

HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

Rapport du HCERES sur la structure fédérative :

Fluides, Énergie, Réacteurs, Matériaux et Transferts

FERMAT

sous tutelle des
établissements et organismes :

Institut National Polytechnique de Toulouse – INP
Toulouse

Centre National de la Recherche Scientifique – CNRS

Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse

Université Toulouse 3 – Paul Sabatier - UPS

HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

Pour le HCERES,¹

Didier HOUSSIN, président

Au nom du comité d'experts,²

Gilles TRYSTRAM, président du comité

En vertu du décret n°2014-1365 du 14 novembre 2014,

¹ Le président du HCERES "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5)

² Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2)

Fédération

Nom de la fédération :	Fluides, Energie, Réacteurs, Matériaux, Transferts de Toulouse
Acronyme de la fédération :	FERMAT
Label demandé :	Structure fédérative
N° actuel :	FR 3089
Nom du directeur (2014-2015) :	M. Jacques MAGNAUDET
Nom du porteur de projet (2016-2020) :	M ^{me} Martine MEIRELES

Membres du comité d'experts

Président :	M. Gilles TRYSTRAM, AgroParisTech
Experts :	M. Gilles FLAMANT (représentant du CoNRS)
	M. Christophe JOSSEMAND, Paris
	M. Jean-Baptiste SALMON, Bordeaux
	M. Éric SCHAER, Nancy
	M. Claude VERDIER, Grenoble

Délégué scientifique représentant du HCERES :

M. Jean-Pierre BRANCHER

Représentants des établissements et organismes tutelles de la fédération :

M. Germain GARCIA, INSA
M. Bertrand MONTHUBERT, UPS
M^{me} Marie-Yvonne PERRIN, CNRS
M. Bertrand RAQUET, INSA
M^{me} Sylvie ROQUES, CNRS
M. Alexis VALENTIN, UPS
M^{me} Catherine XUEREB, INPT

1 • Introduction

Historique de la structure, localisation géographique des chercheurs et description synthétique de son domaine d'activité

La structure FERMAT est issue de structures antérieures, initiées dès 1998 au sens de plateformes de recherche autour de trois laboratoires de recherche (LGC, LBB (devenu LISBP), IMFT). Structure fédérative en 2000, étendue en 2007 aux thèmes énergie et matériaux, FERMAT est actuellement une fédération de six laboratoires (CIRIMAT, IMFT, LAAS, LAPLACE, LGC, LISBP) sous les mots clés fluides, énergies, matériaux, réacteurs et transferts. La structure a progressivement enrichi ses thèmes dans un cadre institutionnel de fédération avec quatre tutelles : CNRS, UT3, INPT et INSA Toulouse. C'est la plus ancienne des fédérations de laboratoires sur Toulouse.

Equipe de direction

M. Jacques MAGNAUDET (DR CNRS), M^{me} Martine MEIRELES (DR CNRS), M. Frédéric RISSO (DR CNRS)

Effectifs propres à la structure

Il n'y a aucun effectif en propre, à l'exception de deux post-doctorants.

2 • Appréciation sur la structure fédérative

Avis global

La structure fédérative FERMAT regroupe six laboratoires : LGC, LAAS, CIRIMAT, LISBP, LAPLACE et IMFT. Cette fédération vise à mettre en commun des équipements de recherche, portés dans les laboratoires, au bénéfice du collectif FERMAT. Les laboratoires en présence abordent des systèmes complexes, couvrant un champ applicatif très vaste autour d'approches cognitives allant jusqu'aux applications en réel. Les phénomènes d'intérêt vont d'échelles locales à des visions système complet. Les laboratoires installent, développent et utilisent des procédés, des dispositifs et une métrologie très élaborée. Il s'agit de faire avancer quelques questions scientifiques qui sont abordées en interdisciplinarité (5 thèmes en cours actuellement). Une animation scientifique, une politique de communication et une gouvernance ad hoc ont été définies pour ce faire. La fédération joue un rôle très important dans la communauté toulousaine des laboratoires d'ingénierie, notamment grâce à (i) une animation scientifique de qualité et un esprit fédérateur entre divers laboratoires, (ii) la mutualisation d'équipements de pointe dédiés principalement à des projets reliés aux thèmes de FERMAT et (iii) la possibilité de financement de post-doctorants « partagés » entre différents laboratoires de la fédération.

L'organisation porte sur cinq thèmes (passage de 9 à 5 en cours de mandat).

Thème « Écoulements Polyphasiques »

Le thème écoulements polyphasiques aborde un large spectre de problématiques, généralement pluridisciplinaires liées à des écoulements mettant en jeu plusieurs phases, gazeuses, liquides et solides. L'activité s'appuie sur les compétences de trois laboratoires LGC, IMFT et LISBP et correspond à des recherches et compétences très reconnues. La production scientifique du thème est donc excellente avec plus de 23 thèses soutenues ou en cours, 17,5 années de post-doctorat dont quatre portées directement par FERMAT et un nombre très important de publications dans les revues de référence du domaine.

Il s'agit d'un thème pour lequel les collaborations entre les laboratoires sont anciennes et bien établies et la fédération FERMAT joue pleinement son rôle de soutien aux différentes actions à la fois par le financement de thèses et de post-doctorats, l'achat de matériels communs et le développement d'outils techniques et numériques.

Les recherches menées dans le cadre de la fédération s'articulent autour de quatre sous-thèmes : « suspensions et solutions complexes », « mélange et séparation polyphasiques », « transferts et réactions aux interfaces » et « dynamique et rhéologie des interfaces » qui sont repris dans le projet. L'organisation du thème est souple et efficace, favorisant les projets correspondant à des collaborations initiées directement par les chercheurs.

Les projets futurs s'inscrivent dans la continuité de ce qui est fait actuellement.

Thème « Ingénierie du vivant »

L'activité en biologie évolue dans un contexte local très fécond (Cancéropôle, LabeX Toucan, GIS MIBS) avec les partenaires du CHU ou des unités INSERM. Cette activité est en plein essor et le thème est animé par deux chercheurs. Si le LISBP est déjà au cœur de ce thème, d'autres laboratoires s'y initient, en particulier l'IMFT, le LAAS, et le LGC. Les thématiques développées récemment concernent les biomatériaux et tissus (vieillesse), les écoulements biologiques (sang, vésicules, capsules), le micromélange en milieu biologique (réacteurs) et l'adhésion des cellules et bactéries (biofilms). Elles se caractérisent par des approches menées à toutes les échelles, allant de la molécule jusqu'à l'échelle macroscopique. On note ainsi des publications de bon niveau issues de ces travaux, ou des thèses communes, en collaboration entre plusieurs équipes de laboratoires différents. L'animation scientifique a consisté en l'organisation de plusieurs rencontres thématiques. Ces thématiques ont pu bénéficier d'équipements communs ou disponibles dans les laboratoires, en particulier la plate-forme imagerie-vélocimétrie, un rhéomètre couplé à un microscope, un AFM, un microtomographe à rayons X et la plate-forme microfluidique.

Les acteurs de ce thème dans la fédération possèdent des compétences certaines, et il faut continuer à se regrouper entre membres de laboratoires différents pour faire émerger une plus-value, laquelle permettra de se positionner par rapport à la concurrence internationale qui est aujourd'hui très forte dans ces domaines. A ce titre, les laboratoires de la fédération possèdent de réels atouts quant à l'utilisation de techniques expérimentales (tomoX, vélocimétrie, microfluidique, etc.) en couplage avec la simulation numérique. Par ailleurs, les acteurs du thème « vivant » sont déjà très actifs à nouer des collaborations locales avec les unités INSERM ou le CHU, ce qui doit permettre d'afficher des thèmes prometteurs.

Thème « Matériaux et applications »

Le thème « Matériaux et applications » intègre un vaste domaine de recherche en science et ingénierie des matériaux allant de l'élaboration à la détermination des propriétés. Mais c'est dans le domaine de la caractérisation, en particulier de leurs surfaces, que la Fédération joue son rôle le plus constructif avec l'achat d'équipements de pointe : tomographe RX, AFM, DRX (incluant des mesures en température). Le CIRIMAT est responsable du fonctionnement de ces appareils qui sont utilisés par l'ensemble des laboratoires toulousains contribuant au thème : LGC, LAPLACE, LAAS, LGP et LCC. L'équipe d'animation (deux responsables) est très dynamique.

L'objectif principal du thème est de soutenir des projets de recherche interdisciplinaires en science des matériaux sans prioriser d'applications. Dans ce contexte, l'étude des relations entre structure et propriétés est le fil conducteur de l'activité et c'est l'angle sous lequel les équipements communs sont les plus utiles. A ce titre, le tomographe RX a trouvé des applications inédites (anthropologie), mais il doit avant tout servir la communauté FERMAT.

Le thème a mené 14 projets et comprend environ 60 membres. Les applications concernent l'électronique, l'aéronautique, les systèmes embarqués, la santé, le stockage et la conversion d'énergie (PV organique par exemple) ...

Les projets futurs sont dans la lignée des précédents, avec un soutien particulier aux thèmes couches minces et colloïdes (séchage), et aux matériaux pour le photovoltaïque.

Thème « Microfluidique et microréacteurs »

Ce thème traite de l'hydrodynamique et de l'étude des transferts couplés de matière et de chaleur au sein de microcanaux ou microsystèmes. Il concerne les écoulements monophasiques ou multiphasiques, avec d'éventuels changements de phases ou réactions chimiques, de l'analyse fondamentale aux applications, et couple approches expérimentales et numériques.

Les applications concernent notamment l'étude des écoulements aux nanoéchelles, dans le cadre de collaborations entre le LAAS, l'IMFT et le LMDC, la focalisation inertielle de microparticules, dans le cadre de collaborations entre l'ICA, l'IMFT, le LISBP et le LGC, ou encore le suivi de microécoulements gazeux à l'aide d'un banc de vélocimétrie par marquage moléculaire, dans le cadre de collaborations entre l'IMFT, l'ICA et le LGC. 11 doctorants et 3 post-doctorants ont participé à ce thème sur la période de référence, ce qui a conduit à de nombreuses publications. On notera aussi des collaborations internationales, avec le Karlsruhe Institute of Technology et Politecnico Milano réalisées dans le cadre du projet Européen GASMEMS, ainsi que la participation à 2 projets ANR.

Les perspectives proposées sont en cohérence avec les travaux développés, et concernent ainsi l'étude de nouveaux phénomènes couplés, pour des fluides rhéologiquement complexes ou encore l'extension des méthodes à l'analyse des transferts thermiques, à l'écoulement de particules d'intérêt biologique et l'analyse de microréacteurs chimiques.

Sur ce thème, le collectif FERMAT a une vraie valeur ajoutée par rapport aux potentiels des laboratoires pris indépendamment.

Thème « milieux poreux & colloïdes »

Les problématiques abordées concernent notamment (i) l'étude des phénomènes de colmatage (à l'échelle du pore) lors de la microfiltration de particules dures et molles (ex. bactéries), et (ii) la caractérisation 3D de milieux poreux (fibres...) par tomographie X. Ce thème a bénéficié de divers séminaires scientifiques organisés via la fédération (Analyse de morphologie 2010, Micro-TomoX 2013) et de l'organisation d'un atelier scientifique (l'AFM dans tous ses états). La production scientifique est importante et de bonne qualité. On compte 7 doctorants, 1 post-doctorant, de nombreuses publications,...

Ce thème bénéficie des compétences d'un département du LGC travaillant sur les couplages matière molle/ procédés et notamment filtration (GIMD). La fédération permet le rapprochement avec l'IMFT pour les modélisations hydrodynamiques, avec le LAAS pour la microfabrication de tamis de microfiltration, et le LISBP pour les problématiques « agro » associées. Le projet continue dans ces voies fort prometteuses, avec de nouvelles opportunités qui ne peuvent avoir lieu que grâce aux expertises des différents laboratoires associés (nanofabrication au LAAS, mesures d'interaction par AFM à l'IMFT,...) Le projet mentionne aussi le lien fort existant entre séchage et filtration, notamment concernant le cas des films colloïdaux. Ce thème devrait donc pouvoir avoir des liens avec le

thème « Matériaux & applications », car le séchage joue souvent un rôle important lors de la fabrication d'un matériau obtenu à partir du séchage d'un fluide complexe (encre colloïdale, solution polymères + nano-objets...).

En conclusion, la structure FERMAT est un excellent collectif, bien organisé, en vraie capacité de pilotage des interactions. C'est un dispositif utile sur Toulouse, dont les retombées scientifiques sont avérées. La qualité scientifique du réseau et des thèmes bénéficierait grandement de plus de moyens (thèses + post-doctorants), lui assurant une plus grande autonomie encore, et renforçant encore plus les collaborations entre les laboratoires partenaires. Le rayonnement des laboratoires bénéficie largement de la visibilité et des actions de la fédération. La mutualisation d'instrumentation scientifique haut de gamme est une valeur ajoutée certaine apportée aux laboratoires par FERMAT. La concentration en cinq thèmes est très pertinente et il existe des synergies entre thèmes qu'il sera pertinent de faire jouer. La quarantaine de projets actifs montre le dynamisme fort que jouent collectivement les scientifiques au sein de la fédération.

Points forts et opportunités

La fédération joue un rôle très important dans la communauté toulousaine des laboratoires d'ingénierie. Ce rôle est historiquement bien installé et se fonde sur la qualité des six laboratoires qui composent la fédération. Les autres éléments significatifs sont notamment (i) une animation scientifique de qualité et un esprit fédérateur entre divers laboratoires, (ii) la mutualisation d'équipements de pointe dédiés principalement à des projets reliés aux thèmes de FERMAT et (iii) la possibilité de financement de post-doctorants « partagés » entre différents laboratoires de la fédération. Les points forts sont (i) la grande visibilité de cette fédération auprès de la communauté toulousaine et auprès des différentes tutelles et instances de recherches, (ii) la qualité scientifique du consortium, (iii) la quantité et la qualité des outils et techniques d'analyse mis en commun (Plate-forme d'Imagerie et de Vélocimétrie, constituée d'un parc de Laser et de caméras, Plate-forme d'Imagerie et de Caractérisation pour les Matériaux et les Milieux Divisés, constituée d'un diffractomètre à rayons X, d'une micro-tomographie X ou encore d'un spectroscope par analyse dispersée en énergie) dont les acquisitions n'auraient pu être envisagées par les laboratoires seuls et (iv) les outils de communication mis en place (ex. : site web, gestion des instruments partagés, etc.).

Le rôle de l'équipe de direction est à souligner pour sa qualité et sa pertinence.

Les opportunités pour cette fédération sont multiples : (i) nouveaux recrutements sur Toulouse de chercheurs dans les laboratoires d'ingénierie liés à FERMAT sur des thèmes de la fédération, (ii) possibilités « d'effet de levier » lors d'appels à projets nationaux & locaux, (iii) l'appel CPER à venir pour l'achat de gros équipements. Enfin, l'IDEX de Toulouse, sa structuration et le ou les rôles futurs de la COMUE devraient bénéficier de l'expérience de la fédération FERMAT, qui elle-même devrait y trouver des compléments de financement de l'instrumentation scientifique supportée.

Points faibles et risques

Le principal point faible de la fédération est le manque de moyens importants (et pérennes) pour financer des recrutements de moyens humains (un seul contrat post-doctoral / an à l'heure actuelle) et de personnel administratif. La qualité scientifique du réseau et des thèmes bénéficierait grandement de plus de moyens (thèses + post-doctorants), lui assurant une plus grande autonomie et renforçant encore plus les collaborations entre les laboratoires partenaires. Le second risque, comme mentionné par la direction, vient de la diversification et de la complexification des structures de recherche pouvant à terme « cacher » la fédération FERMAT. Le troisième risque provient des fluctuations des appels à projets qui peuvent mener à des années « sans moyens » pour dynamiser les collaborations. Enfin, le dernier risque repose sur l'importance (comme mentionné par le directeur) des « bonnes relations » actuelles entre les directions de laboratoires pour le bon fonctionnement de la fédération (ce qui pourrait changer).

La position de la tutelle INSA apparaît ambiguë et est de fait une faiblesse avec un manque de financement pour aider au fonctionnement.

La question de la jouvence et de l'évolution des équipements, hors CPER est aussi une faiblesse potentielle, que l'équipe de direction doit prendre en compte.

Recommandations

La poursuite des activités de la fédération est une évidence au vu de la plus-value apportée aux laboratoires. Maintenir un haut niveau d'animation, de transfert de résultats apparaît nécessaire. Quelques points forts doivent s'inscrire dans le futur de cette fédération : (i) le potentiel collectif sur des thèmes d'intérêt à la fois en termes de connaissances fondamentales et en capacité applicative est fort. Il faut donc se rendre encore plus visible auprès des scientifiques en interne et auprès de partenaires socio-économiques en externe ; (ii) travailler le modèle économique en prenant bien en compte la jouvence des équipements disponibles ; (iii) la maîtrise d'une dispersion possible autour des plates-formes dont la fonction première doit être d'alimenter les chercheurs des unités associées à la fédération.