HAL
open science

DynFluid - Laboratoire de dynamique des fluides

Rapport Hcéres

To cite this version:

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. DynFluid - Laboratoire de dynamique des fluides. 2009, Arts et metiers Paristech - Ecole nationale supérieure des arts et métiers. hceres-02031020

HAL Id: hceres-02031020

https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031020

Submitted on 20 Feb 2019

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

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

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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation

Unité de Recherche :

Laboratoire de Dynamique des Fluides (DynFluid)

de l'ENSAM

mars 2009

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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Laboratoire de Dynamique des Fluides

(DynFluid)

de l'ENSAM

Le Président de l'AERES	Section des unités de recherche
	Le Directeur
Jean-François Dhainaut	**Pierre Glorieux**

mars 2009

Rapport d'évaluation

L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : Laboratoire de Dynamique des Fluides

Label demandé : EA

N° si renouvellement : 92

Nom du directeur : M. Alain LERAT

Université ou école principale :

ENSAM

Autres établissements et organismes de rattachement :

Date de la visite :

20 février 2009

Membres du comité d'évaluation

Président :

M. Patrick BONTOUX, Université Aix-Marseille

Experts :

M. Michel DEVILLE, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne

M. Francis LEBOEUF, Ecole Centrale de Lyon

M. Patrice LE GAL, Université Aix-Marseille

M. Jean PIQUET, Ecole Centrale de Nantes

Expert(s) représentant des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD.....) :

Mme Hélène POLITANO, CNU

Observateurs

Délégué scientifique de l'AERES :

M. Alain MERLEN

Représentant de l'université ou école, établissement principal :

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

1 • Présentation succincte de l'unité

Le Comité d'évaluation a travaillé sur la base du dossier déposé à l'AERES en vue de la création du laboratoire à partir des anciennes équipes SINUMEF et LEMFI. Le bilan ci-dessous reflète l'apport de chaque entité :

Personnels :

LEMFI Enseignants-Chercheurs = 5 : 2 PR, 3 MdC, plus participation à temps partiel de 1 contractuel ENSAM – ITA = 4 : 1 IR, 2 AJT, 1 SASU - ATER = 2 (6 sur la période de 4 années)

SINUMEF : EC = 6 : 2 PR, 4 MdC, plus 1 PRAG - ITA = 1 IR - ATER = 1 (5 sur la période)

Les 2 composantes sont de tailles similaires et constituent un laboratoire d'une vingtaine de permanents.

Publications :

Les 5 EC du LEMFI sont publiants et attestent d'un nombre de publications supérieur à 3 pour l'un des plus jeunes et allant jusqu'à 14 pour les plus anciens. Pour les communications à des conférences, les nombres respectifs varient de 4 à 18. Pour le dernier entrant MdC, les publications correspondent naturellement à ses travaux précédant son entrée dans le laboratoire.

Les 6 EC du SINUMEF sont publiants et attestent d'un nombre de publications variant de 5 à 8 avec 3 contributions en cours de parution pour le dernier recruté. Le nombre de conférences – lorsqu'elles sont relevées - varient de 4 à 8.

HdR soutenues :

LEMFI = **1** (Kouidri 2005),

SINUMEF = **2** (Cinnella 2006, Robinet 2007)

Soit en moyenne 0.75/an sur 2005-2008

Thèses

LEMFI - *Thèses soutenues :* **5** - *Durée moyenne des thèses* : **3 ans 7 mois**

Publications doctorants : 27

Devenir des doctorants : 2 ingénieurs R&D, 1 Energie Colas, enseignements

Soit Thèses soutenues en moyenne 2005-2008 : 1.25/an

SINUMEF - *Thèses soutenues* : **13** - *Durée moyenne des thèses* : **3 ans 6 mois** *(un cas 5 ans 2 mois correspondant à une enseignante doctorante du cadre ENSAM avec un service de 384 h/an)*

Publications doctorants : une vingtaine de revues et communications pour 100% des thèses

Devenir : 7 IR (4 ONERA, 1 INRIA, 1 EDF, 1, IRSN), 4 Ingénieurs R&D aéronautique et automobile, 1 posdoc, 1 cadre ENSAM

Soit Thèses soutenues en moyenne 2005-2008 : 3/an

Le taux de passage d'HDR a été relativement important sur la période de référence. Le nombre de thèses soutenues est plus important au SINUMEF mais les durées des thèses sont très similaires et proches des 3 années requises.

Thématiques scientifiques

LEMFI : 3 Thèmes / *T1: Modélisation et analyse des écoulements internes (incompressibles) / T2 : Aéroacoustique et écoulements instationnaires / T3 : Cavitation et pompage diphasique*

SINUMEF : 5 Thèmes / *T1: Méthodes numériques haute précision écoulements compressibles (méthodes haute précision) / T2 : Aérodynamique instationnaire / T3 : Instabilités des écoulements / T4 : Aéroacoustique / T5 : Ecoulements multiphasiques*

Les thématiques et les compétences sont très distinctes mais couvrent des champs disciplinaires très complémentaires entre un domaine expérimental appliqué et un domaine de modélisation numérique très bien reconnu académiquement.

Résultats scientifiques

LEMFI : ** Rang A internationales = 17 - * Communications : 24 intern. + 5 nat. - * Vulgarisation (diffusion scientifique & technique) : 3 ouvrages nationaux « Techniques de l'ingénieur » - * Ouvrages & chapitres d'ouvrages - * Rapports de contrats*

SINUMEF : ** Rang A = 30 intern. + 3 nat. - * Communications avec actes : 52 intern. + 12 nat. - * Communication sans actes : 14 intern. + 2 nat. - * Vulgarisation (diffusion scientifique & technique) : 1 en 2007 UNESCO Encyclopedia of Life Support Systems - * Ouvrages & chapitres d'ouvrages : 3 intern. + 1 nat. - * Rapports de contrats : 21 nat. + 1 inter.*

2 • Déroulement de l'évaluation

La visite s'est déroulée sur le site du laboratoire à l'ENSAM Paris. Les experts ont reçu préalablement les rapports d'activités du SINUMEF et du LEMFI et le projet détaillé du DynFluid préfaçant la constitution d'équipes et des plateformes calcul et expérimentale. L'audition des exposés a duré une journée complète. Les Directeurs de chacun des deux laboratoires – SINUMEF et LEMFI - participant au projet de regroupement, ont présenté les bilans de leurs unités au cours du contrat quadriennal qui se termine. Des exposés d'une vingtaine de minutes ont mis en évidence les activités scientifiques des équipes – le développement méthodologique en aérodynamique et la participation à de nombreux programmes pour le SINUMEF et la maîtrise des écoulements internes de turbomachines et une importante activité et une reconnaissance certaines vis-à-vis des milieux industriels pour le LEMFI. Le porteur du projet de regroupement qui est le Directeur de l'EA SINUMEF, fait ensuite l'exposé du projet de laboratoire DynFluid, des motivations, des perspectives. Les responsables des équipes de DynFluid ont ensuite présenté leurs projets et leur intégration dans le projet général.

Le repas buffet de 12h30 a permis des échanges entre les experts, les porteurs et les personnels du laboratoire. Une visite des installations informatiques puis des équipements a suivi le déjeuner.

L'après midi a été consacrée à la rencontre avec les personnels techniques et administratifs, puis avec les doctorants et ensuite avec les chercheurs.

Le comité a rencontré en huis clos le Directeur de l'ENSAM.

Le comité s'est réuni ensuite pour discuter du projet et a demandé d'écouter pour complément d'information certains responsables d'opération.

3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

Historique

Le projet présenté vise au regroupement dans le même laboratoire de deux équipes de l'ENSAM Paris. Le SINUMEF était une EA du MESR. Le LEMFI était une équipe du laboratoire LEMFI *inter établissements* Université Pierre & Marie Curie – ENSAM Paris et UMR associée au CNRS (1992-2007). La partie UPMC du Laboratoire avait été séparée du LEMFI lors de la constitution de l'Institut J. Le Rond d'Alembert – *mono-établissement* de l'UPMC. La composante UPMC et CNRS – aujourd'hui de l'Institut d'Alembert – ex-UMR LEMFI - couvraient en particulier les thématiques de modélisation numérique des écoulements de turbomachines.

Géométrie du projet

Le présent projet – *mono-établissement ENSAM* - reprend et élargit l'association des thématiques numériques en aérodynamique et expérimentales en turbomachines avec une composante supplémentaire en aéroacoustique et instabilités. Le champ thématique est plus large que dans l'UMR LEMFI mais la continuité directe entre l'approche numérique et l'expérience sur l'axe turbomachine, n'existe plus. La composante SINUMEF a élargi ses champs disciplinaires aérodynamiques – sur lesquels s'est construit sa reconnaissance internationale - en aéroacoustique et instabilité. Le projet d'association scientifique est intéressant et doit être considéré en tout cas comme la première étape importante de constitution du laboratoire – qui est bien sûr susceptible d'être ré-ajustée avec des renforcements supplémentaires possibles de la cohérence interne. Par rapport à ce point, il pourrait être judicieux de constituer une équipe transversale de modélisation numérique pouvant prendre en charge, avec les compétences fortes issues de SINUMEF, les besoins de l'équipe Turbomachines. Des liens avec le LIMSI existent déjà et des relations avec l'Institut d'Alembert et le PMMH pourraient aussi être envisagées sur le thème turbulence et sur le nouvel axe instabilités.

Le laboratoire présente une bonne moyenne en termes de publications et de contrats mais la répartition suivant les équipes, n'est pas homogène – l'évaluation des publications est très favorable aux chercheurs issus du SINUMEF – pour le LEMFI les publications sont honorables et l'impact industriel est excellent. Une politique de redistribution d'une part des ressources propres permettra au laboratoire d'avoir une politique commune – cela est déjà bien initié pour les moyens de calcul locaux.

Résumé de l'activité des laboratoires LEMFI & SINUMEF

Le **LEMFI** présente une forte composante expérimentale, comportant quelques approches à caractère théorique et numérique relativement à l'analyse des écoulements internes dans les pompes axiales ou centrifuges et les ventilateurs, et à caractère conceptuel sur le dimensionnement et l'optimisation des turbomachines. Lorsque les outils numériques sont utilisés, ce sont des codes CFD commerciaux, ou bien il s'agit de la mise en œuvre, du développement et de la validation de logiciels spécialisés turbomachines. L'équipe dispose de 3 bancs d'essais : un banc hydrodynamique (pompes axiales et inducteurs, machines centrifuges, turbopompes aéronautiques), un banc aérodynamique (ventilateurs), et un banc d'étalonnage. Elle possède également des moyens informatiques (calcul, stockage, 2 To, …), en plus d'un cluster HPC mutualisé avec le SINUMEF et le LMPS, récemment acquis (250 Gflops en puissance de crête). De par la nature de ses travaux, l'équipe est très fortement impliquée avec les organismes et les entreprises. Elle accomplit également des collaborations nationales et internationales avec d'autres laboratoires. Le LEMFI est composé de **5** enseignants-chercheurs, plus 1 à 2 ATER en moyenne par an. Le LEMFI compte aussi **2** Adjoints Techniques, **1** secrétaire (SASU) et **1/2** IR (à 50% avec le SINUMEF).

Le **SINUMEF** est essentiellement un laboratoire théorique et numérique, qui développe de nouvelles méthodes et outils numériques pour simuler des écoulements fluides, majoritairement compressibles, et étudier leurs instabilités. Les applications visent à l'amélioration des performances en aérospatial, dans le secteur automobile et pour les procédés industriels, en plus de questions de nature plus environnementale (dépenses énergétiques et nuisances sonores). Il est ainsi impliqué dans ces secteurs industriels, en plus de ses collaborations nationales, européennes et internationales (dont en particulier pour la validation et l'implémentation de méthodes numériques dans les codes industriels). Il dispose de moyens informatiques dont 2 serveurs de calcul (P4 Xeon), de moyens de stockage (7 To au total), d'un robot d'archivage sur bande SDLT, et du cluster HPC (Calcul à Haute Performance) introduit précédemment, mutualisé avec le LEMFI en service

depuis avril 2007, à l'initiative du SINUMEF (90 k€, 60% du financement). Le SINUMEF est composé de **6** enseignants-chercheurs et **1** PRAG dont les activités et responsabilités en enseignement, ainsi qu'en encadrement de thèses sont détaillés dans le bilan. Le SINUMEF compte aussi **1/2** IR (50% LEMFI) en charge du cluster et du parc informatique. Il a aussi bénéficié de 2 postdoctorants de 2005 à 2008 financés par le SERAM (Programme de Recherche Concerté AITEC de la DGAC – Direction Générale de l'Aviation Civile), et de 1 à 2 postes ATER par an.

A noter : un projet commun du LEMFI et de SINUMEF a démarré dès 2006, dans le cadre du PPF de recherche structurant de l'ENSAM Paris, sur la thématique du bruit de profil en aéroacoustique externe (SINUMEF) et aéroacoustique interne dans les machines tournantes (LEMFI).

Bilan scientifique

Concernant les publications du **LEMFI** les facteurs d'impact des revues sont très estimables vis-à-vis des références moyennes par thématique : *J. Sound & Vibration* 1.024 (median category Acoustics 0.738 ; *Applied Thermal Engineering* 0.868 (Thermodyn 0.879, Energy&Fuels 0.829, Eng. Mech 0.553). *Int. J. Vehicle Noise & Vibration* fait autorité dans le thème "engineers and manufacturing". *Flow Measurement & Instrumentation* est à un bon niveau 0.747 (Eng. Mech 0.553, Instruments & Instrumentation 0.832). Comme cela est aussi le cas de *ASME J Fluids Engineering* à un niveau de 0.571 (median Eng. Mech 0.553). Sur site internet, l'*Int. J. Rotating Machinery* est reconnu et supporté par la Pacific Center Thermal-Fluids Eng. Society.

Pour le *thème numérique*, la revue *J. Num. Methods for Heat & Fluid Flow* est d'impact plus modeste 0.304 (median Maths interdiscipl. applications 0.778). Egalement, *Int Mech Eng (IMECHE) Part A*, J. Power & Energy son à un impact modeste de 0.201 (median Engin. Mech 0.553).

Concernant le **SINUMEF**, les revues dans lesquelles publient les EC sont de **très bon taux d'impact** en majorité bien supérieurs aux moyennes thématiques relevantes : *Computers & Fluids* 1.431 (médian category Mechanics 0.823) ; *J. Computational Physics* 2.372 (median Computer Sci interdiscipl. 0.863, Phys Maths 1.339) ; *AIAA J.* 0.988 (median Eng; Aerospace 0.420) ; *J. Sound & Vibration* 1.024 (median category Acoustics 0.738, Engin Mech 0.553, Mechanics 0.823) ; *Theor. & Comput. Fluid Dynamics* 1.037 (median Mech 0.823, Phys Fluids & Plamas 1.186) ; *J Fluid Mechanics* 2.026 (median Phys Fluids & Plamas 1.186) ; *Geophys Research Lett.* 2.744 (median median Geosci; multidiscipl. 1.091) ; *Physics of Fluids* 1.780 (median Mech 0.823, Phys Fluids plasmas 1.186) ; *Int J Numerical methods in Engineering* 1.612 (median Eng. Multidiscipl 0.525, Maths interdiscipl 0.778) ; *Microfluidics & Nanofluidics* 2.241 (median Nanosci & nanotech 1.438, Intruments & instrumentation 0.832, Phys Fluids Plasmas 1.186) ; *Int J Numerical Methods in Fluids* 0.712 (median Computer Sci interdiscipl applis 0.863, Mech 0.823, Phys Fluids Plasmas 1.186) ; *Acustica* 0.707 (median 0.738).

Pour l'ensemble des EC, les quelques facteurs h relevés varient de 3 - pour les plus jeunes - à 10 - pour les plus anciens.

Conférences principales de bonne reconnaissance

LEMFI : ASME, AIAA

SINUMEF : AIAA Conf on Fluid Dynamics, Aeroacoustics, …

Collaborations nationales & internationales

LEMFI : LIM, IRENAV, L2MA, LML, CHU Tours, Laboratoire National d'Essais (LNE), INRIA Rocquencourt, Universités Osaka, Montréal, New Brunswick, Windsor, Oviedo, Nanjing, Siegen

SINUMEF : LMSP, LIM, IMFT, IUSTI, LEA, PMMH ESPCI, IUSTI, LIMSI, INRIA-Bordeaux, CNES (PERSEUS), Institut Indien Sciences Bangalore, Universités Californie/Davis, Stuttgart, Corogne, Korea, Polytecnico di Bari, MIT, …

Insertion dans les réseaux (locaux, nationaux, ANR, européens et internationaux)

LEMFI : ANR Predit Geremax

SINUMEF : SESAME EXAVAC ONERA, RN Recherche Aéronautique Supersonique, GdR Contrôle des décollements, Pôle ATAC CNES-ONERA, IROQUA (CNRS-ONERA-DGAC-AIRBUS-Dassault-Eurcoper-Safran) AREOCAV, AITEC DGAC, ANR SPICEX, ADIGMA PCRD6, ANR CORMORED.

4 • Analyse équipe par équipe et par projet

Equipe Aérodynamique

L'équipe Aérodynamique issue du SINUMEF regroupe deux professeurs et un MCF à mi-temps (exerçant le second mi-temps au LIMSI), deux autres MCF sont également comptabilisés à 30%, ainsi qu'un PRAG à 50%. Son activité se regroupe autour de plusieurs axes :

1. *les méthodes de haute précision en aérodynamique compressible.* Celles-ci ont porté (i) sur les schémas basés sur le résidu (approche RBC) caractérisés par des stencils compacts en maillage structuré et précis jusqu'à l'ordre sept, et plus récemment en maillage non-structuré, mais d'un ordre de précision limité ; (ii) sur des schémas à discrétisation temporelle et spatiale couplées (schémas OSMP) et à précision élevée ; la finalité visée est la simulation des grandes échelles d'écoulements compressibles et turbulents et l'aéroacoustique, (iii) sur des schémas préservant la vorticité. Sur les deux premiers points, en particulier, la recherche a été particulièrement « impactante » dans la communauté aéronautique, tant au niveau de programmes industriels amont (pour (i), programmes AITEC et projet européen ADIGMA, implantation dans elsA, l'un des logiciels utilisés par la communauté aéronautique française (et européenne), pour (ii), une ANR est en prévision).

   Les méthodes compactes d'ordre élevé basées sur le résidu sont très intéressantes pour les problèmes d'aérodynamique et constituent une avancée significative dans ce domaine. Elles doivent être poursuivies et appliquées à des cas plus nombreux afin de convaincre la communauté scientifique qu'il s'agit d'une voie à suivre.

2. *sur la simulation des écoulements turbulents.* A ce thème, on peut rattacher les études effectuées dans le domaine du tremblement dont le responsable a quitté le laboratoire. Les calculs effectués ont utilisé des modèles de turbulence à équations de transport avec des modifications basées sur des arguments de réalisabilité.

3. *sur l'aérodynamique en gaz parfait ou réel avec optimisation de forme.* Les recherches peuvent être regroupées sous trois items distincts, l'aérodynamique avec thermodynamique complexe, en s'intéressant sur les condition supercritiques ou proches de la saturation en vue de préoccupations énergétiques actuelles et pour l'étude de gaz denses. Ce thème original est le principal apport du professeur recruté ayant pris la direction de l'équipe.

Le SINUMEF a publié 33 articles dans la littérature internationale - ce qui fait 1,35 papier par an et par permanent - et 4 chapitres invités dans des ouvrages. C'est bien et très honorable et ces publications sont faites dans les meilleures revues des disciplines concernées. Le SINUMEF est le cadre ayant donné naissance aux équipes 1 et 3 du laboratoire. Les enseignants chercheurs du laboratoire sont tous « publiants » et font mieux qu'atteindre les normes de publications habituelles en vigueur. 13 thèses et 2 habilitations ont été soutenues sur la période au SINUMEF.

Pris dans leur ensemble, les travaux de cette équipe la situent pour plusieurs études menées (méthodes de haute précision (i) et (ii)) au meilleur niveau international. Sur plusieurs autres thèmes (calculs d'aéroacoustique, instabilités et écoulements de gaz denses), les travaux sont aussi d'excellente facture, de notoriété largement reconnue et pour les deux derniers items, très novateurs et originaux. L'impact en termes de contrats (21 rapports de contrats sur la période) et l'insertion dans des projets industriels et européens sont bons et situent cette équipe au niveau de l'excellence pour ce qui touche à son activité en mécanique des fluides numérique, tant pour l'élaboration conceptuelle que pour la mise en œuvre de méthodes pour l'aérodynamique. Le projet porté par P. Cinnella peut être lu avec confiance pour ce qui touche aux méthodes numériques en compressible, à l'aérodynamique des gaz réels et à l'optimisation de forme. De légères réserves sur la thématique simulation des écoulements turbulents peuvent en revanche être émises car il ne s'agit pas d'un point fort du laboratoire. Les idées avancées relativement à une approche hybride RANSE-LES au moyen

d'un seul système d'équations demandent à être testées, mais la bonne connaissance par l'équipe des conditions numériques nécessaires à une exploitation convenable des simulations de grandes échelles leur donne un avantage comparatif qu'ils sauront sans doute exploiter. Sur un sujet aussi difficile, il semble logique de faire confiance aux acteurs de terrain…

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A+	A+	A+	A	A+

Equipe Turbomachines

Cette équipe est principalement issue du LEMFI. Elle affiche une réelle compétence sur les machines hydrauliques ; en particulier, sa compétence sur les inducteurs est forte, allant des études détaillées des écoulements cavitants jusqu'au dessin de ces machines pour des applications variées.

Trois actions de recherche se dégagent. La première traite de la modélisation et de l'analyse des écoulements internes. Cette action mène en parallèle un travail numérique et un travail expérimental. La deuxième action porte sur les écoulements non stationnaires et leurs émissions acoustiques. Ici encore les chercheurs mènent en parallèle des études expérimentales et des simulations numériques. Le rapprochement avec les spécialistes du SINUMEF dans ce domaine pourra être pleinement bénéfique à cette activité en situation critique quant au nombre de personnel s'y consacrant. Le troisième thème de recherche concerne la cavitation des fluides dans les pompes. Les avancées « théoriques » sur ce phénomène restent encore modestes et visent pour le moment à la seule amélioration du tracé des circuits de pompe afin de limiter les effets néfastes de la cavitation.

L'équipe affiche en particulier un projet prometteur ExpDiph sur les écoulements diphasiques en pompes. Il est un peu dommage que l'équipe n'ait pas plus établi des liens dans le passé avec le LEGI à Grenoble qui travaille également sur ce thème. Le projet MoDiph vise à exploiter une technique de modélisation intéressante pour les machines, mais le modèle SPH semble bien simpliste.

La 2ème compétence forte de l'équipe réside dans l'étude des instabilités d'écoulement. Le projet FPTurbo associe des travaux numériques et expérimentaux qu'il faut soutenir. Le projet A2ST d'analyse de signaux par la méthode SBSA est original en machine, et mérite d'être exploré plus en détail.

Il apparaît pertinent d'étudier les effets technologiques dans un environnement de machines (jeux, coudes, …). Ces effets ont un impact significatif sur l'émergence d'instabilités aéro-hydrodynamiques et aussi sur la génération de grosses structures turbulentes. La prise en compte de ces mécanismes est primordiale pour faire une simulation d'écoulement (RANS, LES ou DES) en turbomachine.

L'équipe est très fortement engagée dans l'encadrement d'étudiants ingénieurs en projet. Il en résulte que le temps laissé à la recherche amont est nécessairement plus réduit, d'autant que la charge de recherche à finalité industrielle est forte. L'équipe est impliquée dans une approche industrielle qui leur fournit beaucoup de rentrées et contrats. Ce qui frappe à la lecture du rapport du LEMFI est le volume (en nombre et en euros) des relations entretenues avec le monde industriel. L'approche scientifique est pragmatique mais dépendante aussi de codes commerciaux, ce qui peut poser un problème à long terme pour la recherche plus fondamentale.

En conséquence, on recommandera de concentrer les efforts dans les années à venir sur un nombre de projets de recherche qui viseront à amplifier les compétences plutôt qu'à les disperser. L'équipe doit s'interroger sur la pertinence de toutes les études afin de rester maître de sa propre démarche scientifique et éviter de devenir simple prestataire de service. Une diminution du nombre d'actions industrielles et une réorientation de certaines études (comme d'ailleurs envisagée par les responsables actuels) sont à souhaiter.

Du point de vue expérimental, le LEMFI disposent de plusieurs boucles hydrodynamiques certes un peu anciennes mais apparemment bien entretenues. Cependant on peut à priori craindre un fonctionnement un peu lourd et invalidant même si une nouvelle veine destinée à l'étude de géométries « épurées » est prévue. De même, il faut encourager la modernisation (actuellement en cours) des techniques et des procédures d'acquisition de signaux afin de gagner en efficacité et en liberté de fonctionnement. Nous encourageons les

responsables du laboratoire ou des équipes à poursuivre cette modernisation de l'ensemble des outils expérimentaux en faisant pleine confiance à la nouvelle génération de chercheurs récemment recrutée. Sans pour cela couper les liens existants avec le monde industriel, il faudra aussi savoir développer de nouvelles thématiques ou de nouveaux aspects des thématiques existantes, sans doute à caractère plus fondamental (on peut penser aux instabilité ou encore à la cavitation).

Enfin, il faut renforcer les liens avec les deux autres équipes de DynFluid, en privilégiant l'emploi d'outils commun, notamment les logiciels, lorsque cela est possible.

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	B	A

Equipe Aéroacoustique et Instabilités

S'appuyant sur un savoir faire indéniable quant à l'analyse numérique des instabilités dont les premiers résultats portant sur la non stationnarité de l'interaction choc/couche limite, ont été publiés dans un article de fond au J. Fluid Mech., la compréhension des instabilités de zones décollées des écoulements, compressibles ou non, représente un des challenges scientifiques de tout premier plan. En utilisant des méthodes faisant appel à des concepts modernes des théories de stabilité hydrodynamique (que celles-ci soient locales ou globales), la future équipe « transversale » du Dynfluid semble particulièrement bien armée pour cela. Les comportements non linéaires des écoulements seront également étudiés avec en particulier la description de leurs bifurcations successives (tridimensionnelles ou instationnaires). Un autre point remarquable de ces travaux à caractère essentiellement fondamental est qu'ils peuvent être aussi appliqués à des situations réelles comme par exemple aux écoulements dans les tuyères du moteur d'Ariane 5, ou aux bulbes de bord d'attaque d'avions commerciaux. On note de plus, de nombreux contacts (demande de soutien à l'ANR déposée) avec des expérimentateurs d'autres laboratoires. On peut même imaginer que les jeunes enseignants chercheurs issus des deux laboratoires SINUMEF et LEMFI et qui en s'associant permette la création de la nouvelle équipe « Aéroacoustique et Instabilités » pourraient permettre des collaborations directes entre numériciens et expérimentateurs.

Quelques remarques cependant concernant l'approche numérique DNS avec des différences finies centrées d'ordre élevé, avec recouvrement de maillages, avec interpolation et parallélisme massif avec 2 processeurs. Ceci n'est pas très intéressant dans la mesure où les méthodes d'ordre élevé du genre éléments finis ou éléments spectraux font beaucoup mieux.

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A	A

5 • Analyse de la vie de l'unité

Bilan de l'audition des personnels de l'unité

L'audition des ITA et des doctorants a été essentiellement marquée par la satisfaction et l'adhésion au rapprochement des deux équipes.

L'audition des enseignants chercheurs a été plus nuancée sur plusieurs aspects. Personne ne remet en cause la décision de regroupement du SINUMEF et du LEMFI dans une unité commune. Le choix du responsable apparaît unanimement accepté. La critique la plus importante vise essentiellement la communication qui s'est révélée insuffisante au niveau du laboratoire. L'élaboration du projet de laboratoire est considérée comme n'ayant pas été assez débattue (malgré les quelques 4 ou 5 réunions préparatoires au cours de la dernière année), certaines critiques ont déploré une construction d'unité plus basée sur le souci prioritaire de « tenir compte » de l'historique que d'appuyer la réflexion sur une cohérence de projet et sur une maturation collective. Le cadrage scientifique de l'activité n'a pas, semble-t-il, donné lieu à un échange ressenti comme suffisamment complet avec la direction, et si la configuration de la nouvelle structure en termes d'équipes a bien été présentée, elle n'est pas apparue – suivant certains EC - comme pouvant être suffisamment négociable. La définition du plan de recrutement, le choix des profils choisis n'ont pas été élaborés – suivant certaines interventions – avec (apparemment) suffisamment de concertation.

La nature même des critiques posées, l'embryon de perspective mise en avant (l'organisation autour de deux thèmes (i) turbulence et instabilités, (ii) multiphasique et cavitation, et avec un thème « numérique » (de haute précision) alimentant les autres), sont des indicateurs objectifs d'un dynamisme réel et d'une vie de laboratoire qui ne demandent qu'à s'exprimer et pourraient être encouragées. Ce point de vue et cette organisation – suivant certaines informations - furent certes déjà très longuement discutés dans le laboratoire. Un vote en conseil avait tranché en faveur de la structuration présentée dans le projet. Mais, il apparaît que le dossier pourra être sans doute consensuellement ré ouvert .

Il a été aussi noté une différence implicite de point de vue entre les ex-membres du SINUMEF et les « anciens » du LEMFI qui ne peut être négligée. Il est possible que l'équipe E3 (instabilités et aéroacoustique) se sente un peu coincée dans la structure présentée mais sa constitution semblait cependant indispensable pour ne pas faire apparaître le nouveau laboratoire comme un simple collage entre le LEMFI et le SINUMEF. Il y a aussi sans doute un problème de succession entre les EC historiques et les plus jeunes, qui constituent la relève.

Mais ce sont les acteurs d'aujourd'hui (HdR ou « HDR-isables » dans un futur assez proche), responsables demain, qui sont les mieux à même d'influer sur leur recherche, de s'engager sur des projets novateurs - en connaissance de cause - et donc d'élaborer le projet de laboratoire. Il faut éviter que le différentiel entre le projet actuel et le projet souhaité par certains, ne conduisent au départ de jeunes enseignants prometteurs – si ce n'est par la cause de la simple promotion.

Le Laboratoire devra, pour fonctionner de façon durable, bien s'assurer de la reconnaissance complète de l'ensemble du personnel sur sa structuration et sur son mode de fonctionnement. La structure de direction doit pouvoir fonctionner de façon collégiale et efficace afin de bien couvrir tout le champ des problèmes – scientifiques et administratifs – à venir. L'équipe de direction proposée est composée des directeurs des 2 laboratoires constitutifs – SINUMEF et LEMFI. Le choix est très compréhensible et elle pourra ainsi bien assurer la première phase d'existence du futur laboratoire. Il serait cependant judicieux que soient associés dans un comité de direction élargi (ou directoire) les responsables – moins aguerris et plus jeunes – des équipes (*et éventuellement celui d'une quatrième équipe transversale mentionnée plus haut si elle était retenue, §.3 géométrie du projet)*. Le directeur et le directeur adjoint assurant l'exécutif, ce directoire pourrait ainsi participer à la direction scientifique du laboratoire et à la définition des plans de recrutement. La constitution du conseil de laboratoire – suivant la proposition d'une quinzaine de personnes - reviendrait à n'écarter de fait que 3 ou 4 membres du laboratoire par suite d'élection, ce n'est peut-être pas très efficace et peut être ressenti comme excluant certains personnels. Mieux vaudrait y faire participer tous les personnels et faire fonctionner le laboratoire sur la triple base des 2 directeurs exécutifs – directeur et directeur adjoint -, du directoire, du conseil de laboratoire. Vu la taille du laboratoire, cela serait important pour assurer sa cohésion, pour instaurer un dialogue d'initiative auprès de tous les permanents et favoriser l'émergence de nouvelles prises de responsabilités par les plus « jeunes » afin de préparer ultérieurement la relève.

6 • Conclusions

Le projet DynFluid est assurément une excellente initiative qui doit être encouragée.

— Points forts :

Dynfluid est un laboratoire qui possède un très bon potentiel scientifique s'appuyant sur des hommes et des femmes de grandes qualités (le grand nombre d'articles publiés est un indice du sérieux et du travail fourni par chacun); il possède aussi un excellent réseau, très fourni, de relations industrielles qu'il faut préserver et même utiliser pour développer des idées nouvelles. Tout semble indiquer le succès de cette opération de fusion des deux équipes.

Du point de vue du renouvellement du personnel, nous ne pouvons que féliciter les deux laboratoires pour la qualité de leur recrutement ces dernières années. En jouant le jeu de l'ouverture, ils ont su attirer de jeunes et brillants chercheurs provenant d'autres laboratoires renommés. Le défi qui se présente est donc de réussir à mettre en musique un potentiel très intéressant avec des personnalités scientifiques marquées mais qui se complètent plutôt bien et avec en ligne de mire un bon équilibre entre simulations numériques et expériences, équilibre qui pourrait être très prometteur.

Le laboratoire est dynamique et réactif, il a une bonne insertion nationale & internationale, est en relation avec les grands organismes & secteurs industriels, avec applications en aéronautique, astronautique, automobile, environnement (économie et conversion énergétique, fonctionnement à partir d'énergies renouvelables, nuisance sonore), chimie, santé.

— Points à améliorer :

Le nombre total de projets est important (24) et demanderait à être recentré.

Il reste à construire des collaborations scientifiques plus étroites entre les 3 équipes de façon à redéfinir éventuellement leur contour pour l'avenir, voire sur des thèmes plus scientifiques qu'applicatifs comme c'est parfois le cas actuellement. L'équipe 3 pourrait servir de base à ces collaborations.

Le nombre des HdR soutenues pourrait être plus nombreux permettant l'encadrement de thèses supplémentaires.

L'effectif du laboratoire est complété par 4 IATOS, ce qui paraît un peu faible en particulier pour la gestion du parc informatique où un technicien supplémentaire serait nécessaire.

La gouvernance doit mieux intégrer les aspirations de la jeune génération

— Recommandations :

Quelques aspects devraient être repensés. En effet la coexistence de numériciens utilisateurs de codes « boîte noire » (*Fluent, CFX, star CD*) et de numériciens développeurs sera source de tensions si un certain mode de fonctionnement n'est pas débattu initialement, ce qui ne semble pas être déjà le cas.

La recherche pour la méthode hybride en aérodynamique, i.e. Couplage de RANS et LES est déjà menée à l'ONERA Châtillon. Faut-il la répéter à l'ENSAM ? Peut-être faudrait que le projet soit plus ambitieux et s'intéresse tout de suite aux problèmes de la décennie qui vient. Il faudrait en particulier envisager de mettre l'accent sur la LES et le parallélisme massif.

Sur le plan du management, le comité recommande de développer une discussion entre équipes directement pour construire une base scientifique solide à base de projets entre équipes et/ou dans le sens de la proposition sur thématiques scientifiques. Dans tous les cas il faut trouver la solution collective la plus adaptée – à la fois - aux aspirations de chacun … et aux intérêts du laboratoire dans le contexte « mécanique » parisien. Il y a assurément dans le laboratoire suffisamment d'éléments scientifiquement solides pour y parvenir.

Du point de vue du recrutement, il est essentiel que le laboratoire ait une politique de recrutement pour le quadriennal – en particulier sur les postes d'enseignants-chercheurs dont il maîtrise le profil recherche. Cela doit être l'une de ses priorités.

La base du projet étant maintenant dessinée, il faudrait cependant veiller à faire mieux participer la jeune génération dans les prises de décision. Comme déjà suggéré, la constitution d'un conseil de direction constitué

des 2 directeurs et des 3 responsables des nouvelles équipes, permettrait de faciliter la transmission des idées. Ce directoire serait une vraie instance décisionnelle s'appuyant sur un conseil de laboratoire n'excluant aucun chercheur permanent. Il participerait ainsi à la formation et à la préparation des plus jeunes à des tâches de responsabilité. Il est en effet nécessaire de réfléchir à la succession de l'actuel porteur du projet (âgé de 62 ans) qui ne doit pas être engagée trop tôt afin de ne pas gêner l'action en cours, ni trop tard pour réaliser une transition en douceur.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A+	A	B	A

Réponse de l'unité DynFluid au rapport d'expertise de l'AERES

Commentaires des équipes :

Les membres de la nouvelle unité DynFluid remercient le comité d'experts de l'AERES pour son travail d'analyse et ses recommandations constructives.

Les membres du laboratoire tiennent à souligner leur volonté d'instaurer une véritable coopération entre leurs trois équipes. Pour mieux organiser cette coopération, ils trouvent pertinente la suggestion de créer une structure transversale de modélisation numérique. Ils se proposent d'étudier la constitution, non pas d'une quatrième équipe, mais d'un groupe de travail transversal NUM qui coordonnerait le développement des diverses méthodes numériques et qui mènerait aussi une réflexion sur les codes de calcul utilisés (qu'ils soient créés au laboratoire ou acquis) ainsi que sur les besoins en calcul intensif dans le cadre des nouvelles architectures de calculateurs. Ce groupe de travail permettrait notamment de relever avec davantage d'ambition les défis des approches LES des écoulements turbulents. Cette orientation suppose évidemment un soutien résolu de l'établissement dans le domaine des moyens humains (enseignants-chercheurs et ingénieurs informaticiens) et des moyens de calcul.

Les membres de DynFluid sont également attachés à une bonne exploitation et un développement des moyens expérimentaux existants en vue de valider certaines modélisations théoriques développées dans les trois équipes. Ici aussi, des moyens humains et matériels seront nécessaires.

Les membres du laboratoire font remarquer que l'équipe 3 comporte une composante aéroacoustique, animée pas des chercheurs issus des deux laboratoires en cours de fusion, dont les activités ont été très peu commentées dans le rapport.

Enfin, concernant la gouvernance de DynFluid, les membres du laboratoire retiennent la proposition de constituer un comité de direction (composé du directeur, du directeur-adjoint et des responsables des trois équipes) et un conseil de laboratoire très large (regroupant tous les permanents et des représentants des doctorants et post-doctorants). Ils ont conscience de l'importance de définir ensemble les meilleures règles de fonctionnement du nouveau laboratoire.

Commentaire de JP Hautier, Directeur général : les deux équipes (LEMFI et SINUMEF) ont ainsi réalisé une construction pertinente en proposant le projet DynFluid. L'établissement sera attentif, au mieux des moyens publics dont il dispose à suivre ce projet, sachant que ceux-ci sont nécessairement contraints par la maquette pédagogique.

Validé le 9 avril 2009