



LadHyX - Laboratoire d'hydrodynamique

Rapport Hcéres

► To cite this version:

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LadHyX - Laboratoire d'hydrodynamique. 2014, École polytechnique - X, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02032840

HAL Id: hceres-02032840

<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032840>

Submitted on 20 Feb 2019

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

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



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Hydrodynamique de l'École
Polytechnique

LadHyX

sous tutelle des établissements et
organismes :

École Polytechnique

Centre National de la Recherche Scientifique – CNRS



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 2006¹,*

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

Au nom du comité d'experts,

- M. Bernard CASTAING, président du
comité

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

Rapport d'évaluation

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

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

Nom de l'unité : Laboratoire d'Hydrodynamique de l'École Polytechnique

Acronyme de l'unité : LadHyX

Label demandé : UMR

N° actuel : 7646

Nom du directeur
(2013-2014) : M. Christophe CLANET

Nom du porteur de projet
(2015-2019) : M. Christophe CLANET

Membres du comité d'experts

Président : M. Bernard CASTAING, ENS Lyon

Experts :
M. Alessandro BOTTARO, Université de Gênes, Italie
M^{me} Meriem FOURNIER, AgroParistech, Nancy
M. John HINCH, Université de Cambridge, UK
M. Patrice LE GAL, CNRS, Marseille (représentant du CNU)
M. Jacques MAGNAUDET, CNRS, Toulouse (représentant du CoNRS)
M. Joël SOMMERIA, CNRS, Grenoble

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Pierre BRANCHER

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

M. Pierre LEGRAIN (représentant de l'École Doctorale)

M. Patrick LE QUERE, École Polytechnique

M^{me} Marie-Yvonne PERRIN, CNRS

1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

Le laboratoire, créé en 1990, est situé sur le plateau de Palaiseau, à l'École Polytechnique qui souhaitait voir se développer une recherche de qualité en mécanique des fluides.

Au début, l'effectif était réduit et le thème principal de recherche portait sur les instabilités hydrodynamiques et les transitions. Au cours des deux dernières décennies, le nombre de permanents n'a cessé de progresser et des nouveaux thèmes sont apparus : désordre spatio-temporel, écoulements géophysiques, interactions fluide-structure, contrôle des écoulements, biomécanique végétale, microfluidique et matière molle.

Équipe de direction

Directeur : M. Christophe CLANET.

Directeur adjoint : M. Sébastien MICHELIN.

Nomenclature AERES

SPI (Sciences pour l'Ingénieur)

Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	7	8
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	7	7
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	9	9
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	12	2
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	35	26

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	24	
Thèses soutenues	34	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	10	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	11	11

2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité

Par la qualité de sa production scientifique, sa visibilité internationale, son attractivité, que ce soit pour les étudiants, les chercheurs juniors ou seniors, le LadHyX est un des meilleurs laboratoires français de mécanique. Centré à l'origine sur une thématique, les instabilités hydrodynamiques, dont les fondateurs étaient des leaders mondiaux, il a su se diversifier et s'étendre en gardant et sa visibilité internationale, et son esprit. Un retour sur le rapport d'évaluation précédent est particulièrement instructif.

Il était recommandé d'exploiter pleinement le potentiel d'encadrement du laboratoire : il s'est soutenu plus de thèses durant cette dernière période que depuis la création du laboratoire auparavant.

Il était recommandé d'appuyer sans réserve la croissance du thème Interactions Fluide-Structure-Biomécanique. Ce thème est maintenant fort de près de la moitié du laboratoire et a remporté des succès qui seront détaillés dans la suite de ce rapport.

Le choix du laboratoire en direction de la microfluidique a magnifiquement porté ses fruits.

Cette réactivité et cette capacité à transformer en or toutes les idées sont tout simplement remarquables et sont à mettre au crédit de l'ensemble du personnel.

Points forts et possibilités liées au contexte

Par rapport à la taille du laboratoire, la densité de projets très créatifs, au plus haut niveau international, est exceptionnelle. Cette diversité met le laboratoire à l'abri d'aléas, comme le départ d'un chercheur de renom.

L'augmentation spectaculaire du nombre de thèses encadrées, et en particulier l'attraction de polytechniciens dans des thèses est très importante pour le couplage recherche-industrie. Cela se ressent bien dans les projets des docteurs qui partent majoritairement dans le secteur privé. La création d'une start-up, suivie d'une deuxième en projet, va aussi dans ce sens.

Parallèlement, l'implication du laboratoire dans la physique du sport ou des projets artistiques ne peut qu'améliorer la visibilité de la recherche scientifique pour le public. L'implication du LadHyX dans de nombreuses opérations tournées vers le grand public (portes ouvertes, fête de la science, ...) est particulièrement remarquée et grandement appréciée.

La collaboration avec un autre laboratoire européen pour faire vivre une École d'été est une initiative très importante. Les écoles d'été sont la clé de voûte des formations de haut niveau, rassemblant les meilleurs enseignants et les meilleurs étudiants. Le format choisi par le thème Géophysique, avec cours et travaux pratiques, donnant la parole aux étudiants, est très efficace.

Enfin, la vie très collégiale du laboratoire a été et restera un atout si le laboratoire sait maîtriser sa croissance et ne pas dépasser son effectif actuel. Il peut, par ailleurs, compter sur l'appui des tutelles qui ont su maintenir un excellent taux d'encadrement technique et administratif, essentiel pour ce type de recherche.

Points faibles et risques liés au contexte

Pour rebondir sur la phrase précédente, cette vie collégiale a montré ses limites avec la taille actuelle du laboratoire, quand par exemple des ITA se sont sentis un peu seuls pour leur suivi de carrière. De plus, deux thèmes demanderont une attention particulière : le thème Interfaces, à cause de la variété de styles qu'il recouvre, et le thème Instabilités, à cause de sa forte réduction d'effectifs (2 départs à la retraite et un départ vers l'Imperial College).



Recommandations

Sans remettre en cause l'organisation originale du laboratoire, le comité d'experts recommande de mieux structurer les relations entre direction et personnel.

Les tutelles et le laboratoire devront par ailleurs être particulièrement attentifs à ce que le prochain regroupement géographique avec le Laboratoire de Mécanique des Solides (prometteur en soi) se fasse sans réduction de la place disponible et des moyens.

3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le LADHYX est l'un des meilleurs laboratoires de mécanique des fluides avec une production scientifique très fournie et de grande qualité comme en témoignent le nombre de citations, la renommée des journaux, et les conférences invitées dans les congrès de grande audience. Au risque de se répéter, il faut encore souligner la capacité remarquable de ce laboratoire à se diversifier, à prendre des risques et à bousculer les idées reçues, tout en sachant en même temps garder une bonne cohésion. C'est certainement bousculer les idées reçues que de chercher à récupérer de l'énergie des vibrations des structures, vibrations que les ingénieurs évitent soigneusement, avec de très bonnes raisons. Elles fatiguent les structures et relâchent les attaches. Mais le laboratoire est dans son rôle de recherche fondamentale en prenant le contre-pied même des évidences. De même, il est dans son rôle en recherchant les causes d'échec des stents, ces petits ressorts qui maintiennent les artères défailantes ouvertes, et en montrant que les médicaments censés améliorer la vie des malades sont responsables d'une partie de ces échecs. Ce ne sont que deux exemples. D'autres sont détaillés thème par thème.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Tous les exemples cités placent le laboratoire au plus haut niveau international.

Le laboratoire est leader dans le domaine de la dynamique des fluides et dans les domaines plus récents qui se développent avec succès. Il a mis en place des partenariats avec les grands centres tels que le DAMTP (Cambridge-UK) et CalTec (USA). Un nombre significatif de membres de l'entité se trouvent dans les comités éditoriaux des journaux de référence et dans les comités de direction d'instances ou de sociétés scientifiques nationales et internationales. Un exemple à propos du rayonnement est l'attribution du grand prix Ampère de l'Académie des Sciences à un membre de l'unité.

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

Le laboratoire malgré une recherche très en amont, développe des partenariats avec le milieu industriel. Il est à noter la création d'une start-up pour laquelle le laboratoire sert d'incubateur et d'une deuxième qui est en gestation. Une activité remarquable concerne la diffusion vers un large public par des participations actives dans les musées, à l'animation au Palais de la Découverte où est installée une machine à vortex, à différentes manifestations telles que la fête de la science, la nuit de la recherche et des expositions sur le thème « art et sciences ». Le comité d'experts encourage le laboratoire à persévérer dans sa démarche d'ouverture vers la société (start-up, physique du sport et projets artistiques). Également ce style de recherche est exportable et l'émergence, par essaimage, d'une « école LadHyX » est à encourager.

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

Le mode de vie du laboratoire, où une assemblée générale tient lieu de conseil de laboratoire, a suscité des débats. Les limites de ce mode de gouvernance ont été perçues par le comité d'experts lors des entretiens avec les ITA, dont la diversité de métiers et de statuts demande une attention particulièrement soutenue. Il paraît clair que ce mode de fonctionnement deviendrait intenable si le laboratoire devait continuer à croître. En revanche, il a jusqu'ici été garant de sa cohésion, cohésion qui est un défi pour le futur, avec le poids qu'ont pris les études sur le vivant. Les discussions avec les responsables présents et futurs ont montré que le projet est bien de maîtriser l'extension du laboratoire pour garder le même mode de fonctionnement.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Du côté formation, il faut souligner la croissance du nombre d'étudiants en thèse, leur diversité de parcours et de projets d'avenir (entreprise ou monde universitaire) et la présence en thèse d'élèves de l'École Polytechnique (il n'y en avait aucun à l'évaluation de 2008). Il faut saluer cette bonne intégration du laboratoire dans l'École et l'École Doctorale et son rôle de formation par la recherche. Il est souhaitable d'améliorer les possibilités de monitorat et de vacations d'enseignement pour les étudiants en thèse en leur permettant d'intervenir dans des établissements extérieurs à l'École Polytechnique.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet du LADHYX a été mis en place il y a quelques années et va se poursuivre dans la continuité. Il est principalement axé vers l'élargissement disciplinaire et se déroule avec succès. Les recherches fondamentales donnent lieu à des prolongements dans des domaines plus appliqués tels que l'énergie, la microfluidique ou la biomécanique. Dans les années qui viennent, il faudra bien gérer les problèmes liés aux départs, notamment dans la thématique fondatrice du laboratoire et aménager la gouvernance et le fonctionnement de l'unité suivant l'accroissement des effectifs, en trouvant un compromis entre une structuration suffisamment solide et un espace de liberté pour la recherche, qui a déjà fait ses preuves de manière éclatante.

4 • Analyse thème par thème

Thème 1 : Instabilités, Transition et Contrôle

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	0,5	0,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	4,5	4,5
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	8	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	14	
TOTAL	27	5

• Appréciations détaillées

Le thème « instabilité et transition » est un des thèmes principaux sur lesquels le laboratoire a été fondé, auquel s'est rajoutée ces dix dernières années la thématique « contrôle ». Le rapprochement entre les activités autour des instabilités et celles sur le contrôle des écoulements est tout à fait naturel, tant par les outils mathématiques employés que par la liaison physique fournie par le concept de sensibilité (au moins pour les cas d'écoulements caractérisés par une instabilité convective).

Depuis sa création, le LadHyX a toujours chevauché la vague des instabilités, souvent créant la vague même : des concepts liés au monde quelque peu virtuel des systèmes dynamiques ont été très efficacement transposés à des écoulements réels dominés par des effets non-linéaires ; les instabilités convectives et absolues ont été étendues au cas non-parallèle ; la théorie du contrôle optimal a été efficacement employée pour étudier la sensibilité et définir des stratégies de contrôle d'écoulements fortement non-parallèles, notamment de sillages d'obstacles non-profilés ; une nouvelle décomposition modale des écoulements a été définie pour extraire efficacement des informations dynamiques de mesures expérimentales uniformément réparties en temps (l'article associé à ce travail a été cité plus de 150 fois en deux ans et demi). Toutes ces recherches, et beaucoup d'autres, témoignent d'une vitalité et d'une capacité de renouveau qui font du LadHyX un exemple à suivre. La production (en nombre d'articles publiés dans les meilleures revues) et la qualité scientifique des travaux sortant du laboratoire sur ce thème est impressionnante, et l'impact de ces travaux très élevé. Pour attester de l'excellence du LadHyX sur le thème en objet, notons aussi les interactions très fréquentes de différents membres du laboratoire avec les meilleurs centres de recherche du monde, les multiples visiteurs étrangers qui séjournent pour des longues durées au LadHyX, les nombreux doctorants et post-docs français et étrangers qui se pressent aux portes du laboratoire.

Cependant, on pourrait être inquiet quant au futur de la thématique « Instabilités, Transition et Contrôle ». Deux personnes de très grand calibre, fondateurs du LadHyX, et dont l'impact scientifique (et aussi politique pour toute la discipline en France) est inestimable, prendront leur retraite sous peu. Un troisième chercheur faisant partie du noyau initial est désormais tourné en priorité vers d'autres activités scientifiques tout aussi importantes (et probablement d'impact social et culturel encore supérieur) ; un quatrième, grand espoir pour le futur de la thématique, sera l'année prochaine dans une Université étrangère ... les « jeunes » qui restent ont déjà démontré leurs valeurs individuelles, mais il est néanmoins légitime de s'interroger quant à la pérennité du thème.

Il serait cependant inutile de chercher absolument à combler les départs qui auront lieu sous très peu. Sans nul doute, le LadHyX saura trouver les solutions pour conforter les activités en aéroacoustique et sur les flammes prémélangées qui devraient prendre de l'ampleur pour former le nouveau noyau du thème. Ces deux activités sont aussi potentiellement riches d'interactions avec l'industrie européenne, et le comité d'experts encourage fortement les chercheurs porteurs de ces initiatives à établir des contacts avec les industriels, pour connaître les problèmes sur lesquels leur savoir-faire pourrait faire la différence, et transmettre idées et connaissances innovantes. Enfin, une plus forte implication au niveau des projets européens serait souhaitable.

Thème 2 : Écoulements Géophysiques

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	0,5	0,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	2,5	2,5
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	7	
TOTAL	11	3

• Appréciations détaillées

Issue des travaux initiaux du LadHyX sur les instabilités de tourbillons en fluides stratifiés en densité, cette activité s'est progressivement diversifiée et rapprochée des problématiques de la climatologie et de l'environnement.

Un premier développement a conduit à clarifier la dynamique de la turbulence stratifiée en densité, par une approche très cohérente et performante, alliant théorie, simulation numérique et expériences de laboratoire. Le résultat majeur est la mise en évidence d'une cascade d'énergie vers les petites échelles de nature fondamentalement anisotrope. En collaboration avec une équipe suédoise de dynamique atmosphérique (KTH à Stockholm), ces travaux ont permis d'apporter des réponses convaincantes à des questions longtemps controversées sur la dynamique de la turbulence atmosphérique à moyenne échelle, avec des implications sur la prise en compte des transferts turbulents dans la modélisation du climat.

Grâce à un nouveau recrutement CNRS, le LadHyX aborde maintenant de façon plus frontale cette problématique du climat, en choisissant deux aspects très pertinents : le mélange dans l'océan par les ondes internes de gravité et la convection tropicale. Ce dernier domaine est encore mal connu à cause de son caractère multi-échelle fortement non-linéaire et de la complexité physique de la formation de nuages. L'approche générique de type système dynamique pratiquée au LadHyX doit pouvoir apporter un éclairage novateur dans ce domaine clé pour l'évolution climatique et les risques naturels.

Les collaborations nouées avec le LMD et l'ENSTA et la mise en place de l'École de Dynamique des Fluides de l'Environnement en collaboration avec Cambridge contribuent à asseoir le rayonnement de cette thématique malgré son effectif limité (3 chercheurs).

Thème 3 : Interaction Fluide-Structure et biomécanique

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	4,5	4,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	1	1
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	2	2
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	8	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	15	
TOTAL	30,5	7,5

• Appréciations détaillées

Fondée en 1997 par l'un des meilleurs experts français des interactions fluide-structures, cette thématique s'est enrichie plus récemment par une activité tournée vers la biomécanique et la bio-ingénierie grâce en particulier à l'arrivée d'un chercheur américain recruté en 2009 en tant que directeur de recherche au CNRS. Accompagnant ces cadres, trois maîtres de conférences ont rejoint le groupe en 2010 et 2011, renforçant ainsi les axes de la thématique. La notoriété internationale des seniors associée à l'enthousiasme et à la qualité scientifique des plus jeunes se traduisent directement dans l'impact de ces recherches, que ce soit dans le monde académique - édition d'ouvrages, activité éditoriale dans les journaux scientifiques (Journal of Fluids and Structures, Atherosclerosis), qualité et quantité remarquables des publications dans les meilleures revues du domaine (28 articles dans des revues internationales sur la période évaluée) - que dans l'industrie - Chaires EDF et AXA, activités d'expertise en ingénierie (Airbus, SNECMA, L'Oréal) ou en génie civil (Vinci).

Les recherches sur les Interactions fluide-structures s'appuient sur une activité performante en droite ligne du savoir-faire traditionnel du LadHyX. Ces études portent sur les instabilités de flottement affectant les voilures ou les tabliers de pont où des mécanismes nouveaux de croissance transitoire ont été révélés lorsque l'instabilité aéro-élastique est de nature sous-critique. La portée de ces résultats théoriques et expérimentaux est directe pour la protection des ouvrages de génie civil et donne au LadHyX un positionnement original et exemplaire entre recherche fondamentale et applications industrielles.

Une première ouverture de la thématique vers la captation de l'énergie engendrée par les vibrations des structures représente une rupture dans l'approche de ces phénomènes jusqu'alors toujours considérés comme néfastes. Le LadHyX a mené des études détaillées sur l'optimisation de la position de générateurs disposés le long de câbles flexibles ou d'éléments piézo-électriques collés sur la surface d'un drapeau. Un programme de recherche pluridisciplinaire visant à une meilleure compréhension des mécanismes de couplage et de la dynamique non-linéaire du récupérateur est en cours avec différents partenaires. Cette recherche qui se tourne délibérément vers l'ingénierie est originale, risquée (car les rendements restent modestes et les difficultés techniques certaines) mais très ambitieuse et donc éminemment motivante.

Fortement soutenue par la direction de la Recherche de l'École Polytechnique au travers de l'opération « Mécanique et systèmes vivants » (mise à disposition de nouveaux locaux de 200 m² et recrutement de jeunes ingénieurs et enseignants-chercheurs), la deuxième ouverture de la thématique vers la biomécanique et la bio-ingénierie se fait quant à elle selon plusieurs directions.

La première concerne la biomécanique végétale tandis que la seconde porte sur la mécanique tissulaire et cellulaire. Concernant la biomécanique végétale, des études fondamentales à la fois théoriques et expérimentales sont menées en collaboration avec l'INRA. Le vent est un facteur environnemental qui occasionne des dégâts à forts impacts (chute des arbres, verse des cultures), et qui contrôle en même temps l'état des couverts végétaux puisque les plantes se mesurent en permanence aux vents chroniques pour réguler leur croissance. Le LadHyX amène une approche complètement novatrice des vibrations et déformations des plantes, basée sur des modèles parcimonieux (recherche de facteurs et processus clés) et en même temps complexes propres à mettre en évidence des non-linéarités ou interactions méconnues. Sur des questions très génériques ou sensibles de l'interaction vent-plante entière, l'équipe du LadHyX affirme un positionnement original, aussi bien pour proposer de nouvelles méthodes de phénotypage, que pour donner du sens aux lois très générales mais jusqu'ici empiriques du dimensionnement architectural des arbres. Ces travaux pourraient à terme mener à de nouvelles approches biomimétiques lors de la conception de structures en ingénierie ou en génie civil.

L'activité de recherche en mécanique et ingénierie cellulaire et tissulaire se décline à son tour selon deux axes portant l'un sur la bio-locomotion, l'autre sur la mécanique cardio-vasculaire. La première s'inscrit dans la lignée des recherches menées outre-Atlantique et en Grande-Bretagne sur l'hydrodynamique des micro-nageurs. Elle a intégré le LadHyX grâce à un recrutement tout à fait opportun puisque des résultats théoriques importants ont été récemment obtenus sur la nutrition de ces micro-nageurs. Quant à l'activité en mécanique cardiovasculaire, elle vise à une meilleure compréhension du développement de l'athérosclérose, maladie vasculaire parmi les principales causes de mortalité dans les pays développés. L'enjeu est d'importance et vise principalement à comprendre et à modéliser la mécano-transduction des cellules endothéliales sujettes aux efforts de l'écoulement sanguin, leurs interactions avec des stents ou des nano-particules. De nombreuses collaborations nationales et internationales (université Paris Sud, Institut d'Optique, université de Naples, UC San Diego) attestent du rôle moteur du LadHyX sur ces sujets liés au vivant. La collaboration avec des chercheurs de l'hôpital G. Pompidou montre également le crédit accordé à cette activité par le milieu hospitalier.

Le rayonnement récent mais bien réel du LadHyX dans le domaine des Interactions fluides-structures et de la biomécanique a permis d'attirer plusieurs chercheurs ou enseignants de haut niveau qui participent à l'enseignement de la mécanique à l'École Polytechnique, au CNAM ou dans des écoles d'Ingénieurs. Cette attractivité qui s'étend au niveau national et international est également lisible par le nombre de thèses soutenues depuis 2008 ou en cours actuellement (15), soit plus de 2 thèses encadrées par chercheur sur 5 ans. À cela s'ajoutent 8 stagiaires post-doctoraux qui complètent de manière efficace le groupe de recherche. Que ce soit dans le domaine des Interactions Fluide-Structures ou dans celui de la Biomécanique et de la Bio-ingénierie, les chercheurs du LadHyX sont régulièrement invités à donner des conférences dans des congrès internationaux, en plus de très nombreuses invitations dans des séminaires de laboratoires français ou européens. De plus, pendant les 5 dernières années, les chercheurs de cette thématique ont organisé ou co-organisé 3 conférences internationales et 2 conférences nationales.

Malgré leur répartition sur deux bâtiments (proches) et sur trois grandes thématiques qui s'éloignent les unes des autres (vibrations des structures, biomécanique des arbres et des micro-nageurs, bioingénierie tissulaire et cellulaire), les chercheurs ne semblent pas souffrir de cet état de fait et au contraire s'enrichissent mutuellement des techniques et savoirs que chaque sous-groupe développe. Cependant, il paraît tout à fait opportun, comme prévu dans les perspectives du laboratoire, de procéder à un regroupement des activités liées au vivant dans une thématique indépendante afin de gagner en lisibilité et en cohérence dans un domaine particulièrement compétitif aujourd'hui. La question se posera alors de mieux formaliser les liens entre les activités de biomécanique cellulaire issues de ce thème interactions fluide-structure et les autres approches liées au vivant, en micro-fluidique ou matière molle : il conviendra de s'interroger sur l'intérêt de partager les réseaux de collaboration, les actions d'animation scientifique ou de formation interdisciplinaires mécanique-biologie, les outils expérimentaux.

En conclusion, il apparaît que les recherches sur les interactions fluide-structures et la bio-ingénierie sont particulièrement actives au LadHyX dont elles constituent désormais une thématique de notoriété internationale. Ces recherches ont grandement bénéficié ces dernières années du soutien des deux tutelles, en particulier par des recrutements de qualité. Cette thématique est donc aujourd'hui très bien armée pour poursuivre les succès déjà engrangés et relever les défis scientifiques liés à des enjeux sociétaux majeurs dans les domaines de l'énergie, de l'agronomie et de la santé. Ses stratégies et prises de risques sont clairement définies tant pour le choix des directions des recherches à suivre que pour l'organisation et la structuration des moyens alloués.

Thème 4 :

Interfaces

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	2,5	2,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	1	1
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	7	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	21	
TOTAL	31,5	3,5

- Appréciations détaillées**

Ce thème réalise le défi d'associer des études très originales (manipulation de gouttes, caléfaction, physique du sport) et d'autres beaucoup plus classiques (émergence d'une bulle dans le régime de Stokes). La greffe n'est pas facile, demande du temps (les mêmes remarques étaient présentes dans le rapport précédent) et un effort de chacun. Le risque en cas d'échec est la marginalisation de l'un des styles, ce qui n'est pas grave en soi, mais dommage, et peu dans l'esprit du laboratoire. En cas de réussite, tout le monde peut y gagner. On peut penser par exemple que l'expérience acquise sur les écoulements de Stokes pourra servir à approfondir certains aspects du mouillage ou de la dynamique de gouttes.

Par ailleurs, ce thème participe largement à l'effort de formation du laboratoire (21 thèses soutenues ou en cours dans la période considérée, 7 post-doctorats), et à son couplage au milieu industriel (création d'une start-up, collaborations). La visibilité internationale porte surtout sur la micro-fluidique (attribution d'une ERC) et sur la matière molle.

En micro-fluidique, utiliser des structures guidantes et piègeantes est une idée astucieuse. Le lancement d'une start-up renforce le lien avec les ingénieurs, qui savent très bien optimiser la robustesse, la reproductibilité et le coût des systèmes.

Les travaux sur la caléfaction, la super-hydrophobicité, et le surf des particules sur les vagues sont tous très créatifs. En physique du sport, rapprocher la portée d'un volant de badminton et celle d'une lance à incendie n'est pas "politiquement incorrect", comme le comité d'experts l'a entendu craindre. C'est un bon exemple à présenter au grand public.

5 • Déroulement de la visite

Dates de la visite

Début : 15 octobre 2013 à 10h30

Fin : 16 octobre 2013 à 17h

Lieu de la visite

Institution : École Polytechnique

Adresse : Route de Saclay, Bat 67, 91128 Palaiseau, France

Locaux spécifiques visités :

Les laboratoires des différents thèmes, dans les bâtiments proches 65 et 413, et le bâtiment central 67.

Déroulement ou programme de visite

Les deux directeurs qui ont exercé durant la période considérée ont présenté le bilan, et le directeur adjoint a présenté le projet du laboratoire. Une série d'exposés scientifiques a ensuite couvert de façon presque exhaustive, les activités du laboratoire. Le comité d'experts a été divisé en deux groupes pour visiter des expériences dans chaque thème.

Durant la deuxième journée, le comité d'experts a rencontré, séparément, les chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, les thésards et post-docs, et les personnels ITA.

Points particuliers à mentionner

M. Guillaume EDOUARD, ingénieur d'études au CORIA (Rouen), élu C au CoNRS section 10, a rejoint le comité d'experts pour l'entretien avec les ITA/BIATSS et les visites.



6 • Observations générales des tutelles



Patrick Le Quéré
Directeur adjoint de l'Enseignement et de la Recherche

Madame Nathalie Dospital
Déléguée Administrative
Section des unités
AERES
20 rue Vivienne
75002 PARIS

Objet : Evaluation AERES du LADHYX
Référence : DAER /LL/14 – n° 39
PJ : Réponse au rapport d'évaluation du LadHyX - S2PUR150007897 - LadHyX - 0911568K / Volet 1 de la
réponse au rapport d'évaluation du LadHyX / Volet 0 – annotations

Palaiseau, le 20 *janvier* 2014.

Chère Madame,

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint, les réponses et annotations que le LADHYX souhaite porter à votre connaissance.

En vous souhaitant bonne réception de la présente, je vous prie de croire, Madame, à l'assurance de mes meilleures salutations.

Patrick Le Quéré
*Directeur adjoint de l'Enseignement et de la
Recherche*

Palaiseau, le 17 janvier 2014

Réponse au rapport d'évaluation du LadHyX**S2PUR150007897 - LadHyX - 0911568K**

Avant de rentrer dans le détail de cette réponse, nous tenons à remercier l'ensemble des membres du comité d'experts pour le temps qu'ils ont consacré à la visite, à la rédaction du rapport et à la mise en perspective sérieuse et bienveillante de notre activité. Ces qualités ont été ressenties lors de leur visite des 15 et 16 octobre 2013 et cela a fait de cette visite un moment important de la vie de notre unité.

Nous en venons à présent à quelques observations sur le rapport: suite aux évolutions sur le plateau de Saclay, le campus de l'X va se restructurer dans les années à venir et il est prévu que le LadHyX déménage. Cependant, ni les échéances, ni le futur bâtiment du laboratoire ne sont actuellement arrêtés. Dans cette restructuration, il est essentiel que le laboratoire soit regroupé sur un site unique et avec suffisamment de surfaces et de moyens pour assurer son développement.

En terme de croissance, le LadHyX s'est effectivement développé ces dernières années (11 chercheurs en 2008 et 16 en 2013) et a diversifié ses thèmes de recherche (interactions fluide structures, microfluidique, biomécanique, matière molle). La période à venir est une période de stabilisation où ces différents thèmes vont se connecter et s'enrichir mutuellement. Ce développement croisé a d'ores et déjà commencé entre microfluidique et biomécanique cellulaire ainsi qu'entre biomécanique et interactions fluide structures. Les recrutements à venir, au CNRS en particulier, devront permettre de renforcer ces connexions. Le soutien du laboratoire à la candidature de David GONZALEZ-RODRIGUEZ en section 10 est fait dans ce sens.

Concernant l'évolution de la thématique « Instabilités, Transition et Contrôle », nous rejoignons le comité sur le fait que nos activités actuelles en aéroacoustique et sur les flammes prémélangées sont deux axes prometteurs. En terme de recrutement, nous ne nous limiterons cependant pas à ces deux axes de recherche et nous nous adapterons aux opportunités qui se présenteront pour renforcer ce thème.

Même si l'on partage l'analyse du comité sur le caractère varié de la recherche menée au sein du thème « Interfaces », nous ne percevons pas de risque particulier dans ce thème. Chacun des chercheurs s'y développe rapidement, à la

fois en terme de publications, de contrats et de reconnaissance. De plus, le récent recrutement de Camille DUPRAT va permettre l'enrichissement croisé.

Le thème « écoulements géophysiques » est en pleine maturité. C'est ce qui ressort du rapport AERES mais c'est aussi ce que nous ressentons au quotidien. La variété des sujets y cohabite avec la qualité des collaborations et des recrutements. Le bon développement de ce thème est une priorité du LadHyX. Pour aller dans ce sens, une réunion avec des chercheurs de l'IFREMER est organisée le 10 avril 2014 en vue d'initier des collaborations entre les phénomènes grande échelle qu'ils étudient et nos expériences de laboratoire.

En ce qui concerne l'implication du LadHyX dans la formation par la recherche, nous revenons sur les écoles d'été dont le comité souligne le rôle clef dans la formation des jeunes chercheurs (doctorants et post-doctorants). Ces jeunes chercheurs représentent actuellement plus de la moitié de l'effectif du LadHyX (34/60). Suite au succès de l'école d'été en « Fluid Dynamics of Sustainability and the Environment » et suite aux remarques du comité, nous avons décidé de développer ce type d'école. Un accord est en cours avec 3 Universités européennes pour organiser une école d'été annuelle en mécanique des fluides.

Pour ce qui est de l'organisation et la vie de l'unité, nous partageons l'analyse du comité sur le fait qu'il manque actuellement une structure pour permettre aux ITA de s'exprimer, sur le problème du suivi des carrières en particulier. Une réflexion est en cours sur ce sujet important.

Nous terminons ces observations avec le lien Recherche et Innovation que nous développons actuellement en servant d'incubateur à la Start-up « Stilla Technologies » de notre ancien doctorant Rémi DANGLA. Le problème de développer de l'activité à forte valeur ajoutée à partir des recherches menées au LadHyX est bien posé et la solution de l'incubateur nous semble appropriée : elle permet au doctorant d'opérer une transition douce entre son rôle de chercheur et celui d'entrepreneur. Elle permet aussi aux autres doctorants de réfléchir à l'entrepreneuriat comme perspective à leurs propres recherches. Elle permet enfin au laboratoire d'accroître ses contacts côté industriel en montrant de façon tangible que nos recherches fondamentales sont effectivement liées à des applications.

Nous remercions sincèrement le comité pour sa réflexion sur notre fonctionnement et notre activité et pour ses suggestions quant à notre développement.

Bien Cordialement,

Sébastien MICHELIN
Directeur Adjoint du LadHyX

Christophe CLANET
Directeur du LadHyX