

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE :

Fluides, Énergie, Réacteurs, Matériaux et  
Transferts – FERMaT

## SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Institut National Polytechnique de Toulouse - INP  
Toulouse

Institut National des Sciences Appliquées de  
Toulouse

Université Toulouse 3 - Paul Sabatier - UPS

Centre National de la Recherche Scientifique -  
CNRS

---

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2019-2020**  
**VAGUE A**



Pour le Hcéres<sup>1</sup> :

Nelly Dupin, Présidente par  
intérim

Au nom du comité d'experts<sup>2</sup> :

Patrick Le Quéré, Président du  
comité

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

<sup>1</sup> Le président du Hcéres "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5) ;

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

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. Les données chiffrées présentées dans les tableaux de ce rapport sont extraites des fichiers déposés par la tutelle dépositaire au nom de la structure fédérative.

## PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE

<b>Nom de la fédération :</b>	Fluides, Énergie, Réacteurs, Matériaux et Transferts
<b>Acronyme de la fédération :</b>	FERMaT
<b>Label et N° actuels :</b>	FR CNRS 3089
<b>ID RNSR :</b>	201119585V
<b>Type de demande :</b>	Renouvellement
<b>Nom de la directrice (2019-2020) :</b>	M <sup>me</sup> Martine MEIRELES- MASBERNAT
<b>Nom du porteur de projet (2021-2025) :</b>	M Pascal GUIRAUD

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

<b>Président :</b>	M. Patrick LE QUERE, CNRS Orsay
<b>Experts :</b>	M <sup>me</sup> Corinne CHAMPEAUX, Université de Limoges
	M <sup>me</sup> Isabelle CHEVALOT, Université de Lorraine
	M. Olivier POULIQUEN, CNRS Marseille

## REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Jean-Paul BONNET

## REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ

M<sup>me</sup> Catherine COLIN, Toulouse INP  
M. Christophe CHASSOT, INSA Toulouse  
M. Fabien GODFERD, CNRS INSIS  
M<sup>me</sup> Virginie MAHDI, CNRS Occitanie Ouest

## INTRODUCTION

### HISTORIQUE ET LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES CHERCHEURS

La fédération FERMAT a été créée en 1998 pour développer des recherches mettant en synergie, autour de projets collaboratifs inter-unités de recherche, les compétences disciplinaires de trois unités dans le domaine des sciences de l'ingénieur, l'IMFT, le LGC, le LISBP. Soutenue dans un premier temps par un Plan Pluri Formation du MENSUR (Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche) et reconnue en tant que structure fédérative par le Ministère en 2000, la fédération s'est élargie vers le CIRIMAT, le LAPLACE et au LAAS, lors de sa reconnaissance par le CNRS au 1<sup>er</sup> janvier 2007. La fédération a été renouvelée pour la première fois en 2015 et son périmètre s'est élargi à trois autres unités, l'ICA en 2012, le LMDC en 2016 et l'IMRCP en 2017. Ces unités de recherche dépendent actuellement de trois tutelles locales (INPT, INSAT, UT3) et pour huit d'entre elles au plan national du CNRS. Les huit UMR ou UPR sont rattachées à trois instituts du CNRS, l'INSIS, l'INC et l'INS2I. Les chercheurs sont répartis sur les campus de l'INPT, l'INSAT et l'UT3 ainsi que sur le site de Banlève.

### DIRECTION DE LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE

Directrice M<sup>me</sup> Martine Meireles-Masbernat, directeur adjoint M. C. Tenailleau.

### NOMENCLATURE HCÉRES

ST5 : Sciences pour l'Ingénieur.

### DOMAINE D'ACTIVITÉ

Les missions principales de la fédération sont d'impulser et de soutenir des projets collaboratifs inter-unités de recherche, et d'assurer une animation scientifique soutenue de la communauté qu'elle fédère et de ses interfaces. Au-delà de cette mission d'animation scientifique, elle s'est également donnée comme rôle de mutualiser des équipements de premier plan, s'imposant comme un acteur essentiel pour le portage de projets collectifs, principalement tournés vers l'acquisition d'équipements d'un montant dépassant les capacités d'une unité de recherche seule, notamment dans le cadre du CPER. Enfin sa mission est de promouvoir la visibilité de la recherche toulousaine au plan national et international.

La fédération est actuellement structurée autour de cinq thèmes scientifiques qui couvrent un large spectre. Aux thèmes historiques « Écoulements polyphasiques », « Microfluidique et microréacteurs » et « Milieux poreux et colloïdes », se sont plus récemment ajoutés « Matériaux et applications » et « Ingénierie pour le vivant ».

### EFFECTIFS PROPRES DE LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE

La fédération n'a pas d'effectif propre. Les moyens dont elle dispose ont permis d'accueillir neuf post-doctorants, qui ont été recrutés en CDD post-doctorant par deux des co-tutelles (7 INPT / 2 CNRS).

## AVIS GLOBAL SUR LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE

Comme le montre l'analyse détaillée des différentes thématiques qui est présentée dans la suite du rapport, la fédération FERMAT affiche un bilan extrêmement positif dans la communauté toulousaine des sciences de l'ingénieur au sens large, notamment en termes d'animation scientifique pluridisciplinaire dans son périmètre ainsi que dans la politique d'acquisition d'équipements scientifiques mutualisés. En matière d'animation scientifique, le succès de son action est en grande partie dû aux moyens importants dont elle a disposé. Il s'agit à la fois du soutien récurrent en provenance de ses cotutelles mais également à des moyens exceptionnels liés à la COMUE toulousaine, moyens qui ont permis d'accompagner les projets qui lui étaient soumis, et de soutenir des post-doctorants en particulier. En matière d'équipements mutualisés, la fédération a joué un rôle déterminant, en tant que « bras armé » des unités de recherche qui la composent, pour l'acquisition d'équipements de pointe, dont certains n'existent qu'à quelques exemplaires au plan national et européen. Ces équipements ont été accompagnés par le recrutement, grâce à l'appui des tutelles, de personnels hautement qualifiés, conférant à la communauté toulousaine un positionnement différenciant.

Cette dynamique collective, qui nécessite une confiance réciproque entre la fédération et les unités de recherche et une bonne entente entre les unités elles-mêmes, repose sur un dialogue constant entre tous les acteurs. Ceci a manifestement été le cas sur la période d'évaluation, et est donc à saluer.

Au moment où différents dispositifs qui ont assuré des moyens conséquents à la fédération et qui ont assuré son attractivité locale vont disparaître, il est recommandé que la fédération se rapproche des tutelles pour anticiper ces évolutions, par exemple en augmentant de manière significative les soutiens récurrents.

## ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE LA STRUCTURE FÉDÉRATIVE

**NB : CETTE PARTIE DU RAPPORT EST CONFIDENTIELLE. ELLE N'EST DIFFUSÉE QU'AUX TUTELLES ET AUX MEMBRES DE LA FÉDÉRATION.**

### PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le dernier rapport d'évaluation considérait que la poursuite des activités de la fédération s'imposait comme une évidence au vu de la plus-value apportée aux unités de recherche, Il recommandait de maintenir un haut niveau d'animation et de transfert de résultats, en attirant l'attention sur trois points forts pour le futur :

*(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 le rendre encore plus visible auprès des scientifiques en interne et auprès de partenaires socio-économiques en externe ;*

Dans son nouveau document d'auto-évaluation, il apparaît que la fédération a poursuivi et amplifié son travail d'animation scientifique de la communauté toulousaine en accueillant quatre nouvelles unités de recherche dont les chercheurs et enseignants-chercheurs se sont fortement impliqués dans plusieurs des cinq thématiques de recherche. La fédération, par sa double mission d'animation et de portage de l'acquisition d'équipements mutualisés, a confirmé son rôle d'acteur important, sinon maintenant incontournable, de la communauté scientifique toulousaine du domaine des sciences de l'ingénieur.

*(ii) travailler le modèle économique en prenant bien en compte la jouvence des équipements disponibles ;*

Comme recommandé, la fédération a mis en place, en interaction avec les unités de recherche qui hébergent les équipements mutualisés, une grille tarifaire de leur utilisation, distinguant trois niveaux : la mise à disposition pour les projets soutenus par la fédération, les besoins propres des unités, et les prestations externes. Ces ressources permettent en particulier de couvrir en partie les besoins en fonctionnement.

*(iii) la maîtrise d'une dispersion possible autour des plateformes dont la fonction première doit être d'alimenter les chercheurs des unités associées à la fédération.*

Cette question est résolue par la manière même dont sont déterminés les projets d'acquisition de nouveaux équipements.

### BILAN DE L'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE ISSUE DE LA SYNERGIE FÉDÉRATIVE

La fédération est actuellement structurée autour de cinq thèmes scientifiques qui couvrent un large spectre scientifique. L'ensemble de ces thématiques mobilise environ 180 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents des unités, au sein d'environ 40 projets de recherche, qui impliquent systématiquement au moins deux unités de recherche de la fédération. Chaque thème bénéficie d'une grande autonomie pour organiser son animation scientifique interne, prioriser les projets qu'il fait remonter, procéder au remplacement de son ou de ses responsables, la fédération assurant une animation scientifique plus globale notamment via l'organisation d'une journée annuelle interne de présentation de l'avancement des projets qu'elle soutient, journée à laquelle les tutelles sont invitées.

La fédération s'appuie sur un dispositif de gouvernance constitué d'une équipe de direction, d'un conseil de la fédération comprenant la direction, les responsables de thèmes et les représentants des unités qui la composent. Elle entretient une interaction suivie avec les DU des unités de recherche pour assurer la coordination globale des activités, notamment en ce qui concerne le personnel technique des unités affectés sur les équipements dont elle a soutenu ou porté l'acquisition.

La fédération bénéficie de moyens financiers récurrents des tutelles d'environ 95 k€ par an, budget sur lequel elle prélève environ 45 k€ pour la rémunération d'un post-doctorant affecté à l'un des projets retenus. Le reste du budget sert à assurer l'animation (journées, colloques...), à soutenir de nouveaux projets démarrants (package démarrage), ainsi qu'à participer à la maintenance et au fonctionnement des plateformes mutualisées. Elle bénéficie également de soutiens spécifiques dans le cadre d'AAP des tutelles ou des macrostructures qui structurent son environnement local (COMUE). Elle a bénéficié notamment de soutiens financiers du CNRS pour l'accueil de post-doctorants. Elle a également bénéficié de deux chaires d'attractivité de l'IDEX, qui se sont montées globalement à près de 1,7 M€, se concrétisant par le recrutement de six post-doctorants et de six doctorants.

Une des actions majeures de la fédération concerne le soutien à l'acquisition de moyens expérimentaux lourds. La fédération joue notamment un rôle central dans le portage, au nom des unités qui la composent, des demandes au CPER. Elle a notamment coordonné le projet IMATEC-BIO sur la période 2015-2020. Les

financements obtenus ont permis l'acquisition de quatre équipements de pointe, dont certains d'entre eux n'existent qu'à quelques exemplaires à l'échelle nationale, ce qui constitue à l'évidence un élément de différenciation remarquable pour le site toulousain. Ces quatre équipements sont : un équipement de diffusion de rayons X aux petits angles, 600 k€, installé dans une salle commune CIRIMAT-LGC ; une chaîne de tomographie d'imagerie de particules 4D (TomoPIV 4D), 750 k€, installée à l'IMFT ; un laser à gamme spectrale continue, 110 k€, installé au LGC ; et un équipement de tomographie à rayons X ESAYTOM XL, 320 k€, installé à l'IMFT. Ces équipements sont installés dans les locaux des unités de recherche, et ont nécessité pour certains des aménagements spécifiques. Ils sont opérés par des personnels qualifiés, ingénieur de recherche en général, qui assurent l'encadrement et la formation des chercheurs permanents et non-permanents qui les utilisent. Ces équipements mutualisés sont mis prioritairement au service des projets soutenus par la fédération, mais peuvent également servir à d'autres projets, voire à des prestations externes. Des grilles tarifaires ont notamment été établies pour abonder tout ou partie des moyens nécessaires à leur maintenance et à leurs besoins de fonctionnement propre. Le bon fonctionnement du dispositif demande une interaction constante entre tous les acteurs, notamment entre la fédération, les DU des unités de recherche, les porteurs de projet et les personnels chargés de leur mise en œuvre, ce qui semble effectivement avoir été le cas sur la période écoulée.

La fédération promeut son action et sa visibilité *via* différents moyens de communication, assurant notamment la mise à jour de son site web et l'édition d'une newsletter semestrielle, diffusée aux personnels des unités, ainsi qu'aux tutelles et aux collectivités territoriales. Elle assure par ailleurs une animation scientifique collective *via* des journées thématiques (une par an) et colloques (deux en quatre ans). Un de ces colloques a été à l'origine de la constitution d'un réseau de collaboration franco-allemand sur les métrologies non-invasives pour les écoulements gaz-liquides non-réactifs et réactifs, donnant lieu à l'émergence de quelques projets collaboratifs franco-allemands, suscitant le soutien de la DFG.

L'ensemble des projets soutenus s'est concrétisé par plus d'une centaine d'articles RICL et plus de 110 communications avec actes. Il est à noter qu'une charte de bonne pratique a été mise en place pour inciter les bénéficiaires de projets à faire apparaître explicitement la fédération FERMaT dans la signature de leurs publications.

## RÉALITE ET QUALITÉ DE L'ANIMATION SCIENTIFIQUE

### Thème « Écoulements Polyphasiques »

Le thème « écoulements polyphasiques » aborde des sujets variés autour de 18 actions collaboratives et pluridisciplinaires, qui sont organisées autour de trois sous thèmes : - « Les transferts, réactions et interactions aux interfaces », qui traite de problèmes gaz liquides, de dissolution de gaz aux interfaces, de dynamiques de tensioactifs en écoulements ; - « les écoulements chargés en particules » qui traite de problématique de suspensions et lits fluidisés et enfin - « Les écoulements aux propriétés complexes » qui traite des problèmes de filtration membranes, de milieux cellulaires. Ce dernier sous-thème, dont le titre mériterait d'être précisé, semble moins riche que les deux autres. Certaines des actions sont sans doute à rapprocher également du thème « Milieux poreux et Colloïdes » qui traite également de fluides complexes et particulaires.

Les approches développées sont à la fois numériques et expérimentales utilisant certains des équipements de la fédération (méthodes de PIV, PLIF...). Les travaux se caractérisent par la grande gamme d'échelles traitées, allant des processus à l'échelle d'une bulle aux études de réacteurs.

Cinq des neuf unités de la fédération participent à ce thème, avec une prépondérance du LGC, de l'IMFT et du LISBP, montrant la dynamique entre mécanique des fluides, génie des procédés et biotechnologie. Cela représente 40 participants permanents, 18 thèses sur la période, 17 années de post-doc dont six financées par la fédération, cinq chercheurs invités. Ce thème a bénéficié d'une chaire d'attractivité de l'IDEX obtenue par un professeur invité de l'Iowa State University, spécialiste reconnu en dynamique des fluides polyphasiques et en mathématiques appliquées, chaire qui a fourni des moyens conséquents (deux post doc et deux thèses). La production scientifique issue des collaborations au sein de ce thème montre la vivacité et la qualité des recherches, avec, en moyenne, près de dix publications par an dans les revues des différents domaines et sept conférences internationales. Cette production atteste de la large pluridisciplinarité de la fédération. Il est clair que cette thématique historique de la fédération poursuit son développement dynamique engendrant des collaborations effectives qui bénéficient des investissements communs de métrologie.

Le projet s'inscrit dans la continuité, avec un accent mis sur des développements métrologiques (suivi de tensioactifs, nano-sondes), ainsi que des sujets novateurs comme l'interaction fluide-plasma.

## **Thème « Micro-fluidique et micro-réacteurs »**

Le thème « micro-fluidique et micro-réacteurs » développe des recherches dont l'objectif est d'accompagner l'essor remarquable des dernières années dans le développement des technologies micro-fluidiques dans un grand nombre de secteurs applicatifs comme la biologie, la chimie, l'aéronautique, la médecine et la pharmacie ou encore l'environnement.

Les aspects fondamentaux de ces recherches sont liés aux effets d'échelles modifiant les équilibres habituels entre forces de volume et forces de surface dans les systèmes macroscopiques. Ils concernent la modélisation fine des forces surfaciques et interfaciales et leurs couplages, éventuellement accompagnées de changement de phase ou de réactions chimiques. Ces études requièrent des approches multi-physique et multi-échelle. Les projets concernent la micro-thermométrie par marquage moléculaire, l'intensification des transferts de matière gaz-liquide, les micro-écoulements gazeux par marquage moléculaire, les suspensions de particules inertes et biologiques dans les micro-canaux, la micro-fluidique supercritique, ou encore les transferts thermiques à l'aide de micro-oscillateurs fluidiques.

Ces recherches se caractérisent par un très fort couplage entre approches expérimentales et numériques et se situent à l'interface de plusieurs disciplines, mécanique des fluides, physico-chimie, microbiologie en étroite association avec les techniques de micro-fabrication. Elles nécessitent des développements métrologiques spécifiques qui positionnent le thème de manière transversale au sein de la fédération, en amont au sens méthodologique des autres thématiques.

Sur la période récente les cinq (ou six) projets en cours font collaborer environ 40 chercheurs de six des unités de recherche qui composent la fédération (IMFT, LGC, LAAS, TBI, RAPSODEE et ICA). Une des dernières unités ayant rejoint récemment la fédération (ICA) est impliquée de manière significative, justifiant ainsi la pertinence de cet élargissement. Les travaux, qui ont globalement donné lieu à 10 publications RICL et à 21 conférences avec actes, se sont déroulés dans le cadre de 10 thèses de doctorat et de deux post-doctorants soutenus par la fédération.

Les projets ont été à l'origine d'avancées scientifiques notables tant dans la phénoménologie des phénomènes (organisation de la distribution spatio-temporelle de particules inertes ou biologiques dans des micro-canaux par exemple) que dans le développement de techniques expérimentales spécifiques aux échelles considérées (marquage moléculaire, micro-thermométrie). Ces études ont bénéficié du support accordé par la fédération. En termes d'animation, il a été organisé une journée thématique sur la micro-fabrication, en 2018, qui a rassemblé environ 70 chercheurs, au-delà des personnes recensées dans le thème, démontrant ainsi la transversalité du sujet et son intérêt.

Le projet présenté par la thématique consiste à poursuivre les projets existants en les faisant évoluer vers des problématiques plus complexes, et de susciter de nouveaux projets comme par exemple le pompage des gaz par transpiration thermique ou l'utilisation de la vaporisation comme moteur d'une agitation sans parois mouvantes.

En termes d'animation scientifique, il est prévu d'organiser à court terme une journée scientifique sur les méthodes optiques pour la micro-fluidique, sujet au cœur des développements métrologiques de la thématique.

## **Thème « Milieux poreux et colloïdes »**

Le thème « Milieux poreux et colloïdes » anime les projets de recherches variés structurés autour de trois axes : « formation, structuration et propriétés de transfert d'un dépôt de particules » qui traite de filtration ; « relations entre structures et propriétés de transport dans les milieux poreux » ; « synthèse d'objets colloïdaux par voie physico-chimique et compréhension de leurs stabilité, réactivité et propriétés de phase ». Des liens forts existent avec les autres thèmes de la fédération, notamment le thème écoulements polyphasiques qui traite également d'écoulements complexes.

Les projets développés bénéficient grandement des investissements de la fédération avec une utilisation importante des microtomographes X et SAXS pour la caractérisation de la structure des milieux poreux ou des suspensions colloïdales. Un volet numérique est également développé au sein du thème.

L'ensemble des neuf unités de la fédération participe à ce thème, avec une majorité de permanents provenant du LGC et de l'IMFT. Cela représente 37 participants permanents, sept thèses sur la période, quatre années de post-doc. Ce thème a bénéficié pour l'axe sur les colloïdes d'une chaire attractivité de l'IDEX obtenue par un professeur du Levich Institute, CUNY (NY, USA), chercheur internationalement reconnu en modélisation et simulation des fluides complexes. Cette chaire a permis de financer quatre post doc et deux thèses, ce qui représente un apport conséquent au regard des moyens récurrents de la fédération. Le thème « milieux poreux et colloïdes » est très dynamique avec une animation basée sur des rencontres régulières tous



les deux ou trois mois, des journées thématiques. La production scientifique issue des collaborations au sein de ce thème est de très bonne qualité.

Le projet s'inscrit dans la continuité mais avec de nombreux sujets nouveaux, interdisciplinaires dont beaucoup impliquent un volet physico-chimique. La réflexion sur le futur est également bâtie sur les outils de métrologie performants qu'offre la fédération, et sur ceux qu'il faudrait acquérir dans le futur (confocale, nouveau tube X). Ce thème est donc en pleine évolution avec de nouvelles thématiques et de nouvelles collaborations, ce qui illustre le rôle joué par la fédération FERMaT dans la dynamique du site toulousain.

### **Thème « Matériaux et Applications »**

Le thème « Matériaux et applications » se concentre sur des activités de synthèse, élaboration et caractérisation de matériaux, en vue d'applications variées, relevant principalement des domaines de l'énergie. Des personnels de douze unités, dont sept de la fédération FERMaT interviennent dans ce thème, les implications les plus importantes concernent les unités CIRIMAT, LAPLACE et LAAS.

Les actions de recherche concernent l'élaboration de matériaux, leur caractérisation physico-chimique, jusqu'à, si possible dans le contexte de la fédération, l'intégration dans des composants permettant l'exploitation de leurs propriétés spécifiques. Les études menées sur les corrélations entre structures et propriétés mettent notamment à profit les équipements communs acquis à travers la fédération (SAXS, micro tomographies).

Dix-huit projets ont été menés dans ce thème sur la période, dont six sont en cours autour du développement de matériaux par procédés ALD, oCVD, MOCVD et plasmas froids...

Le rôle affiché de cette thématique s'inscrit dans une démarche de détection de nouveaux projets et de leur soutien à travers une aide à la demande de petits matériels, de préparation pour les réponses à AAP de la fédération ainsi que dans une animation scientifique incluant, pour la période de référence, l'organisation de réunions et d'une journée thématique (Photovoltaïque, 2017).

Cette thématique a bénéficié de trois financements de thèses, toutes co-encadrées par des personnels de deux unités différentes et de deux post-doctorats d'une année chacun, émergeant également sur deux unités différentes.

La production scientifique référencée pour la thématique est de vingt-deux articles publiés et vingt-deux communications dans des conférences, dont deux publications et sept communications issues des thèses et post-doctorats financés. Naturellement, elle s'adresse en particulier à des journaux des domaines des matériaux, films minces et interfaces, et de l'ingénierie des procédés d'élaboration.

La volonté inscrite dans le projet, outre la poursuite des projets engagés, est de s'intéresser à l'évolution des propriétés physiques, chimiques des matériaux sous sollicitations (contraintes thermiques, mécaniques, en atmosphères complexes, ainsi que vieillissement)... i.e. au plus proche des conditions de fonctionnement ainsi qu'au développement de nanomatériaux en adéquation avec les exigences environnementales et énergétiques actuelles.

Ce thème bénéficie tout particulièrement de l'évolution constante des besoins en termes de matériaux et de leurs applications, auxquels s'ajoutent les nouvelles possibilités et procédés de fabrication. D'ores et déjà de nombreuses collaborations, pour certaines pérennes, sont effectives et les unités impliquées dans ce thème dépassent largement le périmètre affiché de la fédération. Un des réels bénéfices de cette dynamique pourrait se traduire par la définition de projets scientifiques d'envergure différentiels mettant en avant les spécificités des recherches autour de cette thématique dans le cadre de la fédération, voire plus largement sur le site toulousain.

### **Thème « Ingénierie pour le vivant »**

Le thème Ingénierie pour le vivant vise la mise en œuvre de systèmes vivants par une approche multi-échelle. Les domaines applicatifs sont larges : agroalimentaire, énergies nouvelles, environnement et santé. Ce dernier thème a pris de l'ampleur durant la dernière période, avec des orientations vers la mécanobiologie et les biomatériaux pour la santé. Des actions ont également été poursuivies à l'interface de l'hydrodynamique et des bioprocédés en lien avec les bioréacteurs et les biofilms. Quelques actions principales de ces dernières années peuvent être citées telles que l'étude des interactions des nanoparticules d'argent avec des cibles biologiques (protéines/cellules) lesquelles sont impliquées dans les mécanismes de formation des biofilms ; la modélisation avancée des bioréacteurs avec le couplage de modèles hydrodynamiques, de population et de dynamique métabolique a également été un projet phare; enfin, la mécanobiologie de la croissance tumorale en site osseux a aussi été abordée avec la caractérisation des propriétés poromécaniques de milieux poreux issus de tissus biologiques, de biomatériaux, mais également de milieux poreux biomimétiques.

Une des recommandations de l'évaluation précédente était d'accroître la visibilité des thèmes forts d'intérêt : cette recommandation a été bien suivie par le thème « Ingénierie pour le vivant » avec l'attribution en 2016 d'une Chaire d'Attractivité de l'IDEX accordée à un professeur de l'Iowa State University (« *Biological, Reacting, Multiphase Flows* »). Les travaux associés à cette chaire ont permis de développer des outils et méthodes mathématiques dans le domaine des bioréacteurs et des lits fluidisés.

Le bilan de ce thème est très positif avec un fort accroissement des activités puisqu'il mobilise 25 chercheurs/enseignants-chercheurs issus de huit unités différentes et a permis de soutenir six doctorats (thèse bipartite) dans la période, ainsi que cinq post-doctorats. Près d'une dizaine d'actions de recherche ont été menées ainsi que l'organisation d'un symposium international sur la biophysique de l'adhésion microbienne et une journée thématique FERMAT « Ingénierie et Biofilms ». En termes de valorisation scientifique, le bilan fait état de neuf publications conjointes dans des revues internationales à comité de lecture et sept conférences dans des congrès internationaux. Par ailleurs, le rayonnement au niveau européen s'est accru avec l'obtention de deux ERC par deux chercheurs actifs dans le thème (*Consolidator 2013/Proof of Concept 2018 : Brain Microcirculation et Starting grant 2018 : Bacterial biofilms in porous structures : from biomechanics to control*). Cette dynamique remarquable portée par les membres du thème devrait se traduire par une valorisation scientifique conséquente et accroître encore le rayonnement de ce thème aux niveaux national et international ainsi que sa visibilité vis-à-vis des partenaires industriels.

En termes d'équipements mutualisés, le thème Ingénierie pour le vivant a porté, dans le cadre du CPER IMATEC-BIO, l'acquisition un Tomographe EasyTom XL dont la chambre de travail, permettant l'imagerie d'échantillons de dimension importante.

Les perspectives du thème visent la poursuite de la dynamique de recherche autour des systèmes vivants, fédérant de nombreuses équipes du site toulousain ; afin de continuer l'acquisition d'équipements de pointe mutualisés, l'achat d'un microscope confocal nouvelle génération pour l'étude des écoulements et des transferts est prévu.

D'autres projets sont également prévus dans la thématique biofilm-bioadhésion et plus largement autour des interactions cellules-interface (solide ou gazeuse) en vue notamment de concevoir de nouveaux revêtements nano-composite efficaces contre la formation de biofilms. Les approches développées à l'interface mathématique-modélisation-biologie sont également au cœur de plusieurs futurs projets avec des méthodologies de réduction de modèle pour l'hydrodynamique et pour la dynamique métabolique.

## PERTINENCE ET QUALITÉ DES SERVICES TECHNIQUES COMMUNS

Sans objet, car il n'y a pas de service technique commun, les matériels étant opérés par les unités qui les hébergent.

## DEGRÉ DE MUTUALISATION DES MOYENS DES UNITÉS

Sans objet, car les unités ne partagent que marginalement les moyens.

## PERTINENCE DU PROJET DE STRATÉGIE SCIENTIFIQUE, COMPLÉMENTARITÉ / INSERTION PAR RAPPORT AUX AUTRES STRUCTURES FÉDÉRATIVES PRÉSENTES SUR CE SITE

Au moment où la fédération va changer de direction, il paraît important de rappeler que la fédération doit clairement rester positionnée comme le « bras armé » de la collectivité des unités de recherche qui la composent, en restant étroitement coordonnée avec ceux-ci. Ce positionnement est par essence délicat et repose sur la bonne entente des directions d'unités entre elles. La fédération a également indubitablement un rôle important à jouer en formalisant et faisant connaître une offre de recherche pluridisciplinaire au regard des grands enjeux applicatifs de la SNRI et en jouant un rôle d'interface entre les unités et le monde socio-économique au sens large, en se gardant toutefois de faire écran aux unités de recherche dans les relations que celles-ci entretiennent avec le monde socio-économique et les diverses institutions ou organisations structurantes à l'échelle régionale.

Sur le plan interne, la fédération doit veiller à maintenir une sous-structuration thématique lisible, en veillant à éviter, autant que faire se peut, les redondances entre les sous-thèmes. Elle doit également veiller à affirmer sa spécificité scientifique et à soutenir des projets différenciateurs, pour lesquels une plus-value soit clairement identifiable à l'échelle nationale, voire internationale. Enfin, s'il est clair que la fédération attire, par sa nature de creuset interdisciplinaire, des communautés connexes, elle doit veiller à ce que cet élargissement bénéficie à son périmètre thématique initial.

## DÉROULEMENT DE LA VISITE

### DATE DE LA VISITE

**Début :** 17 janvier 2020 à 8h15

**Fin :** 17 janvier 2020 à 14h00

### LIEU DE LA VISITE

**Institution :** IMFT

**Adresse :** 2 Allée du Professeur Camille Soula, 31400 Toulouse

### DÉROULEMENT OU PROGRAMME DE VISITE

Lieu : Site de l'IMFT

08h15-08h30	Accueil du comité
08h30-09h00	Présentation du bilan (DU FERMaT) (M. Meireles, C. Tenailleau) (30')
09h00-10h00	Bilan et Perspectives de 3 thèmes scientifiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Écoulements polyphasiques (R. Ansart) (20')</li> <li>- Milieux poreux et Colloïdes (A. Bouchoux) (20')</li> <li>- Microfluidique et microréacteurs (S. Colin) (20')</li> </ul>
10h00-10h40	Focus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude du transfert de matière autour d'une bulle par des métrologies spécifiques (pres. K. Loubière p) (20')</li> <li>- Diffusion de rayons X : exemples d'études structurales (pres. P. Roblin) (20')</li> </ul>
10h40-10h50	Pause (10')
10h50-11h10	Visite Instrumentation (20') et Focus TomoX <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poromécanique de milieux poreux « vivants » (Pres. P. Assemat)</li> </ul>
11h10-12h00	Bilan et Perspectives des 2 thèmes scientifiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériaux et applications (Z. Valdez) (20')</li> <li>- Ingénierie pour le vivant (S. Lorthois) (20')</li> </ul>
12h00-12h20	Focus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modélisation avancée des bioréacteurs (pres. J. Morchain) (20')</li> </ul>
12h20-12h30	Focus - titre à confirmer (pres Jeff Morris) (10')
12h30-13h00	Rencontre avec les représentants des tutelles (20') <i>Présents : comité experts, conseiller scientifique, représentants des tutelles</i>
13h00-13h30	Déjeuner avec les représentants des tutelles (30') et responsables de thème <i>(comité experts, délégué scientifique, représentants des tutelles et responsables de thème)</i>
13h30-13h45	Présentation du projet (P. Guiraud) (20')
13h45-14h00	Rencontre comité avec la future direction de structure fédérative (15') <i>Présents : comité experts, conseiller scientifique, future direction</i>

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Monsieur le Président du Comité  
d'expert de l'HCERES

Observations de portée générale sur le rapport d'évaluation de la structure fédérative  
FERMAT– Fluides, Energie, Réacteurs, Matériaux et Transferts  
Référence du dossier : DER-SF210019519

**Remarques de la tutelle déposante Toulouse INP**

Toulouse INP remercie les experts du comité HCERES pour leur travail, la qualité des échanges lors de leur visite et les recommandations émises sur le projet de la Fédération. L'établissement poursuivra son soutien à la Fédération, essentiel à son animation scientifique et au développement de projets différenciants.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de nos sentiments distingués.



Fait à Toulouse, le 29 avril 2020

Pr. Jean-Marc Broto

Président de l'UT3

Pr. Bertrand Raquet

Directeur de l'INSA

Pr. Olivier Simonin



Président de Toulouse INP

Les rapports d'évaluation du Hcéres  
sont consultables en ligne : [www.hceres.fr](http://www.hceres.fr)

Évaluation des coordinations territoriales  
Évaluation des établissements  
Évaluation de la recherche  
Évaluation des écoles doctorales  
Évaluation des formations  
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein  
75013 Paris, France  
T. 33 (0)1 55 55 60 10

[hceres.fr](http://hceres.fr)

[@Hceres\\_](https://twitter.com/Hceres_)

[Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

