européen dans les domaines d'application du CND.

De plus pour permettre de continuer à innover pour conduire la stratégie d'amélioration continue de sa solution de modélisation et de simulation, et ses propositions en termes d'instrumentation et d'imagerie, le DISC s'est fortement engagé dans des projets de R&D (ANR, FUI, FP7 et ITEA2), en assurant à de nombreuses reprises le rôle de coordinateur.

Globalement le DISC pendant la période examinée a augmenté les financements issus de projets de recherche amont de 90% et les contrats industriels représentent désormais 60% des ressources financières externes en 2013.

Dans le même temps, le DISC a initié le projet de plateforme GERIM-GERIM2, afin de pouvoir partager les équipements de R&D avec d'autres partenaires, afin d'enrichir les solutions industrielles autour du CND. Cette plateforme a été visitée par plus de 200 personnes de l'industrie, dont 30 venants de l'étranger et par 120 acteurs du monde académique, démontrant ainsi le positionnement unique du DISC. Cette initiative a permis également de supporter les projets industriels nationaux et internationaux, en mettant à disposition une plateforme unique.

Par ailleurs, les ingénieurs-chercheurs, doctorants ou post-doc du DISC, participent activement aux réseaux principaux en France et en Europe, dans le domaine du CND. Le DISC est également impliqué dans des comités de normalisation, démontrant que son expertise est reconnue par les acteurs du domaine.

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

Le succès de la plateforme CIVA démontre l'originalité des méthodes et des produits développés par le département. Le nombre d'utilisateurs de cette solution atteste de la valeur marché de l'ensemble modélisation/simulation et capteur/visualisation mis au point.

La création en 2009 de la société Extende a permis la commercialisation de la solution à l'international. Il existe également des liens forts entre le département et les entreprises M2M (spin-off de 2003) et IMASONIC.

Entre 2003 et 2013, deux entreprises ont été créés pour assurer le déploiement commercial des technologies développées par le département.

Le marché du CND se développant significativement, la concurrence devient plus vive. Ainsi, la capacité à valoriser rapidement les solutions en adéquation avec les besoins marché est fondamentale. Mais il faut également travailler sur les évolutions technologiques demandées par le marché. Pour cela, le DISC a travaillé en étendant son réseau de partenaires, sur la tomographie X et sur de nouveaux systèmes de contrôle.

Un projet de transfert vers AREVA est également en cours, démontrant la capacité du département à industrialiser rapidement des produits en parfaite adéquation avec les marchés de niche.

Le DISC a été dans la période très actif sur la production de brevets, puisque 16 dépôts ont été réalisés.



## Appréciation sur l'organisation et la vie du département

Le département est organisé en 7 laboratoires. Ces laboratoires sont en fait des centres de compétences, qui interagissent, pour développer les solutions de modélisation et de simulation ainsi que l'instrumentation associée.

Le Laboratoire de Simulation et Modélisation (LSM) a été découpé en 2 laboratoires, le Laboratoire de Simulation et Modélisation Acoustique (LSMA) et le Laboratoire de Simulation et Modélisation Electromagnétique (LSME). La charge d'activité croissante a motivé ce choix.

Le département s'est doté d'un laboratoire, le Laboratoire des Méthodes et Contrôles (LMC), en charge des méthodes et contrôles, qui assurent l'interface avec les industriels. Cette approche semble très pertinente et doit assurer un fonctionnement du département faisant une distinction claire entre travaux scientifiques et besoins industriels. Ce laboratoire est probablement en interface directe avec les deux start-up Extende et M2M.

Le Laboratoire d'Instrumentation et Capteurs (LIC) et le Laboratoire d'Images, Tomographie et Traitement (LITT) sont dédiés aux activités d'instrumentation et d'imagerie.

Le Laboratoire de Développements Informatiques (LDI) apporte un service transversal pour les développements informatiques.

La création du Laboratoire CND pour les Applications Aéronautiques (LC2A) en 2011 permet de servir l'industrie aéronautique. Son action est donc cette fois-ci plus verticale. Il s'agit en fait d'un laboratoire commun, perturbant ainsi la lecture de l'organisation en laboratoire de type « centre de compétences ».

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

Les personnels du département dans la période ont participé à l'encadrement de 42 thèses. En janvier 2013, il y avait encore 20 thèses actives, dont 14 financées sur les fonds propres du DISC. Cette dynamique permet de développer des liens avec une quinzaine d'universités françaises.

D'autre part, des activités d'enseignement ont été assurées dans 8 établissements d'enseignement, pour un volume d'environ 200 h/an.

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

Le département confirme sa position de leader aussi bien au niveau industriel que scientifique dans le domaine du CND. Il souhaite continuer à faire de CIVA sa plateforme de référence, en s'appuyant essentiellement sur ces 2 spin-off, Extende et M2M.

Il souhaite également utiliser les structures partenariales mises en place pour CIVAMONT et GERIM2, pour augmenter son réseau académique au niveau national. Il insiste sur sa volonté de développer son réseau au niveau européen, ce qui serait légitime au regard de l'ambition affichée par le département et du constat que CIVA est à ce jour la plateforme de référence dans le domaine du CND par ultrasons et courants de Foucault.

Les axes scientifiques et technologiques sont clairement précisés et correspondent à un réel besoin du marché :

- développer l'offre de simulation en réponse à des besoins de modélisation toujours plus précis et fiables et en étendant la simulation à des techniques d'inspection non encore traitées dans CIVA ;
- travailler à intégrer les méthodes de caractérisation des matériaux pour pouvoir non plus seulement faire de la détection de défauts, mais aussi du diagnostic des signes précurseurs de l'endommagement ;
- intégrer des techniques statistiques permettant d'optimiser les inspections par la mise en place d'une approche RBI (Risk Based Inspection) ;
- les travaux d'accélération logicielle doivent permettre de développer l'inversion et l'automatisation des diagnostics, les approches méta-modèles construites à partir de bases de données simulées, utilisées déjà dans le cadre des études, devraient être étendues à ce domaine ;
- investir dans le numérique et les codes hybrides ;
- améliorer les solutions d'imagerie et de reconstruction temps réel qui sont implémentées dans les systèmes d'acquisition.



D'autre part, le DISC souhaite pouvoir se développer fortement dans le domaine de la santé, en y développant un équivalent de CIVA.

Cette stratégie est très ambitieuse car les domaines scientifiques et industriels touchés sont de plus en plus larges. Ainsi, la faisabilité du projet dépend de l'intensité du réseau académique et industriel du département qui doit aller bien au-delà de ce qui a été fait à ce jour et également de liens avec les industriels plus étroits aussi bien dans la partie étude que dans la partie déploiement.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

Le département DISC, positionné sur le domaine du CND, a intégré toutes les compétences requises dans les domaines de la modélisation et de la simulation d'une part et d'autre part dans l'instrumentation et l'imagerie, pour lui avoir permis d'être une référence nationale reconnue. L'industrialisation du fruit de ses développements à travers la plateforme CIVA démontre une bonne adéquation entre marché et recherche scientifique.

Cette reconnaissance a permis au département de développer son réseau académique et industriel d'une façon importante.

### Points faibles et risques liés au contexte :

Dans le cadre cette évaluation, le comité n'a pas noté de points suffisamment faibles pour être mentionnés.

### Recommandations :

Etant donné les ambitions à 5 ans affichées par le département, les recommandations suivantes sont formulées :

- accélérer l'ouverture du département aux autres acteurs des réseaux de R&D européens, pour cela il faudra tirer profit du call H2020 pour prendre place dans les projets de recherche en lien avec les activités stratégiques du DISC ;
- développer le réseau industriel au-delà de l'existant, la question doit être posée en particulier pour la commercialisation de la plateforme CIVA au niveau mondial ;
- utiliser les compétences développées dans d'autres départements du LIST et du CEA en général, en particulier sur les aspects accélération logicielle, caractérisation des matériaux et réseaux de capteurs ;
- préciser les objectifs du développement dans le domaine de la santé et identifier les moyens nécessaires.



## Département 6 :

LNHB : Laboratoire National Henri Becquerel, Métrologie des rayonnements ionisants

Nom du responsable : M. Loïc DE CARLAN

## Effectifs

Effectifs du département	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Nombre d'ingénieurs-chercheurs	39	40
<b>N4</b> : Nombre de techniciens	13	13
<b>N6</b> : Nombre de doctorants et post-doctorants	5	
<b>N7</b> : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	7	
Nombre de thèses soutenues depuis 2008	5	

Le Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB) est intégré au département DM2I (Métrologie, Instrumentation et Information) depuis sa fusion avec le DCSI (département Capteurs, Signal et Information) au 1er avril 2013. Les activités effectuées au sein du DCSI ne sont pas prises en compte dans cette évaluation.

A noter que la thématique « Dosimétrie » est partagée entre deux laboratoires : le LMD du LNHB (axé sur la mesure) et le LM2S du DCSI (axé sur la modélisation). L'interaction entre eux s'est concrétisée par le projet DOSEO (2011), fonctionnel sur un site propre à partir d'avril 2014.

Pour cette raison, l'évaluation du laboratoire de Modélisation, Simulation et Systèmes (LM2S) pour la radiothérapie et l'instrumentation dans le domaine des rayonnements ionisants concernant la période 2008-2012 a été traitée dans la partie DM2I/DCSI, tandis que la prospective du LM2S sera évoquée dans la partie LNHB.

Le Laboratoire LNHB est un des principaux laboratoires de métrologie fédérés par le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) depuis 2005, spécialisé dans le domaine des rayonnements ionisants, avec une expérience de plus de 40 ans. A ce titre, son rôle - singulier au sein du CEA-LIST - consiste essentiellement à mettre en œuvre dans ce domaine les unités du Système International (SI) et à permettre l'accès des utilisateurs aux références métrologiques dont ils ont besoin, dans le cadre d'une traçabilité rigoureusement établie. Le périmètre du LNHB inclut donc les mesures de radioactivité (le becquerel et ses dérivés), de débit d'émission de sources neutroniques (n.s-1) et la dosimétrie des photons et particules chargées (le gray et le sievert).

Les activités du LNHB comprennent la R&D pour développer de nouveaux étalons et dispositifs de détection des rayonnements, le maintien au meilleur niveau des références existantes et leur comparaison au plan international, la contribution à la qualité et à la cohérence des mesures au niveau national, la formation et le transfert aux utilisateurs. De ce fait, elles sont structurées autour de deux entités principales :

- le laboratoire de Métrologie de l'activité (LMA) est en charge de la métrologie de la radioactivité ;
- le laboratoire de Métrologie de la dose (LMD) est en charge de la métrologie de la dose.

Ces deux entités sont chargées de la métrologie primaire et du transfert des références de leur domaine d'étude respectif (mesure d'activité, dosimétrie) vers les laboratoires d'étalonnage accrédités et les utilisateurs des domaines d'application tels que : la médecine nucléaire, l'industrie nucléaire ou encore la surveillance de l'environnement (LMA), la radiothérapie, le radiodiagnostic, la radioprotection et l'irradiation industrielle (LMD).



En liaison avec ces deux entités, la cellule de données fondamentales (CDF), constituée de 4 permanents, est chargée de l'évaluation et de la publication des données nucléaires et atomiques associées à la désintégration des radionucléides (périodes, énergies et intensités d'émission des différents rayonnements émis, schémas de désintégration...).

Une évaluation régulière du LNHB est effectuée dans le cadre du Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE), avec son réseau de collaboration (CNAM), et en particulier dans le domaine des neutrons (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire).

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Pour davantage de lisibilité, nous séparerons les activités scientifiques du LMA de celles du LMD.

Le LMA (*Laboratoire de Métrologie de l'Activité*) doit répondre aux besoins de références primaires d'activité, leur réalisation impliquant des études théoriques, des méthodes et des équipements complexes de radiochimie, de spectrométrie et d'activimétrie. Il a acquis une notoriété internationale par la qualité de ses résultats dans les inter comparaisons et les collaborations, en particulier avec le BIPM.

Parmi les contraintes du LMA, on peut noter la demande croissante de prise en compte de nouvelles sources, en particulier pour la santé, l'environnement et l'industrie (exemple : utilisation d'émetteurs alpha en radiothérapie interne vectorisée par anticorps, comme le <sup>223</sup>Ra, Alpharadin® ou Xofigo® ou le <sup>212</sup>Pb) ; l'exigence de sécurité pour la pureté des sources et des incertitudes ; le besoin de développement de nouveaux équipements de mesure et de logiciels de traitement des informations, qui justifierait à elle seule l'intérêt de la collaboration étroite avec le LM2S, et son implication au sein de DOSEO.

On peut noter positivement les travaux suivants : l'amélioration significative des mesures d'activité en scintillation liquide, avec le comptage par coïncidences à trois photomultiplicateurs pour les spectrométries des photons et des  $\beta$  avec un logiciel développé dans GEANT4 (on peut rappeler ici l'expérience confirmée du Laboratoire, avec la référence absolue, la gestion numérique des temps morts) ; l'amélioration de la métrologie des photons X de basse énergie, en particulier les paramètres de correction des détecteurs, l'établissement de données fondamentales, grâce à l'utilisation des générateurs de photons mono-énergétiques SOLEX du LNHB et SOLEIL du CEA, en collaboration avec le PTB allemand ; l'amélioration de la spectrométrie  $\beta$ , avec les détecteurs cryogéniques développés au LNHB (résolution et sensibilité aux basses énergies), très utile pour la dosimétrie ; l'étude de radiopharmaceutiques émergents (exemple <sup>64</sup>Cu, <sup>11</sup>C...) ; enfin, la collaboration avec l'IRSN pour les neutrons, avec le bain de manganèse - référence primaire - rénové récemment.

Ces travaux de recherche, dont l'utilité est évidente, doivent être encouragés, malgré l'importance des autres tâches du Laboratoire, en particulier le maintien des références et des équipements, les inter comparaisons et collaborations dans le cadre du rôle de Laboratoire primaire, et le transfert des étalonnages. Ils correspondent à une compétence acquise depuis de nombreuses années.

Le LMD (*Laboratoire de Métrologie de la Dose*) doit répondre aux besoins de références primaires de dosimétrie, leur réalisation impliquant là aussi des études théoriques (approches physico-chimiques et instrumentales, simulations Monte-Carlo...), des méthodes et des équipements complexes de sources d'irradiation adaptés aux mondes médical et industriel et d'appareils de mesure (nouveaux détecteurs) spécifiquement conçus pour les hautes et basses énergies (<10keV).

Parmi les contraintes du LMD, notons la demande croissante de besoin d'étalonnage de nouvelles sources d'irradiation, en particulier pour la santé (protonthérapie, hadronthérapie...) ; l'exigence de précision pour les instruments étalons (laboratoire primaire) ; le besoin de développement de nouveaux équipements de mesure, de miniaturisation des dosimètres et de logiciels de traitement des informations, notamment pour les techniques émergentes de radiothérapie (besoin de dosimétrie 3D).

On peut également noter positivement le développement de calorimètres eau d'une très bonne précision ayant permis l'obtention de nouvelles références dosimétriques de faisceaux X de moyenne (thèse 2012) et haute énergies ; l'établissement (en moins de trois ans, cf. rapport scientifique de janvier 2011) de références dosimétriques pour les « petits champs » avec le calorimètre graphite (thèse 2011), indispensables au contrôle de la dose administrée aux patients avec les nouvelles techniques de radiothérapie externe ; la vérification dynamique par dosimétrie RPE/Alanine et logicielle (TPS) des doses administrées par la radiothérapie à faisceaux étroits (tomothérapie, CyberKnife®), expertise diligentée par l'ASN ; la détermination de références dosimétriques pour la curiethérapie



(<sup>125</sup>I) avec développement d'une chambre d'ionisation toroïdale originale ; enfin, la réalisation récente de calorimètres eau permettant une réduction d'un facteur 3 des incertitudes dosimétriques (Prix de la Recherche LNE 2013).

Ces travaux de recherche, d'où découlent des techniques de pointe en dosimétrie pour élaborer les nouvelles références dans de nombreux domaines utilisant les rayonnements ionisants, doivent être poursuivis, au vu de l'acquisition par les centres de radiothérapie de nouveaux appareils (parfois testés en recherche préclinique, cf. I. Curie Orsay). L'implication d'une partie de l'équipe dans le projet DOSEO devrait permettre une interactivité entre unités encore plus grande. Cette expertise, acquise depuis des décennies dans le cadre du rôle de Laboratoire primaire, doit être transmise par l'accueil de doctorants et de post-docs, et maintenue au premier niveau par l'intérêt porté aux équipes de recherche françaises qui acquièrent de nouvelles installations d'irradiation. L'adaptation de l'effectif est fortement souhaitable afin de remplir l'ensemble des missions et de poursuivre les collaborations et inter comparaisons avec les autres grands laboratoires de métrologie européens (PTB, NPL) et mondiaux.

La Cellule de données fondamentales (CDF) a grandement participé à l'élaboration des volumes 4 à 7 de la monographie « Tables of radionuclides » publiés durant la période 2008-2012 par le BIPM. Le LNHB assure avec son équivalent américain, le LBNL de Berkeley, la coordination des équipes internationales du DDEP (Russie, USA, Roumanie, Espagne, Royaume-Uni et Chine) et la compilation des résultats. Plus de 90 nouveaux radionucléides ont été ainsi évalués (schéma de désintégration, données recommandées de la période radioactive, des énergies et intensités d'émission des rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , X et électroniques, avec les incertitudes associées). Pour cela, un membre du LNHB a reçu le Prix de la Recherche LNE 2011.

Par ailleurs et compte tenu de la multiplicité des activités, le comité note la faible production dans des revues nationales et internationales à comité de lecture, d'une trentaine d'articles par an depuis 5 ans (ACL et ACLN).

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le faible nombre de brevets déposés durant la période examinée (les appareils de détection réalisés sont souvent uniques et n'ont pas vocation à être industrialisés) est compensé par de nombreuses participations à des conférences, ainsi que par l'implication de membres du LNHB dans des groupes de travail ou comités et expertises sur le plan national (BNEN/AFNOR, COFRAC, OSEO, SFPM, SFRP...) comme international (AIEA, BIPM, EURAMET, ICRU, ISO...). Bien entendu, plusieurs ingénieurs-chercheurs sont régulièrement sollicités pour la relecture d'articles dans des revues scientifiques internationales. Les collaborations sont nombreuses, tant avec les partenaires universitaires (Université Pierre et Marie Curie, universités de Fribourg et Heidelberg (Allemagne), Kyoto (Japon), des unités du CNRS et du CEA ou encore Arronax) qu'avec les industriels ou le secteur hospitalier (EDF, AREVA, Bruker...). Toutefois, une densification des échanges paraît possible, notamment au travers de stages de chercheurs extérieurs, comme cela se fait dans d'autres départements du LIST.

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

Les partenariats avec les universités sont importants dans le cadre des formations dispensées. Des progrès ont été réalisés durant la période, à la fois pour des formations continues et des formations diplômantes. Environ 250 heures par an sont dispensées par le LNHB, en particulier dans l'enseignement supérieur (Universités, Grandes Ecoles, INSTN, DESC Radiopharmacie, CNAM...). Ces progrès ont été accompagnés par un nombre croissant de HDR (3 fin 2008 à 7 fin 2012) et de thèses encadrées et réalisées dans le Laboratoire, ou externes en cotutelle. Le département accueille en outre des stages de Master 1 et 2 d'Ecoles d'Ingénieurs, du Master 2 du DQPRM, diplôme requis pour tous les physiciens médicaux.

D'autres partenariats plus techniques existent, notamment avec le CNAM (laboratoires communs) ou l'IRSN (plateau technique pour la dosimétrie neutron à Cadarache). Les relations avec les industriels sont principalement de nature « prestation de service » en ce qui concerne l'étalonnage, mais devraient s'intensifier grandement avec la mise en place de la plateforme technologique DOSEO, notamment avec les fournisseurs principaux d'appareils de radiothérapie.

Comme cela a été évoqué plus haut, le LNHB bénéficie d'une notoriété internationale, à la fois par la qualité des résultats obtenus, et par son ouverture vers des collaborations nationales et internationales et par des publications en nombre croissant. On peut noter en particulier des collaborations à l'intérieur du CEA (le LETI), avec le BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) via le projet Decay Data Evaluation Project, avec le PTB (homologue allemand) pour la spectrométrie utilisant SOLEIL, avec le CIEMAT (Espagne) pour les logiciels Monte-Carlo, avec Heidelberg, la DSM du CEA et le CNRS pour les détecteurs cryogéniques, ainsi qu'avec des entreprises industrielles (EDF, AREVA,.....) pour diverses collaborations.



Le LNHB participe également à de nombreux groupes de travail et expertises. A titre d'exemple pour la spectrométrie  $\beta$ , citons sa participation au projet européen WP5 Nuclear Decay Data.

Le renforcement de la coopération métrologique internationale a conduit à l'amélioration et l'extension de la traçabilité et la crédibilité des résultats de mesure au niveau international. Un texte (MRA), signé par les instituts nationaux de métrologie de 85 pays dont la France, impose des exigences accrues pour les laboratoires, comme i) communiquer et faire reconnaître par leurs homologues l'ensemble de leurs possibilités de mesures et d'étalonnages (Calibration and Measurement Capabilities : CMC) ; ii) participer régulièrement aux comparaisons clés internationales associées ; iii) mettre en œuvre un système qualité conforme à la norme ISO/CEI 17025 (Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais).

Au niveau européen, un positionnement fort du LNHB en Europe est nécessaire. En effet, les instituts nationaux de métrologie européens ont mis en place un programme européen de recherche en métrologie (European Metrology Research Programme, EMRP) coordonné et géré par l'association des laboratoires européens de métrologie, EURAMET. Ce programme, s'étalant de 2009 à 2017 et bénéficiant d'un financement à hauteur de 50 % de la Commission Européenne, pourrait se prolonger dans les années 2014-2021 au travers d'un nouveau programme en préparation, l'European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). Le but étant de mettre en commun les moyens humains et matériels des instituts nationaux de métrologie sur des projets définis, cette évolution peut ouvrir la porte à des restructurations plus profondes de la métrologie européenne. En particulier certains pays pourraient faire le choix de se recentrer sur leurs domaines d'excellence et de confier les autres aux laboratoires plus performants d'autres pays.

On ne peut imaginer que la France, pays fortement nucléarisé et patrie de Pierre et Marie Curie, se départisse de toute ou partie de l'expertise de ses laboratoires de très haute technicité mondialement reconnus. Le CEA doit être en mesure de mobiliser tous les acteurs du secteur du nucléaire et de la radiobiologie-radiothérapie afin de défendre au mieux la place de leader et l'expertise reconnue du LNHB dans les années futures. L'implication forte dans le projet DOSEO, avec le renforcement des ressources humaines et une stratégie de partenariat gagnant-gagnant, entre autres, serait à même de créer une synergie entre centres de recherche institutionnels, entreprises du secteur nucléaire et radiologique, et monde médical (radiothérapie, médecine nucléaire...). Le risque de voir se substituer le leadership de la métrologie liée aux rayonnements ionisants vers des pays à l'expertise moindre - mais financièrement plus impliqués dans les grands projets européens - est bien présent.

### Appréciation sur l'organisation et la vie du département

Peu d'éléments d'information émanaient des documents fournis par le CEA-LIST.

L'interaction entre les équipes du LNHB, forte, doit se maintenir voire se renforcer au vu de la dispersion géographique liée à la plateforme DOSEO, afin de pérenniser l'activité de métrologie malgré le statut d'EPIC de l'ensemble de la structure CEA. Il conviendra sans doute de rechercher un mode de fonctionnement qui permette des échanges scientifiques permanents entre les personnels du LM2S et du LMD affectés à DOSEO. Par ailleurs, il faudra veiller à maintenir l'unité et la motivation des personnels non concernés par le projet DOSEO à forte connotation innovatrice.

Dans le même état d'esprit, les interactions entre le LNHB et les autres départements du CEA-LIST pourraient s'intensifier, par exemple au travers de la relecture des articles des autres équipes et/ou du partage de doctorants grâce à des thématiques transverses (utilisation de technologies du List à finalité métrologique par exemple).

De plus, cette expertise exige des compétences variées (chimie, physique, électronique...) qu'il convient d'entretenir. L'effectif stable, contrairement à celui du DCSI en forte augmentation sur la période considérée (> 50% en 5 ans) ou des autres départements du CEA-LIST, devra sans doute être revu à la hausse pour répondre au nombre croissant de missions dues principalement à l'impact sociétal des nombreuses applications de la radioactivité, à commencer par le domaine médical. L'accueil accru de doctorants, souhaitable, ne peut combler que très partiellement la pénurie de techniciens supérieurs, pourtant indispensables à l'accomplissement des tâches dévolues au laboratoire national de métrologie sur les rayonnements ionisants (maîtrise voire expertise longue à acquérir).

En revanche, la synergie entre le LM2S et le LMD (et plus globalement le LNHB) semble acquise, tant dans les travaux en cours que sur le plan relationnel, ce qui laisse augurer de la réussite du projet DOSEO, si les autres conditions sous-décrites sont réunies par ailleurs. Le renforcement de cette équipe semble indispensable au vu de sa transversalité évidente.



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

Le département accueille un nombre relativement constant de doctorants et de post-doctorants chaque année, durant la période concernée. Il accueille par ailleurs 5 stagiaires de Master 1 et 2 par an, en fin d'étude d'école d'ingénieurs). L'implication des chercheurs dans les cursus de master et les écoles d'ingénieurs semble de très bon niveau pour un laboratoire non académique (-20% des chercheurs pour 250 heures de cours/an).

Le département compte 7 chercheurs-ingénieurs habilités à diriger les recherches parmi 53, dont une professeur des universités récemment nommée, et développe un encadrement doctoral de premier plan en partenariat avec des centres universitaires nationaux (INSTN principalement, avec formations continues ou diplômantes comme le DQPRM, Paris Tech, Paris 11, Centrale, Supélec avec le Master Nuclear Energy, Universités parisiennes, toulousaine, niçoise etc. pour le DESC Radiopharmacie ou des masters, le CNAM). Le mode de financement des doctorats, non précisé, doit rester pérenne malgré l'activité particulière du LNHB, moins tournée vers la valorisation industrielle que d'autres départements. Il est à noter que les étudiants dépendants d'écoles doctorales provinciales n'ont souvent pas accès aux formations dispensées dans le cadre de la thèse. Le CEA ne pourrait-il pas trouver une solution entre les ED et la future université Paris-Saclay afin qu'ils puissent réaliser des stages ou formations en Ile-de-France ?

Six thésards sont présents au LNHB en juin 2013. Vingt-quatre thèses ont été initiées depuis 2008, en incluant les cotutelles. Le LNHB se doit de maintenir le nombre de doctorants, de par son activité très particulière propre à de la recherche amont mais également afin de susciter des vocations et de pérenniser ou renforcer l'effectif des laboratoires. En outre, DOSEO est un formidable atout pour diversifier l'origine des doctorants ou étudiants de Master, notamment du secteur médical.

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

L'évaluation des activités du Laboratoire doit prendre en compte la grande diversité des besoins auxquels le LNHB doit répondre, en particulier dans les domaines de la santé, l'environnement et l'industrie. Cela lui impose des travaux de recherche et de développement, l'établissement de données de référence répondant aux exigences des diverses applications, et une grande sécurité dans leur conservation, leur confrontation à celles d'autres Laboratoires, et leur mise à disposition des utilisateurs. Notamment, compte tenu de l'ampleur et de la complexité de certaines études, le LNHB doit participer à des groupes de travail internationaux, parfois en tant que leader ou coordinateur. Ce travail normatif au niveau mondial confère au LNHB un statut et une place particuliers au sein du CEA-LIST. Les critères retenus pour répondre aux objectifs des équipes du CEA ne doivent pas, à notre sens, être appliqués *stricto sensu* dans le cadre de l'évaluation de ce département comme dans le fonctionnement habituel des trois voire quatre équipes le constituant.

Les projets de ce département sont dépendants des techniques d'irradiation innovantes mises en œuvre dans l'industrie comme en médecine, ainsi que de l'évolution de l'industrie nucléaire (démantèlement de centrales, nouveaux réacteurs à fission, prototype de réacteur à fusion ITER). Ainsi, deux axes majeurs sont définis : celui de la santé, où la plateforme DOSEO et ses technologies de radiothérapie vont jouer un rôle central dans les interactions souhaitées au sein du Campus Paris Saclay ; celui de l'environnement, les accidents nucléaires majeurs de ces 25 dernières années imposant une surveillance accrue, avec une recherche métrologique orientée vers des radionucléides d'intérêt (produits de fission) et une adaptation des moyens de mesure et des étalons.

Ce projet est non seulement cohérent et crédible, mais se révèle indispensable dans un monde en perpétuelle évolution technologique. La mise en place des instruments de mesure et des laboratoires ainsi que l'implication de l'équipe du LMD dans les locaux de DOSEO doit être une priorité pour 2014, afin que le LNHB puisse poursuivre sans délai à la fois son travail de laboratoire primaire en dosimétrie des RI et ses activités R&D dans les axes majeurs définis. Ce d'autant qu'il s'agit d'ICPE aux aspects réglementaires spécifiques.

Enfin, l'intégration du LM2S dans les projets transverses du LMD au travers de DOSEO est un excellent moyen de créer une synergie ainsi que des collaborations multiples, le LM2S étant d'ores et déjà sollicité par d'autres départements du CEA-LIST. De plus, cette équipe, dédiée au développement d'outils de modélisation, peut amener une certaine dynamique en termes de valorisation industrielle, si toutefois les moyens humains augmentent en adéquation avec la charge de travail. Il conviendra de veiller à la bonne mise en route de cette nouvelle plateforme, et à un soutien « préventif », le ressourcement financier du LNHB - de par sa mission sociétale - restant par définition inférieur à celui des autres départements de CEA Tech.



## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

L'expertise du LNHB, reconnue internationalement, est pour l'instant maintenue malgré la diversité croissante des applications médicales et industrielles des rayonnements ionisants et la demande sociétale, notamment dans le domaine environnemental. De même, son ingénierie pour le développement d'appareils de dosimétrie spécifiques d'une problématique est de premier plan.

Les activités du LNHB se positionnent dans le cadre de l'étalonnage d'instruments de mesure, en raison notamment de l'importance essentielle de la précision de ceux-ci pour la survie des patients de radiothérapie, la radioprotection et l'environnement, comme les événements récents l'ont montré. Les développements en cours, qu'il s'agisse des technologies, de l'instrumentation ou des aspects méthodologiques en analyse des données et du traitement du signal, participent à la modernisation de la métrologie : miniaturisation, nouvelles technologies des champs étroits, nouveaux radionucléides d'intérêt médical... en adéquation avec la mission sociétale qui lui est dévolue.

La participation des chercheurs-ingénieurs dans les formations est excellente et doit être maintenue pour mener une politique de communication propre à attirer des doctorants de très bon niveau (physiciens avec compétences en électronique etc.) dans les laboratoires du département.

### Points faibles et risques liés au contexte :

Le nombre de chercheurs HDR, même s'il apparaît très satisfaisant (en hausse depuis 5 ans) pour un laboratoire aux missions « quasi régaliennes », doit encore progresser afin d'encadrer de nouveaux étudiants (éventuellement en cotutelle avec l'industrie ou le monde universitaire). L'échange de moyenne durée de chercheurs avec des laboratoires partenaires apparaît comme une solution intéressante, notamment pour la plateforme DOSEO.

Une veille scientifique active sur les nouveaux moyens d'irradiation thérapeutique (recherche préclinique) comme sur les nouveaux radionucléides vectorisés (émetteurs alpha en essais cliniques de phase III), ainsi qu'un relai plus soutenu avec le LNE coordinateur des axes de recherche à mener par le LNHB, est souhaitable eu égard aux enjeux sanitaires considérables. Le LNHB, qui entretient des contacts directs avec les utilisateurs, doit être encouragé à poursuivre cette politique d'ouverture.

### Recommandations :

Le renouvellement d'un personnel hyper qualifié et expérimenté doit sans doute passer par davantage de sujets de thèse proposés et la contractualisation systématique des post-doctorants les plus motivés pour la métrologie. Par ailleurs, la mission sociétale du LNHB, et notamment les prestations d'étalonnage, impose à ce dernier de pérenniser l'effectif des techniciens, voire de réfléchir à un statut plus « gratifiant » pour ce personnel hautement qualifié.

Le LNHB doit poursuivre sa politique d'ouverture vers le monde médical et radiobiologiste, avec la mise en place de partenariats avec les Centres de lutte contre le cancer (médecins, physiciens des CRLCC) et les instituts de recherche en radiobiologie.

Ce projet DOSEO, aux enjeux mixtes (sociétal, industriel et de R&D propre au CEA), doit recevoir tout le soutien de CEA-Tech pour devenir non seulement une vitrine de l'excellence du DM2I-LNHB (dosimétrie, logiciel, imagerie associée à la radiothérapie...) mais encore un lieu de rencontres entre médecins, chercheurs du monde académique, ingénieurs et partenaires industriels, et ce dans un souci permanent d'expertise dans le domaine des rayonnements ionisants. A ce titre, le rôle du LM2S est essentiel pour faire entrer pleinement la métrologie dans l'ère du numérique, et son intégration au sein du LNHB permettra la validation des méthodes de simulation développées, source potentielle de valorisation ultérieure.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 22 Octobre 2013 à 8h30

Fin : 24 Octobre 2013 à 16h00

### Lieu de la visite

Institution : CEA-LIST

Adresse : Nano-Innov Saclay 8 avenue de la Vauve - D128 - Bâtiment 861 - 91120 Palaiseau

### Deuxième site éventuel

Institution : CEA-LIST

Adresse : DIGITEO Centre CEA de Saclay (Essonne), 91191 Gif-sur-Yvette cedex

### Programme de visite

22 Octobre 2013

8:30-9:00	réunion comité AERES (Nano-innov)
9:00-9:15	introduction
9:15-12:15	présentation CEA LIST
12:15-13:15	déjeuner
13:15-13:55	DACLE
13:55-14:35	DILS
14:35-15:15	DISC
15:15-15:30	Pause
15:30-16:10	DIASI
16:10-16:50	DM2I/CSI
16:50-17:20	DM2I/LNHB
17:30-18:30	réunion comité AERES



23 Octobre 2013

Groupe 1 : Nano-innov		
09:00-09:35	Architectures de calcul pour systèmes embarqués	Duranton
09:35-10:10	Sûreté de fonctionnement, sécurité et fiabilité des systèmes embarqués	Syrdey
10:10-10:45	Capteurs et intégration des technologies dans les systèmes embarqués	Gamrat
10:45-11:00	pause	
11:00-11:40	visite DACLE	
11:40-12:15	Conception	Gerard
12:15-12:50	Validation	Kirchner
12:50-14:20	déjeuner	
14:20-15:00	visite DILS	
15:00-15:35	Des données aux Connaissances	Sayd
15:35-16:10	Interaction	Anastassova
16:10-16:45	Robotique	Perrot
16:45-17:00	pause	
17:00-18:00	visite DIASI (incluant 1 transfert Digiteo Moulon)	
18:00-19:00	Transfert NanoInnov- Réunion comité	

Groupe 2 : Digiteo Saclay		
9:00-9:35	Matériaux diamant et Capteurs	Bergonzo
9:35-10:10	Instrumentation	Normand
10:10-10:45	Analyse des données et intelligence des systèmes	Larue
10:45-11:00	pause	
11:00-11:35	Métrologie de la radioactivité	Branger
11:35-12:10	Dosimétrie	Blideanu
12:10-13:30	déjeuner	
13:30-13:50	Transfert CEA Saclay	
13:50-14:30	Visite DM2I/CSI (Laboratoire Diamant)	
14:30-14:40	transfert	
14:40-15:20	Visite DM2I/LNHB	
15:20-15:40	Transfert Digiteo Saclay	
15:40-16:00	Pause	
16:00-16:35	Modélisation et Simulation	Calmon
16:35-17:10	Instrumentation et Imagerie	Jenson
17:10-18:00	Visite DISC	
18:00-19:00	Transfert NanoInnov- Réunion comité	

24 Octobre 2013

8:30-9:00	réunion comité AERES (Nano-innov)
9:00-9:30	discussion ingénieurs-Chercheurs
9:30-10:00	discussion Doctorants
10:00-10:30	discussion techniciens & admin
10:30-10:45	Pause
10:45-11:15	discussion tutelle
11:15-12:00	discussion dir LIST
12:00-16:00	déjeuner (plateaux repas)+ synthèse comité AERES
16:00-0:00	Transfert Gare Massy & Hôtel



## 6 • Observations générales des tutelles



Monsieur Pierre Glaudes  
Directeur de la section des unités de recherche  
**AERES**  
20, rue Vivienne  
75002 PARIS

Réf. : DRT/LIST/DIR/13/220

Saclay, le 20 décembre 2013

Objet : **Lettre de réponse de la Directrice du CEA-List**

Monsieur le Directeur,

L'ensemble du personnel du CEA List, un des instituts de la Direction de la Recherche Technologique du CEA, s'associe à moi pour remercier le président du comité d'évaluation AERES, Bernard Dubuisson, ainsi que les membres du comité pour le temps et les capacités d'expertise qu'ils ont mobilisés pour la visite et le rapport d'évaluation. Ce rapport nous apporte une analyse complète, fine et pertinente, tant des équipes prises individuellement que de l'ensemble de l'institut. Les recommandations faites dans le rapport nous seront utiles dans notre démarche d'amélioration continue et devront nous permettre, j'en suis convaincue, d'améliorer encore la qualité de notre recherche.

Ce rapport met en évidence les qualités et les spécificités du CEA-List :

- Une recherche de rang mondial, notamment dans le domaine des systèmes numériques, le comité considérant que « *Le LIST est au meilleur niveau international et se compare positivement avec ses concurrents au niveau européen* » et mentionnant que « *le LIST est un laboratoire unique, équivalent au Fraunhofer* » dans son domaine.
- « *Un partenaire structurant recherché par le monde académique* » qui reconnaît la « *qualité de son expertise technologique* » ce qui lui permet de jouer un rôle moteur dans la création de l'université Paris-Saclay. Ce positionnement au meilleur niveau européen lui permet d'attirer les meilleurs chercheurs, doctorants et post-doctorants.
- « *Une stratégie de plateformes qui sont autant d'éléments de visibilité et d'outils de capitalisation et de compétence exceptionnels* » permettant de mettre à la disposition des chercheurs un environnement exceptionnel, permettant la maturation et le transfert de nouvelles technologies vers l'industrie.
- Une mobilisation constante des équipes sur les grandes missions du CEA List, à travers leur participation aux projets qu'ils soient menés pour et avec nos partenaires



Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
Institut Carnot CEA LIST  
Centre de Saclay- bâtiment 861- PC 142 - 91191 Gif-sur-Yvette Cedex  
T. +33 (0)1 69 08 91 45 | F. +33 (0)1 69 08 18 19  
[www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr)



industriels qu'ils soient positionnés sur des ruptures technologiques et de nouveaux concepts.

Le comité a souligné « *l'indéniable* » « *excellence scientifique du LIST* » et son impact sur ses capacités de transfert vers l'industrie mettant en avant « *l'équilibre entre la valorisation des recherches... et la dissémination au sens plus académique du terme* ». C'est cet équilibre qui « *contribue à faire du LIST un laboratoire de référence en France et en Europe sur de nombreux domaines* ».

Le comité a noté combien le CEA List est par essence un institut Carnot et ce que le label a apporté au CEA List que ce soit en structuration ou pour son ressourcement. Mais il a aussi souligné combien le CEA List a pris la mesure de la force de ce label « *en étant très actif et tête de pont dans le réseau* ».

Enfin le comité a jugé très positivement le projet du CEA List le jugeant à la fois « *très cohérent et ambitieux dans ses objectifs* » et soulignant sa pertinence et sa faisabilité « *lorsqu'on considère le degré d'excellence déjà atteint, l'environnement scientifique et technologique dans lequel il s'inscrit et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs fixés* ».

Le CEA List apprécie les recommandations du comité et sera attentif à prendre en compte ces dernières dans sa démarche continue d'amélioration. En particulier, il souhaite effectivement progresser dans la mise en place « *d'une réelle stratégie de relations avec le monde académique* » ainsi que d'actions pour renforcer sa visibilité internationale. Le CEA List est conscient de l'importance de développer une démarche systémique et pluridisciplinaire pour remplir les missions qui lui sont confiées en particulier auprès des PME.

Je me réjouis que l'évaluation du CEA-List par le comité AERES permette de montrer un CEA-List ouvert, dynamique, engagé dans la compétition aux côtés des Instituts Carnot et de ses partenaires académiques pour soutenir ses partenaires industriels, avec l'ambition de rayonner au plus haut niveau et d'être porteur d'avenir par l'innovation.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma sincère considération.



Karine GOSSE  
Directrice de l'Institut CEA LIST