



Laboratoire Jacques-Louis Lions
UMR 7598

Dossier d'auto-évaluation
HCERES Campagne 2017-2018



Table des matières

1	Présentation de l'unité	5
1.1	Historique	5
1.2	Effectifs et leur évolution	5
1.3	Positionnement institutionnel	7
1.3.1	Ancrage dans les universités	7
1.3.2	Ancrage régional, FSMP	9
1.3.3	Ancrage national	10
1.3.4	Ancrage international	11
1.4	Politique scientifique et bilan 2014-2018	12
1.4.1	Soutenir le dynamisme individuel et collectif	12
1.4.2	Stimuler les thèmes d'interaction	12
1.4.3	Construire des partenariats industriels	13
1.4.4	Bilan des objectifs du projet 2014-2018	13
1.4.5	Vulgarisation	14
2	Produits de la recherche	15
2.1	Données factuelles	15
2.1.1	Publications	15
2.1.2	Contrats institutionnels	15
2.1.3	Contrats industriels	16
2.1.4	Conférences et workshops	17
2.1.5	Les logiciels en ligne	17
2.1.6	ERC-IUF	18
2.1.7	Académie des Sciences	18
2.1.8	Prix et distinctions	18
2.2	Thèmes mathématiques et applicatifs	19
2.2.1	Thèmes mathématiques	19
2.2.2	Thèmes applicatifs	21
2.3	Quelques résultats marquants	22
3	Organisation et vie de l'unité	33
3.1	Structuration et gouvernance	33
3.2	Les équipements informatiques	35
3.3	Enseignement et formation par la recherche	36
3.4	Prospective et recrutement	36
3.5	Organigramme	38

4	Auto-analyse SWOT	39
5	Projet scientifique	43
5.1	Perspective historique et évolutions récentes	43
5.2	Politique scientifique	44
6	Thèmes mathématiques	47
6.1	Analyse des EDP, calcul des variations, analyse asymptotique	47
6.1.1	Intervenants	47
6.1.2	Analyse des EDP	48
6.1.3	Calcul des variations	52
6.1.4	Analyse asymptotique	54
6.1.5	Perspectives	55
6.1.6	Auto-analyse	58
6.2	Contrôle, optimisation, problèmes inverses	58
6.2.1	Intervenants	58
6.2.2	Contrôle.	59
6.2.3	Optimisation et problèmes inverses	63
6.2.4	Perspectives	65
6.2.5	Auto-analyse	66
6.3	Méthodes numériques innovantes et calcul haute performance	67
6.3.1	Intervenants	67
6.3.2	Discrétisation pour certaines EDP non linéaires	68
6.3.3	Méthodes numériques pour la physique des plasmas	69
6.3.4	Méthodes de Volumes Finis	70
6.3.5	Analyse numérique fondamentale	71
6.3.6	Calcul scientifique/DDM/Équations intégrales	73
6.3.7	Perspectives	74
6.3.8	Auto-analyse	75
7	Thèmes applicatifs	77
7.1	Sciences physiques, chimie, mécanique et ingénierie	77
7.1.1	Intervenants	77
7.1.2	Dynamique des fluides ou plasmas et mécanique des solides	78
7.1.3	Relativité générale mathématique et fluides auto-gravitants	79
7.1.4	Mécanique statistique et quantique	80
7.1.5	Perspectives de recherche	81
7.1.6	Auto-analyse	82
7.2	Sciences du vivant : biologie, médecine, SHS	82
7.2.1	Intervenants	83
7.2.2	Système cardio-vasculaire et respiratoire	84
7.2.3	Cancer	87
7.2.4	Biologie cellulaire hors cancer	89
7.2.5	Épidémiologie, sciences humaines et sociales	92
7.2.6	Perspectives	93
7.2.7	Auto-analyse	95

8 Annexes	97
8.1 Devenir des doctorants	97
8.2 Évènements organisés au Laboratoire	99
8.2.1 Évènements récurrents	99
8.2.2 Conférences organisées par le Laboratoire	100
8.3 Tous les ouvrages (sauf vulgarisation)	102
8.4 Formulaire signé	103
9 Glossaire	105
Bibliographie	133

Chapitre 1

Présentation de l'unité

1.1 Historique

Le Laboratoire Jacques-Louis Lions (LJLL) a 48 ans; il a pris ce nom en hommage à son fondateur, décédé en 2001, qui créa le Laboratoire d'Analyse Numérique en 1969. Après Jacques-Louis Lions, ses directeurs ont été successivement Pierre-Arnaud Raviart, Philippe Ciarlet, Olivier Pironneau et Yvon Maday. Il est actuellement dirigé par Benoît Perthame avec Edwige Godlewski comme directrice adjointe.

Depuis son origine, le laboratoire (actuellement UMR 7598) est associé au CNRS avec comme co-tutelle l'Université Pierre et Marie Curie-Paris 6 (UPMC); depuis janvier 2014 il a également comme co-tutelle l'Université Paris-Diderot Paris 7 (UPD). Il est donc rattaché à deux Comues : Sorbonne Universités (SU) et Sorbonne Paris Cité (SPC).

La croissance du Laboratoire s'appuie traditionnellement sur les efforts de l'UPMC, de l'UPD et du CNRS. Elle s'est nourrie plus récemment de nouveaux partenaires à travers 4 équipes Inria : REO, MAMBA, ALPINES, et ANGE. Ces équipes s'incrivent dans une politique de collaboration UPMC-Inria qui fait d'un accord cadre renouvelé en 2017. Deux chercheurs du CEREMA, qui fait aussi l'objet d'un accord cadre; sont intégrées à l'équipe ange depuis 2012. Par ailleurs, le Laboratoire de Recherche Conventionné (LRC) MANON avec le CEA-Saclay et la Fondation Sciences Mathématiques de Paris (FSMP) lui apportent de nombreux postes non-permanents.

Le laboratoire fonctionne ainsi sur trois sites : Jussieu (UPMC), Sophie Germain (UPD) et rue du Charolais (rue Simone Iff) (Inria de Paris).

1.2 Effectifs et leur évolution

Les effectifs scientifiques du laboratoire ont légèrement augmenté dans les cinq dernières années grâce à des opérations scientifiques ou inter-UFR sur Paris 6 et le renforcement des équipes Inria REO, MAMBA et ANGE. Ils se répartissent maintenant (sept. 2017) comme suit

	UPMC	UPD	CNRS	Inria	CEREMA	IP
PR/DR	17	3	6	11	1	7/38
MC/CR	18	7	7	4	1	10/37
Émérites	5	1	2			

- On compte une moyenne de 4 délégations entrantes ou visiteurs longue durée par an. Nous avons 3 détachements à l'étranger qui ne sont pas comptés dans ces effectifs.
- Deux ingénieurs de recherche dont un CDD après un départ en Noemi et dont le poste est au concours en 2017.
- On compte également 80 doctorants et 18 post-doctorants ou ATER.

Ces effectifs scientifiques sont complétés par 3,5 gestionnaires financières et administratives, un IE pour la gestion des réseaux informatiques et un Technicien Bap E.

Évolution au cours des dernières années

Arrivées

5 MdC et 2 PR ainsi que 2 Inria et 1 CNRS arrivent en 9/2017

B. Thierry (CR2 CNRS) 9/2016

P.-A. Bliman (DR2 Inria Mamba) 9/2016

E. Zuazua (PRex 50% chaire ANR) 6/2016 → 6/2020

N. Aguilon (MdC P6) 9/2015

M. Larcher (T CNRS) 1/2015

A. Ciomaga-Reals (MdC P7) 9/2014

M. Goldman (CR CNRS) 9/2014

A.-L. Dalibard (PR2 P6) 9/2014

B. Sarels (MdC P6 Roscoff) 9/2014

M. Parisot (CR Inria Ange) 9/2014

J. Szeftel (DR2 CNRS) 9/2013

C. Guichard (MdC P6) 9/2013

D. Lombardi (CR Inria Reo) 9/2013

A. Lorz (MdC P6) 9/2013

C. Drouet (T CNRS) 4/2013

Départs

J.-F. Babadjian (MdC P6 → PR2 Paris-Sud) 9/2017

C. Bernardi (DR1 CNRS → retraite) 4/2017

J.-P. Francoise (PRex P6 → retraite) 2/2017

L. Saint-Raymond (PRex P6 → ENS-Lyon) 12/2016

P. Parnaudeau (IR1 CNRS → Poitiers, Noemi) 9/2016

J. Garnier (PRex P7 → X) 9/2016

N. Vauchelet (MdC P6 → PR2 Paris-Nord) 9/2016

C. Cancès (MdC P6 → CR1 Inria) 9/2016

O. Guéant (MdC P7 → PR2 Paris 1) 9/2016

B. Stamm (MdC P6 chaire CNRS → PR Aix-la-Chapelle) 2/2016

N. Seguin (MdC P6 → PR2 Rennes) 2/2016

A. Haraux (DR1 CNRS → retraite) 9/2015

N. Foucart (CDD administratif → retraite) 12/2014

M. Landau (CR CNRS → retraite) 12/2014

F. Sueur (MdC P6 → PR2 Bordeaux) 9/2014
 R. Longeon (IR0 CNRS → retraite) 4/2014
 P. Joly (IR0 CNRS → retraite) 4/2014
 C. Chalons (MdC P6 → PR2 Versailles) 9/2013
 F. Murat (DR0 CNRS → retraite) 9/2013
 I. Lendo (AI CNRS → noemi) 6/2013

1.3 Positionnement institutionnel

Le LJLL vit dans un environnement complexe qui se caractérise par

- 3 tutelles (UPMC, CNRS, UPD) sur 2 Comues (SU, SPC) et avec trois partenaires institutionnels (Inria, CEA, CEREMA),
- un environnement régional avec des appels d'offre de la FSMP, de la Ville de Paris, de la région IdF,
- une forte attractivité internationale.

Dans ce contexte le LJLL développe activement une politique d'ouverture sur l'ensemble de son environnement scientifique, pédagogique, économique et institutionnel que l'on peut structurer géographiquement.

1.3.1 Ancrage dans les universités

La politique d'ouverture interdisciplinaire et industrielle du laboratoire le conduit à de multiples relations au sein de ses universités de tutelle et de leurs composantes.

Formation par la recherche. Le LJLL est fortement impliqué dans les enseignements qui nécessitent une ouverture vers le calcul et la simulation ainsi que l'interdisciplinarité. Notons en particulier

- le M2 **Mathématiques de la Modélisation** dirigé par Fabrice Bethuel puis par Emmanuel Trélat qui, avec ses 80 étudiants, fournit une partie importante de nos doctorants,
- le M2 **Mathématiques pour l'entreprise** du parcours Ingénierie mathématique (dirigé par Edwige Godlewski) qui se situe en cohérence avec notre politique scientifique d'ouverture vers le monde économique,
- le LJLL a été particulièrement actif pour la création de la nouvelle filière **MAIN** (Mathématiques Appliquées et Informatique Numérique) de l'**École Polytechnique Universitaire Polytech Paris-UPMC**, dont Frédérique Charles assure la responsabilité, ici encore en cohérence avec notre politique scientifique d'ouverture vers le monde économique. Notons que l'EPU Polytech Paris-UPMC est dirigée, depuis le 1er mai 2016, par Myriam Comte, membre du LJLL,
- à travers la FSMP (voir ci-dessous) le LJLL participe à un projet d'EUR (École Universitaire de Recherche) en mathématiques. D'autres projets d'EUR (Plasma, Big Data) sont en cours d'élaboration.

Élus aux conseils centraux. Outre nos élus aux conseils des UFR, nous avons des représentants aux conseils centraux de l'UPMC

- Jean-Yves Chemin (CA, 2016-...)

- Marie Postel (CEVU, 2012-2016)
- Clément Cancés (CS, 2012-2016)

Notons aussi que Hervé Le Dret a été directeur de l'UFR de mathématiques de l'UPMC pour deux mandats.

La Fédération. Le LJLL participe activement à la **Fédération de Recherche en Mathématiques de Paris Centre**. Il s'agit d'un outil de l'INSMI (CNRS) qui relie les laboratoires de sciences mathématiques des deux Universités Paris 6 et Paris 7 et permet une gestion collective lorsque cela est nécessaire. Par exemple, notre mutualisation des moyens informatiques passe par la Fédération, et certaines de nos actions internationales inter-laboratoires y sont gérées. Avec la Fédération, nous participons à l'organisation de journées scientifiques autour de thèmes généraux qui dépassent le périmètre du laboratoire (sciences du vivant, monde quantique, réseaux...), voir § 8.2.1.

Le tremplin Carnot SMILES. Cette structure, **Tremplin Carnot Sciences Mathématiques pour l'Innovation**, Label d'Excellence Stratégique, fédère plusieurs laboratoires qui utilisent des outils de calcul avancé pour l'industrie. Elle implique à la fois le LJLL et l'ISCD (voir ci-dessous) ainsi que plusieurs autres laboratoires de l'UPMC. Ce label reconnaît un niveau important de relations avec le monde économique et industriel. Le **tremplin Carnot SMILES** a été fondé en 2016 et est dirigé par Yvon Maday.

Les Comues et Idex. En dehors de la FSMP (voir ci-dessous), le LJLL a accompagné les Comues et leurs Idex en participant aux discussions menant à leur structuration. Ainsi le laboratoire apparaît dans les divers Instituts transversaux de SU ; il est plus particulièrement impliqué dans

- l'**ISCD**, Institut des Sciences du Calcul et des Données, et son Labex CalSimLab sont dirigés par Pascal Frey, membre du LJLL. Cet institut fournit une plateforme fédératrice de ressources de calcul. Il a soutenu et parfois permis de développer diverses actions interdisciplinaires du LJLL telles que la chimie quantique, les interactions avec la biologie, la visualisation et la chaire FACILE (reconstruction faciale).
- la thématique autour de l'algorithmique et la modélisation des plasmas, développée avec le Labex **Plas@Par** avec qui nous entretenons des relations scientifiques régulières et profitables.
- les sciences de la vie, pour lesquelles nous sommes impliqués dans l'Institut Universitaire du Cancer et l'**Institut Universitaire de l'Ingénierie en Santé** qui nous ont permis de trouver des contacts pour des recherches communes ; nous participons également au réseau **André Picard** en biologie du développement.
- la Société d'Accélération du Transfert de Technologies **SATT Lutech**, avec laquelle nous avons organisé des demi-journées industrielles qui ont permis de nombreux contacts et ont débouché directement sur deux contrats industriels (Ferry Capitan, URGO).

Des membres du laboratoire ont pu bénéficier des appels d'offre de l'Idex SU :

- Projet SU 'Complex-Fluid' (Philippe LeFLoch)
- Émergence SU (2016) : Évolution géométrique d'interfaces anisotropes (Jean-Francois Babbadjian)
- Émergence SU (2016) : avec l'Institut des Sciences de la Terre de Paris (Cindy Guichard et

Jacques Sainte-Marie)

- Projet ICS@SU "polynômes orthogonaux" (Laurent Boudin)
- SU-Faperj 2015-16 avec l'IMPA (Nicolas Vauchelet)
- PACHA SU (2014) : invitation longue de P.E. Souganidis (Benoit Perthame)
- Émergence SU (2014) : NeuroMathMod (Marie Postel)
- Émergence SU (2014) : B3CAPS, Ingénierie de la santé (Miguel Fernandez)
- SATTSU (2014) Réseau André Picard : biologie du développement (coordinateur Benoit Perthame)

1.3.2 Ancrage régional, FSMP

Le laboratoire s'est fortement impliqué dans les diverses étapes de la constitution de la **FSMP (Fondation Sciences Mathématiques de Paris)**, un réseau d'excellence qui fédère 14 laboratoires de mathématiques de Paris centre et nord. La FSMP permet au LJLL d'accéder à divers appels d'offres, par exemple : allocations doctorales, post-doctorales, chaires environnées, invitations de longue durée, missions de doctorants... Ces programmes communs rendent les laboratoires du périmètre de la FSMP plus visibles et attractifs par l'excellence conjuguée de la formation et de la recherche, et sont ainsi une sorte de portail unique vers les sciences mathématiques à Paris, pour les étudiants et chercheurs internationaux. Le LJLL a fourni deux directeurs à la FSMP (Jean-Yves Chemin de 2006 à 2011, Emmanuel Trélat depuis 2015), ainsi qu'un responsable des relations industrielles (Yvon Maday de 2006 à 2016).

Entre autres, la FSMP a porté le DIM (Domaine d'intérêt majeur) RDM-IdF en mathématiques de 2012 à 2016, puis en a obtenu un nouveau en 2017 sous le nom de **DIM Math-Innov**. Le laboratoire s'est impliqué dans le processus de négociation qui a conduit au DIM Math-Innov et qui permet le financement de thèses et postdocs sur des sujets de mathématiques en interaction avec l'industrie.

Ce DIM fournit notre point d'entrée vers la région à travers des appels d'offre mentionnés ci-dessus. Une action particulièrement marquante a été l'appel d'offre d'investissement matériel SESAME qui nous a permis d'acquérir, en 2015, le cluster de calcul de 250 coeurs Hydre 2, mutualisé au sein de l'UFR de mathématiques de l'UPMC. Il s'agit d'une machine d'entrée pour tester souplement les codes destinés à tourner sur les centres universitaires ou nationaux.

Parmi les actions marquantes, mentionnons aussi les chaires FSMP, dont le succès confirme la grande attractivité du laboratoire :

- Gunther Uhlmann (chaire senior, 2012-2013),
- Anthony Patera (chaire senior, 6 mois, 2013-2014),
- Yves Capdeboscq (chaire junior, 6 mois, 2013-2014),
- Antoine Mellet (chaire junior, 6 mois, 2014-2015).

Une autre action très marquante a été le succès à l'appel d'offre Emergence(s) de la Ville de Paris. Il s'agit d'un projet ambitieux porté par Yannick Privat et qui réunit 4 laboratoires du périmètre de la FSMP, sur le thème de l'**Analyse et simulation des formes optimales**. Il est subventionné pour la période 2016–2020.

Rappelons aussi les apports d'Inria et du **LRC Manon** qui participent plus spécifiquement à notre politique scientifique régionale. Si Inria apporte des chercheurs permanents et des équipes sur des thèmes scientifiques ciblés (voir ci-dessus), Manon apporte des post-doctorants et des sujets liés à l'énergie nucléaire (fluides diphasiques, écoulements rapides, incertitudes dans les

codes, neutronique).

1.3.3 Ancrage national

Des membres du LJLL ont des initiatives et responsabilités nationales dans diverses structures :

SMAI Le LJLL est membre de la **SMAI** et participe pleinement à ses activités comme le Forum Emploi Math (FEM). Il a eu un rôle de premier plan dans l'organisation du congrès SMAI 2013 (Seignosse Le Penon, Landes, 27-31 mai 2013, 410 participants), a participé à l'organisation de CEMRACS (2016, 2014). Des membres du LJLL ont aussi co-organisé les journées d'accueil des nouveaux recrutés en maths (JAM) en 2013, 2015 et 2017 (Jean-François Babadjian, Laurent Boudin, Cindy Guichard, Yohan Penel et Nicolas Vauchelet).

Plusieurs membres du LJLL siègent ou ont siégé au CA de la SMAI : Christophe Chalons, Albert Cohen (Vice-président chargé des publications), Jean-Frédéric Gerbeau, Yohan Penel et Nicolas Vauchelet.

AMIES Ayant participé activement au projet de Labex **Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société**, qui est un Labex et une UMS 3458 CNRS, plusieurs membres du LJLL participent à la vie d'AMIES. En particulier Edwige Godlewski est chargée de mission formation, Pascal Frey est correspondant entreprise, Xavier Blanc est facilitateur, Martin Campos-Pinto et Xavier Claeys sont correspondants.

CFEM Edwige Godlewski préside la **Commission française pour l'enseignement des mathématiques** depuis septembre 2016.

Réseau MSO Le **tremplin Carnot SMILES** s'inscrit dans le réseau national **MSO** (Modélisation, Simulation, Optimisation) coordonné par AMIES, dont l'objectif est de faciliter l'accès des entreprises, et en particulier des PME, à l'expertise des laboratoires de recherche sur ces thèmes. Le réseau MSO s'inscrit plus largement dans le cadre du programme EU-MATHS-IN, initiative visant à intensifier les interactions entre mathématiciens et industriels à l'échelle européenne.



ANR Les ANR obtenues par des membres du LJLL sont mentionnées dans la section § 2.1.2.

GDR Notons enfin que des membres du LJLL participent ou ont participé à l'animation des GDR ou des réseaux suivants :

MAMОВI (mathématiques pour la biologie)

AMORE (Yvon Maday),

EGRIN (Jacques Sainte-Marie, président du CS)

DarEvCan (Benoit Perthame),
Analyse des EDP (Anne-Laure Dalibard)
MaNu (responsables Clément Cancès, Nicolas Seguin)
Défi Mastodons (Patrick-Louis Combettes)

PEPS-PEPII... Quelques exemples

Peps HuMan (2013) (Laurent Boudin)
 Peps PTI (2012) avec l'Institut Curie (Nicolas Vauchelet)
 CORSURF INSU-INSMI (2016) (Cindy Guichard)
 Projet INPHYNITI Micromod (2015-2016) (Andrea Grigoriu Lachapelle)
 Modélisation avancée et simulation d'écoulements à surface libre (2017) (Yoan Penel)
 Méthode de décomposition de domaines en électromagnétisme (Bertrand Thierry)
 Lefe/Manu (2017-2019) (Martin Parisot)

1.3.4 Ancrage international

Le rayonnement international du LJLL se mesure aux 6 ERC (et Euryi) durant les 5 années de ce rapport, aux multiples invités et visiteurs (voir par exemple le [site du séminaire](#)), aux nombreux prix et invitations à des conférences internationales, dont les plus prestigieuses sont mentionnées dans la section 'prix et distinctions' § 2.1.8, aux collaborations scientifiques détaillées dans chaque thème. Il se voit aussi à travers la participation à divers accords qui sont listés ci-dessous.

Au-delà de leur importance pour développer des axes de recherche forts, ces relations jouent de plus en plus un rôle déterminant pour nos formations doctorales et pré-doctorales compte tenu des menaces sur nos partenariats de M2 avec des établissements d'autres Comues.

Parmi les évènements internationaux spécifiques, notons les Journées Lions-Magenes qui ont été organisées en collaboration avec l'Université de Pavie, en 2011 (au LJLL) et en 2015 (à Pavie).

Liste d'échanges internationaux

ITN Modeling and Computation of Shocks and Interfaces (Ph. LeFloch)
 ITN Retinal Images for Vascular Modelling (J.-F. Gerbeau)
 NLAJET (parallel computing) 2015-18 (L. Grigori)
 LIA LIASFMA avec la Chine (J.-M. Coron)
 GDR France-Italie-Allemagne suite à ConEDP (F. Alabau)
 GDRi LEM2I, euro-méditerranée (G. Lebeau)
 Accord avec l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin (T. Cazenave)
 Accord de double diplôme de master avec Shanghai Jiao Tong University (B. Perthame) (cet accord est maintenant doublé d'un Erasmus + de l'UPMC)
 Campus-France : Hubert Curien-XuGuang Qi avec Shanghai Jiao Tong University (N. Vauchelet)
 PHC Amadeus avec les deux Universités de Vienne (Université et TU) (Ayman Moussa)
 Capes-COFECUB avec la Fiocruz (équivalent de l'Institut Pasteur) à Rio (N. Vauchelet)
 PICS St-Andrews, Royaume-Uni (L. Almeida)
 PICS Allemagne (Y. Maday)
 PICS Espagne (Y. Penel)

CDIV Échange Tunisie (S.M. Kaber)
 PICS Allemagne (P. LeFloch)
 STIC-Amsud (P.-A. Bliman)
 Math-Amsud Opstruc (P.-L. Combettes)
 Math-Amsud Prog (J.-M. Coron)
 Ecos-Nord (P.-A. Bliman)
 Euro-Med 3+3 'Mathematical Models and Methods in Cell Dynamics' (J. Clairambault)
 Franco-Chinois Opstruc (T. Cazenave)
 Maths AMSud Franco-Chilien (C. Chalons)
 IP euHeart, personalized modeling of the heart (J.-F. Gerbeau)
 Leducq Transatlantic Network (2010-14) (I. Vignon-Clémentel)
 Équipe associée Inria COALA UC Berkeley (L. Grigori)
 Équipe associée Inria avec IZBI (Leipzig) (D. Drasdo)
 Équipe associée Inria 'Comput. hemodynamics' avec Stanford (I. Vignon-Clémentel)
 UMI avec le W. Pauli Institute à Vienne, visite longue, (M. Doumic)
 UMI Centre de Recherches Mathématiques à Montréal, membre, (M. Thiriet)

1.4 Politique scientifique et bilan 2014-2018

1.4.1 Soutenir le dynamisme individuel et collectif

La politique scientifique du LJLL se construit en premier lieu à travers les projets individuels ou collectifs des enseignants-chercheurs. Ces projets sont consolidés par des succès aux appels d'offres locaux, nationaux ou européens, auxquels le laboratoire encourage chacun de ses membres à répondre. Un effort particulier est investi pour guider les jeunes chercheurs dans la réponse à ces appels d'offres. L'ensemble des contrats institutionnels renseignés en § 2.1.2 illustre la diversité de ces soutiens. Le laboratoire fait confiance à l'inventivité et au dynamisme de ses membres pour faire évoluer leur activité de recherche vers des directions pertinentes tout en maintenant l'excellence scientifique, qui se traduit en particulier par un grand nombre de prix et distinctions, voir § 2.1.8. Il encourage la circulation des idées entre l'ensemble de ses composantes à travers les séminaires et rencontres internes, qui renforcent le sentiment d'appartenance à une structure fédératrice. Les grandes orientations sont aussi définies en conseil de laboratoire, en particulier en ce qui concerne la politique de recrutement et les demandes de postes d'enseignants chercheurs. Cette politique s'appuie sur des réunions régulières de prospective scientifique (coordonnées par Albert Cohen) visant à analyser le vivier de candidats de grande qualité sur les thématiques porteuses et à envisager de futurs recrutements potentiels.

1.4.2 Stimuler les thèmes d'interaction

Les recherches développées au LJLL visent à la compréhension de phénomènes par le biais de la modélisation, de l'analyse mathématique, du contrôle et de la simulation numérique. Ces objectifs conduisent en permanence le laboratoire à envisager des interactions avec des scientifiques émanant d'autres disciplines. Certaines interactions sont internes aux mathématiques : la modélisation de phénomènes complexes exige souvent la prise en compte d'aspects stochastiques et aléatoires qui conduit à des interactions croissantes avec les probabilités aussi bien du point de vue des EDP que des méthodes numériques. De même, l'interaction avec la statistique

et l'informatique est motivée par les questions de quantification d'incertitude et d'exploitation de grandes masses de données. D'autres interactions sont multidisciplinaires : aux partenaires traditionnels que constituent les mécaniciens, physiciens et ingénieurs, s'ajoutent aujourd'hui des chimistes, biologistes, médecins, ou spécialistes de disciplines des sciences sociales et humaines. Toutes ces interactions se traduisent concrètement dans des actions scientifiques (séminaires, invitations, collaborations) ainsi que dans les recrutements envisagés. Ce positionnement implique par conséquent une part de risque assumée par le LJLL, en particulier du point de vue des recrutements, par comparaison à une politique qui viserait uniquement à renforcer les thèmes centraux.

1.4.3 Construire des partenariats industriels

Le LJLL a l'ambition de développer dans la durée des partenariats avec le secteur industriel. Ces partenariats se construisent autour de membres du laboratoire, parfois avec l'appui de divers partenaires privilégiés avec lesquels le LJLL est directement impliqué : le Labex AMIES pour lequel Xavier Blanc est facilitateur, et Martin Campos-Pinto et Xavier Claeys correspondants pour le LJLL, a donné lieu à plusieurs collaborations, la FSMP actuellement dirigée par Emmanuel Trélat, le CEA à travers le LRC MANON, Inria à travers ses équipes communes avec le LJLL ALPINES, ANGE, MAMBA et REO. Ceci se traduit par un nombre significatif de contrats industriels qui constituent environ 25% des ressources du LJLL. L'ensemble des contrats renseigné en § 2.1.3 illustre la diversité de ces partenariats. Cette politique a permis de concrétiser la soumission du projet d'institut Carnot SMILE détaillé plus bas.

1.4.4 Bilan des objectifs du projet 2014-2018

Nous rappelons ci-dessous les trois points mis en avant dans la politique scientifique proposée dans le projet 2014-2018 :

- 1. Thèmes de qualité et dynamiques existantes :** préserver les thèmes ayant acquis une reconnaissance internationale, conforter l'assise du thème émergent biomédical, renforcer le thème du traitement de l'information (compressed sensing, données en grande dimension).
- 2. Deux axes transversaux prioritaires à maintenir dans la durée :** politique de relations industrielles, prise en compte de l'aléa et du risque (aspects stochastiques) dans la modélisation et la simulation.
- 3. Trois thèmes en émergence à renforcer :** les sciences humaines et sociales (prise de décision, économie, phénomènes collectifs), les sciences de la terre (climat, géophysique, énergies du futur), le calcul haute performance (parallélisme, application en chimie).

Un premier bilan au regard de ces objectifs fait apparaître les tendances suivantes :

Thèmes centraux : Les thèmes centraux tels que les équations d'évolution non-linéaires, le calcul des variations, le contrôle, ont été consolidés par les arrivées d'Anne-Laure Dalibard avec une ERC Starting, Jérémie Szeftel avec une ERC Consolidator, Pierre-Alexandre Bliman (Inria), Enrique Zuazua (via l'ANR attraction), et l'ERC Advanced attribuée à Jean-Michel Coron en 2012. Il faut cependant prendre acte de la mutation de Laure Saint-Raymond et du départ en détachement de Sylvia Serfaty en 2016 qui constituent un affaiblissement potentiel. Le thème biomédical s'est maintenu à un bon niveau, en particulier au travers des équipes

Inria MAMBA et REO, et se voit consolidé par l'ERC Advanced attribuée à Benoît Perthame en 2017.

Thèmes émergents et interfaces : Le thème du traitement de l'information a bénéficié de l'ERC Advanced attribuée à Albert Cohen en 2013, mais se trouve potentiellement affaibli par le départ en détachement de Patrick Combettes. L'intérêt pour les aspects stochastiques s'est reflété dans le choix des conférenciers pour les Leçons Jacques-Louis Lions 2015 (Felix Otto : stochastic homogenization), 2016 (Eitan Tadmor : modeling of collective behaviour) et 2017 (Emmanuel Candes : statistics in the big data era). Par ailleurs, ce thème a été d'une part affaibli par le départ de Josselin Garnier à l'École Polytechnique, mais d'autre part consolidé par le recrutement d'Antoine Gloria à la rentrée 2017. Le thème de la chimie, qui bénéficie du soutien de l'ISCD) s'est fortement consolidé à travers le recrutement MdC de Benjamin Stamm sur une chaire CNRS (promu à Aix-la-Chapelle après trois années au LJLL), puis celui de Pierre Monmarché (à la rentrée 2017). La thématique ITER-plasma s'est poursuivie autour de Bruno Després avec un séminaire régulier, et le calcul scientifique s'est consolidé autour de l'ISCD, à travers les équipes Inria ANGE et ALPINES, et par les recrutements MdC de Cindy Guichard et Nina Aguillon.

Le thème des SHS, en revanche, a vu le départ d'Olivier Guéant alors qu'aucun recrutement n'a pu avoir lieu compte tenu du vivier trop restreint de candidatures possibles. Il s'est donc développé de façon moins sensible malgré plusieurs initiatives notables : 1) le partenariat soutenu avec l'EHESS (Laurent Boudin, Grégoire Nadin) qui a vu plusieurs Peps HuMan accordés, dont un géré par le LJLL, 2) les activités Mean Field Games autour de Yves Achdou avec diverses applications à la macro-économie et à l'industrie minière, les modèles Mean Field Games d'Alexander Lorz autour de modèles de 'knowledge growth', 3) le partenariat avec Sanofi sur la planification de ressources humaines.

Relations industrielles et tremplin Carnot : La volonté du laboratoire d'intensifier ses relations industrielles par la création d'une structure dédiée s'est concrétisée par le lancement en 2017 du tremplin Carnot SMILES (Sciences Mathématiques pour l'Innovation Label d'Excellence Stratégique) dirigé par Yvon Maday. Ceci a permis l'embauche de Philippe Aubaret, qui a un rôle de facilitateur visant à identifier dans le milieu industriel des collaborations potentielles, et à mettre en relation les chercheurs pertinents au sein du LJLL avec les acteurs concernés dans les entreprises, afin de co-construire un projet de recherche. D'autre part le tremplin Carnot a aussi permis l'embauche de Nora Aïssiouene, ingénieure d'études en charge du soutien du calcul scientifique dans de tels projets. Trois autres ingénieurs sont en cours de recrutement à l'automne 2017.

1.4.5 Vulgarisation

Enfin, le laboratoire participe régulièrement à des activités de vulgarisation. Au niveau de nos étudiants de licence, l'action **Aromaths** est coordonnée par Ayman Moussa, et certains membres du LJLL font des exposés tout public (Sciences à cœur de l'UPMC par exemple, ou via la FSMP, ou la SMAI). Le LJLL accueille chaque année des collégiens (et depuis cette année des élèves de seconde en stage d'observation) et participe à la fête de la science dans une action coordonnée entre laboratoires de mathématiques ; Camille Laurent fait partie de la cellule qui s'occupe des activités de **popularisation** des mathématiques.

Chapitre 2

Produits de la recherche

2.1 Données factuelles

2.1.1 Publications

Les publications du LJLL sont, pour la plupart, en ligne sur HAL, ce qui permet d'accéder à l'ensemble de nos données. Synthétiquement, on peut résumer notre activité de publication comme suit :

- environ 350 dépôts sur HAL par an actuellement, pour la plupart des rapports de recherche qui deviennent des articles publiés dans des revues internationales caractérisées par leur diversité (théorique, numérique et journaux applicatifs) en concordance avec la politique scientifique du laboratoire
 - disponibles classés par date via ce lien
 - disponibles globalement par ce lien (extrHAL)
 - une sélection se trouve en bibliographie de ce rapport,
- 26 ouvrages sur 5 ans, disponibles en Annexe § 8.3.

2.1.2 Contrats institutionnels

Une liste est déjà mentionnée au paragraphe § 1.3.1 concernant les outils de financement issus des Labex et Idex, nous la complétons ici :

- INSERM : Hétérogénéité des Tumeurs dans leur Ecosystème (HTE), EcoAML (D. Salort LCQB et J. Clairambault) 2016-2020
- INSERM : Hétérogénéité des Tumeurs dans leur Ecosystème (HTE), MoGIIImaging (M. Doumic, J. Clairambault) 2016-2020
- INCA LOC-Model, Mathematic modeling at micro and macroscopic level of primary central nervous system lymphomas (D. Drasdo)
- CNRS-Euratom, projet Eurofusion (Iter) (F. Charles, M. Campos-Pinto, B. Després)
- Needs Energie-nucléaire (C. Cancès) 2014 et 2015
- INSERM INVADE Cancer invasion in breast cancer (D. Drasdo) 2012-2015
- Collaborations BFBM avec l'Allemagne de D. Drasdo : LUNGSYS II (2012 –2015), Leber-simulator (2014–2017) et MS-DILI (2016–2019)

ANR

ICON - projet ANR 'Attraction' (2016-2020) E. Zuazua (coordinateur du projet)

MANIF (2011-2015) E. Cances, Y. Maday

Sine2arti (2011-2015) D. Drasdo

GR-Analysis-Geometry (2011-2016) P. LeFloch

CHROME (2012-2016) B. Després

ExiFSI (2012-2016) M. Fernandez

CardioXcomp (2013-2016) J.-F. Gerbeau

Medimax (2013-2017) F. Nataf

iFlow (2013-2017) I. Vignon-Clémentel

KIBORD (2014-2018) N. Vauchelet

METHAW (2014-2015)

GEOPOR (2014-2018) C. Cancès

HJnet Y. Achdou

NonlocalDD (2015-2019) X. Claeys

IFSMACS (2015-2019) C. Grandmont

Soilu3D (2015-2020) P. Parnaudeau

Finite4SoS (2015-2020) J.-M. Coron

SRGI (2015-2020) E. Trélat (coordinateur du projet)

CINE PARA (2015-2020) Y. Maday (coordinateur du projet), L. Grigori

CHARMS (2016-2021) C. Guichard

VirtualChest (2016-2021) Y. Privat

iLite (2016-2021) D. Drasdo

2.1.3 Contrats industriels

LRC MANON Laboratoire de Recherche Conventionné avec le CEA Saclay, renouvelé en 2014 pour 5 ans.

Michelin (2011-2014) F. Nataf

Total (2011-2014, puis 2014-2017) F.-X. Roux

Regienov (2012-2013)

IFPEN (2012-2016) F. Nataf et V. Girault

Metrolab (2012-2014, puis 2014-2016) Y. Maday

Thales (2013-2015) F. Jouve

Ferry Capitan (2013) F. Hecht

CEA DAM (2013-2014) X. Blanc

Astrium (2013-2015) E. Trélat

IFPEN (2013-2016) X. Claeys et V. Girault

EDF (2014-2015, puis 2015-2018) Y. Maday

Région Mécas (2014-2016)

US AirForce (2014-2017) E. Trélat

DGA (2014-2017) M. Boulakia

BPI France (2014) F. Jouve

Kila System (2014) Y. Maday

Total (2015-2018) L. Grigori

SAUR (2015-2018) J. Sainte-Marie

CNES (2015-2018) E. Trélat

Une société (dont le nom doit par contrat rester confidentiel) dans le domaine de l'automatisation de la conception électronique (2016) F. Nataf

Epygon (2016-2019) J.-F. Gerbeau

IFPEN (2016-2019) L. Grigori

Philips (2016-2018) J.-F. Gerbeau

Kephalios (2016-2019) J.-F. Gerbeau

CEA-DAM (2009-en cours) B. Després

SANOFI (2017) B. Perthame

URGO (2017) H. Le Dret

CEA DAM (2017) X. Blanc

2.1.4 Conférences et workshops

Voir Section § [8.2](#)

2.1.5 Les logiciels en ligne

Les logiciels du [LJLL](#) sont détaillés sur ce lien. On y trouvera :

FreeFem++ : Solveurs d'EDP 2D et 3D....

La version FreeFemCS (avec integrated development environment) très appréciée des étudiants.

La version FreeFem++-js (java script) permet l'exécution sur téléphone portable ou à distance.

Freshkiss3d : FREe Surface Hydrodynamics using KInetic SchemeS....

HPDDM : Implémentation efficace de diverses méthodes de décomposition de domaine...

Medit : Un logiciel de visualisation scientifique....

mu-diff : MULTiple-DIFFraction est une open-source Matlab toolbox....

Selalib : Une librairie modulaire pour les simulation cinétique et gyrocinétique de plasmas dans les procédés de fusions...

ppfem : Collection de routines MATLAB pour éléments finis avec splines polynomiaux, analyse isogéométrique....

ddpcm : Un logiciel pour la simulation rapide des modèles de solvatation implicites....

2.1.6 ERC-IUF

Durant les années 2012-2017, le LJLL a géré les ERC de

- S. Serfaty (fin de bourse Euryi)
- J.-M. Coron (Adv, 2011-2016)
- A. Cohen (Adv, 2014-2019)
- A.-L. Dalibard (Stg, 2015-2019)
- J. Szeftel (Cog, 2017-2022)
- B. Perthame (Adv, 2017-2022)

Notons aussi les ERC Starting de M. Doumic-Jauffret (Inria) , A. Gloria (arrivée 9/2017) et l'ERC PRC de U. Boscain (arrivée 9/2017).

Le laboratoire a également bénéficié des IUF de A. Cohen, B. Després, Y. Maday (renouvelé en 2017), B. Perthame, S. Serfaty, E. Trélat.

2.1.7 Académie des Sciences

Des membres du laboratoire, ou anciens membres, l'ont honoré en étant élus à l'Académie des Sciences :

- En 2013, Laure Saint-Raymond est élue à l'Académie des Sciences
- En 2014, Jean-Michel Coron est élu à l'Académie des Sciences

2.1.8 Prix et distinctions

2017

Jean-Michel Coron : Prix SIAM W.T. and Idalia Reid

Geneviève Dusson : Talents 2016 l'Oreal-Unesco pour les femmes et la science (doctorat avec Y. Maday et J.-P. Piquemal)

Mikel Landajuola : Prix de thèse SMAI-GAMNI (doctorat avec M. Fernández)

Sylvia Serfaty : invitée plénière à l'ICM 2018 (Rio de Janeiro)

Emmanuel Trélat : invité (session contrôle) à l'ICM 2018 (Rio de Janeiro)

2016

Jean-Michel Coron : Prix Luigi Tartufari per la Matematica (Accademia Nazionale dei Lincei)

Laura Grigori : SIAM SIAG/SC Best Paper Prize 2016

Emmanuel Trélat : Grand Prix Mme Victor Noury (Académie des Sciences)

2015

Jean-Michel Coron : Prix Maxwell de l'ICIAM

Jean-Michel Coron : invité plénier à l'ICIAM 2015 (Beijing)

Pierre Jolivet : Prix de thèse, Grenoble (doctorat avec F. Nataf, C. Prud'homme et F. Hecht)

Frédéric Hecht, Frédéric Nataf et Pierre-Henri Tournier (avec V. Dolean et P. Jolivet) : prix Bull-Joseph Fourier (Académie des Sciences)

Olga Mula : prix Paul Caseau de l'Académie des Technologies (doctorat avec Y. Maday)

Benoît Perthame : Grand Prix Inria-Académie des Sciences

Laure Saint-Raymond : invitée plénière à l'ICIAM 2015 (Beijing)

2014

Annabelle Collin : prix de thèse SMAI-GAMNI et ECCOMAS award for the best PhD thesis (doctorat avec D. Chapelle et J-F. Gerbeau)

Charles Dapogny : prix de thèse Thiessé de Rosemont-Demassieux de la Chancellerie des Universités de Paris (doctorat avec P. Frey, G. Allaire et M. Albertelli)

Benoît Perthame : invité plénier à l'ICM 2014 (Séoul)

Pierre-Arnaud Raviart (DR CNRS émérite) : Docteur Honoris Causae de l'Université Jaume I (Espagne)

Laure Saint-Raymond : invitée (session EDP) à l'ICM 2014 (Séoul)

Nicole Spillane : prix de thèse AMIES et CSMA (doctorat avec F. Nataf et P. Hauret)

Jérémie Szeftel : prix Alexandre Joannidès (Académie des Sciences)

Jérémie Szeftel : invité à l'ICM 2014 (Séoul)

Emmanuel Trélat : prix Blaise Pascal de la SMAI (Académie des Sciences)

2012-2013

Cristobal Bertoglio-Beltran : prix de thèse SMAI-GAMNI et de la Fondation Airbus (EADS) (doctorat avec M. Fernández et J.-F. Gerbeau)

Frédéric Hecht : Grand prix EADS/Académie des Sciences 'sciences et ingénierie'

Olga Mula-Hernandez : boursière doctorante L'OREAL-UNESCO pour les femmes et la science (doctorat avec Y. Maday)

Benoît Perthame : Prix Blaise Pascal de l'European Academy of Sciences

Sylvia Serfaty : Prix Henri Poincaré (2012)

Sylvia Serfaty : Prix Mergier-Bourdeix (Académie des sciences)

Emmanuel Trélat : Prix Felix Klein (EMS)

2.2 Thèmes mathématiques et applicatifs

Les chercheurs du LJLL développent des outils d'analyse mathématique, de simulation numérique et de mise en oeuvre algorithmique en vue de leur application à des problèmes variés. Si leurs recherches sont souvent guidées par des applications spécifiques, la nature même de l'approche mathématique est de proposer des développements méthodologiques transverses qui se répercutent sur d'autres champs d'applications. Ces échanges entre développements mathématiques et applications sont au coeur de la dynamique de recherche du laboratoire.

La grille de lecture naturelle de la production scientifique du LJLL est donc "matricielle", faisant apparaître d'une part des thèmes mathématiques et d'autre part des thèmes applicatifs. Les contributions à ces thèmes sont plus amplement présentées dans les chapitres 6 et 7.

2.2.1 Thèmes mathématiques

Une grande variété de problèmes étudiés au laboratoire nécessitent une analyse théorique motivée par la modélisation mathématique de phénomènes réels. Ces aspects théoriques font en particulier intervenir :

- (i) l'analyse des équations aux dérivées partielles dispersives, hyperboliques, cinétiques, paraboliques et stochastiques ;
- (ii) le calcul des variations et ses applications, par exemple aux fissures, à la rugosité, et aux supraconducteurs ;
- (iii) l'analyse asymptotique, par exemple dans le cadre du comportement en temps long des solutions d'équations d'évolution, de l'homogénéisation et de concentration des solutions d'équations paraboliques.

Les questions mathématiques abordées sont très diverses, telles que l'existence globale, la stabilité asymptotique de solutions, les ondes progressives, l'explosion en temps fini, les solutions faibles, les questions de régularité, la minimisation, l'optimisation de forme, les limites de champ moyen, et l'homogénéisation. Par ailleurs, ces questions ont pour la plupart un rapport aux applications comme les couches limites, l'interaction fluide-structure, les maths-bio, les fluides quantiques, les fissures, la rugosité, les supraconducteurs, et l'élasticité.

Le laboratoire a par ailleurs une expertise reconnue dans les domaines *du contrôle, de l'optimisation et des problèmes inverses* :

- (i) des résultats majeurs ont été obtenus pour le contrôle d'équations aux dérivées partielles hyperboliques, des fluides, des ondes, en contrôle quantique ou encore de dynamiques collectives et leurs limites à champ moyen, ainsi que la mise en oeuvre numérique de ces problèmes, par exemple par des développements en contrôle optimal qui donnent lieu à des collaborations industrielles ;
- (ii) la thématique de l'optimisation de forme est un thème fort du laboratoire, tant du point de vue théorique que du point de vue numérique et logiciel avec également des applications industrielles. Elle est liée à l'analyse mathématique de problèmes inverses de reconstruction, notamment dans les domaines de l'acoustique et de l'imagerie en milieu complexe.

Les questions étudiées impliquent de nombreux membres du laboratoire, faisant appel à leur expertise en analyse des équations d'évolution, en calcul des variations, en implémentation numérique ou encore en mathématiques de la biologie.

Parmi les travaux réalisés au LJLL, ceux consacrés à la construction et à l'analyse mathématique de méthodes numériques innovantes, à leur justification mathématique rigoureuse et à leur mise en oeuvre prennent une place importante. Cette thématique transverse est historique depuis les débuts du laboratoire, et on constate qu'elle est toujours extrêmement active et au coeur de nombres d'interactions académiques et industrielles. Les contributions les plus récentes concernent les points suivants :

- (i) les méthodes pour la discrétisation des EDP non linéaires : la compatibilité des méthodes numériques employées avec la structure mathématique des équations est souvent le point central ;
- (ii) le développement de méthodes numériques pour la physique des plasmas accompagne les développements théoriques et l'activité de recherche collaborative autour du projet ITER ;
- (iii) les méthodes de Volumes Finis qui envisagent la discrétisation à partir de schémas P_0 (constant par maille) et sont adaptés aux codes de physique complexe non linéaires et fortement couplés forment un sujet d'étude qui se renouvelle en permanence du fait des collaborations industrielles ;
- (iv) l'analyse numérique fondamentale reprend des thématiques qui forment le coeur théorique de problèmes plus généraux et sont susceptibles soit de débloquent des points durs, en particulier l'équilibrage optimal des différents paramètres (comme la discrétisation

ou le nombre d'itérations) intervenant dans la simulation numérique, soit d'ouvrir de nouvelles perspectives. Par exemple l'approximation numérique en grande dimension et la réduction de modèles peuvent apporter des approches nouvelles dans des problèmes de big data ;

- (v) l'activité en calcul scientifique et production et diffusion de logiciels scientifiques a permis de concrétiser les avancées fondamentales et algorithmiques sous une forme qui contribue fortement au rayonnement du laboratoire.

2.2.2 Thèmes applicatifs

Une partie des modèles mathématiques étudiés au Laboratoire sont issus de très nombreux domaines de *la physique et des sciences de l'ingénieur*. Les contributions des membres du laboratoire ont ainsi conduit à des progrès significatifs dans la compréhension de phénomènes physiques :

- (i) des avancées dans l'étude des plasmas de fusion magnétique ont été accomplies en relation avec le projet ITER de développement d'une nouvelle source d'énergie. Il faut aussi noter les progrès réalisés dans le domaine de l'environnement sur la modélisation et la simulation numérique des écoulements géophysiques, en particulier dans le cadre de collaborations avec Inria ;
- (ii) des avancées sur la relativité générale mathématique et numérique ont été réalisées, notamment sur la définition et l'existence de solutions faibles et l'existence locale de solutions de régularité optimale pour les équations d'Einstein et pour les équations de fluides évoluant sous l'effet de leur gravité. Ces équations décrivent la géométrie de l'espace-temps qui se déforme sous l'effet de la matière. Par exemple, la stabilité non-linéaire de l'espace de Minkowski a été démontrée en présence de champs de matière massifs. La technique de preuve proposée permet d'étudier la propagation d'ondes gravitationnelles, observées pour la première fois en 2016 ;
- (iii) de nouvelles méthodes ont été développées pour l'analyse des systèmes en interaction coulombienne et des problèmes de mécanique statistique (gaz de Coulomb, gaz de Riesz, etc.). Les techniques proposées sont importantes pour la physique, mais aussi pour la théorie des matrices aléatoires et la théorie de l'approximation. De nombreuses autres questions devraient pouvoir être abordées : fluctuations pour des gaz de Coulomb en toutes dimensions, analyse des corrélations à longue distance, lien avec le modèle (de physique théorique) de Sine-Gordon et avec le modèle XY de transition de Kosterlitz-Thouless.
- (iv) de nombreuses contributions ont été élaborées dans le domaine de la chimie computationnelle. Ces contributions portent soit sur de nouvelles méthodes numériques, soit des mises en œuvre sur calculateurs parallèles soit permettent de mieux approcher les solutions par la définition d'estimateurs a posteriori performants. Ces contributions se font au plus près des collaborateurs chimistes avec qui les détails de la mise en œuvre et la validation sur des cas représentatifs, voire novateurs sont effectués. Des facteurs d'accélération de calcul de plusieurs centaines ont ainsi été obtenus.

Une autre partie des modèles étudiés au LJLL sont issus des *sciences du vivant : biologie, médecine, sciences humaines et sociales*. De façon générale, ce thème se caractérise par une profonde interdisciplinarité : co-encadrements de thèse avec des biologistes, dépôts en co-PI à des appels d'offres, publications communes, publications dans des journaux applicatifs, définitions de problèmes mathématiques propres aux sciences du vivant. Les collaborations

biologiques ou médicales sont toujours présentes et sont une condition sine qua non du développement de méthodes mathématiques innovantes et de l’analyse des modèles élaborés. Pour le dire autrement, la question du sens, i.e., “Un modèle, pour faire quoi ?” est toujours un préalable aux développements mathématiques ultérieurs, et les interactions bidirectionnelles et itératives avec les équipes d’expérimentateurs avec lesquelles les membres du LJLL collaborent permettent d’établir des collaborations productives sur le long terme. Des domaines variés de la biologie, de la médecine (notamment dans ses aspects thérapeutiques) et plus récemment des sciences humaines sont l’objet de modélisation de phénomènes d’intérêt et de leur contrôle :

- (i) deux domaines d’application principaux étaient déjà présents de longue date : la biologie des populations cellulaires –le cancer étant au premier plan– d’une part, et d’autre part la modélisation et simulation des systèmes cardio-vasculaire et respiratoire qui mène à des développements profonds en termes de simulation et d’interaction fluide-structure.
- (ii) d’autres champs ont émergé plus récemment au LJLL : dynamique d’agrégation-fragmentation des protéines (dont la protéine prion), épidémiologie des maladies à vecteurs (dont la Dengue), neurosciences, cicatrisation etc. Des modèles EDP, notamment de transport (équation de type McKendrick) sont souvent communs à plusieurs de ces domaines.

2.3 Quelques résultats marquants

L’ensemble des résultats marquants obtenus par les membres du laboratoires sur les thématiques décrites précédemment est présenté dans les chapitres 6 et 7. A titre illustratif, nous détaillons ci-dessous une petite sélection de ces résultats.

Le problème de la dégénérescence géostrophique

Anne-Laure Dalibard, en collaboration avec Laure Saint-Raymond, a résolu le problème de la dégénérescence géostrophique. Il s’agit d’analyser le comportement asymptotique de l’équation qui décrit le comportement des courants marins dans un domaine fluide $\Omega \subset \mathbb{R}^2$, dans la limite de faible viscosité horizontale E . Dans la limite $E \rightarrow 0$, on s’attend à ce que des couches limites apparaissent sur les bords du domaine. Cependant, la taille attendue des couches limites dépend de la position du point de $\partial\Omega$ au voisinage duquel elles sont construites. Formellement, on trouve que les couches limites sont de taille $E^{1/3}$ lorsque la normale $n(x)$ en $x \in \partial\Omega$ fait un angle non nul avec e_2 , et $E^{1/4}$ si $n(x) = \pm e_2$. La transition entre ces différentes zones est une question qui était restée ouverte depuis les premiers travaux sur ce sujet à la fin des années 1990, et fait précisément l’objet de l’article [187]. Les auteures montrent que dans la zone de transition, les deux types de couches limites co-existent et se superposent. Elles montrent également qu’en présence d’îles (domaine Ω non simplement connexe), les couches limites pénètrent à l’intérieur du domaine fluide.

Limite de champ moyen pour l’équation de Gross-Pitaevskii

Sylvia Serfaty s’intéresse aux équations de Ginzburg-Landau qui modélisent la supraconductivité, la superfluidité, et les condensats de Bose-Einstein. Ces équations s’expriment en termes d’un paramètre d’ordre, qui est une fonction à valeurs complexes, dont les zéros correspondent à des vortex ou tourbillons de charge quantifiée. La dynamique correspondante est soit de type Schrödinger (auquel cas l’équation s’appelle Gross-Pitaevskii) soit parabolique, ou

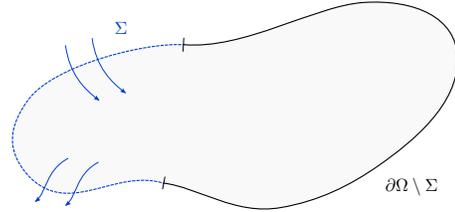
éventuellement mixte. L'un des problèmes ouverts importants dans le domaine était d'établir la loi de la dynamique limite d'un grand nombre de vortex quand leur échelle caractéristique ϵ tend vers 0. Il était attendu que l'équation limite pour la vitesse des vortex soit l'équation d'Euler dans le cas Gross-Pitaevskii, et une équation dissipative correspondante pour le cas parabolique (un modèle a été proposé en 1996 par Chapman, Rubinstein, Schatzman et E, en dimension 2). Dans l'article [367], publié (électroniquement) en 2016 dans le Journal de l'AMS, Sylvia Serfaty a établi la convergence pour des régimes de nombre de vortex très généraux, grâce à une nouvelle méthode de type "énergie modulée". Le résultat prouve la convergence des solutions de Gross-Pitaevskii vers celles d'Euler incompressible en dimension 2 et 3, dès que le nombre de vortex est plus grand que $\log \epsilon$, et la convergence des solutions de Ginzburg-Landau parabolique en dimension 2 vers celle d'une équation limite (qui n'est pas toujours celle prédite par Chapman, Rubinstein, Schatzman et E) lorsque N est d'ordre au plus $|\log \epsilon|$ (un régime raisonnable du point de vue de la physique).

Mouvement par courbure binormale

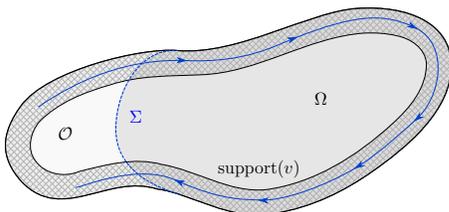
En collaboration avec Robert L. Jerrard, Didier Smets a étendu de manière conséquente le cadre dans lequel il est permis de donner un sens au flot par courbure binormale pour des objets géométriques apparentés à des courbes orientées et fermées de \mathbb{R}^3 . Jusqu'alors seule une formulation classique était disponible, celle introduite au début du 20ème siècle par Levi-Civita et son étudiant Da Rios, à la suite de travaux d'Helmholtz, comme une asymptotique formelle du flot du champ de vecteur tourbillon dans les fluides parfaits incompressibles. Le cadre nouveau permet d'aborder ce flot pour des courbes peu régulières, par exemple uniquement lipschitziennes (courbes à coins) et dont le nombre de composantes connexes peut évoluer en temps. Si on pense que la limite asymptotique formelle à partir des fluides est correcte, ces deux dernières caractéristiques sont essentielles pour pouvoir traiter les auto-intersections des tourbillons et les reconnections qui s'ensuivent (échanges de brins), un phénomène partout observé et évoqué par nombre d'expérimentateurs comme un moyen efficace de quantifier la turbulence (spectre des longueurs des courbes intégrales du champ de vortacité). Le travail de Jerrard et Smets, publié dans [273], ne fait pas qu'introduire un cadre, il montre aussi d'une part l'existence globale d'une solution pour toute donnée initiale dans ce cadre élargi (classe des 1-courants entiers rectifiables sans bord), et d'autre part un principe d'unicité fort-faible, pour lequel le fort se réfère aux solutions classiques avant auto-intersection éventuelle. L'argument clé fait intervenir une mesure naturelle de la distance entre deux courbes, indépendante de leurs paramétrisations mais incorporant à la fois la proximité spatiale et les oscillations de leurs vecteurs tangents "en des points proches bien choisis". Les expérimentations numériques qui ont accompagné ce travail ont suggéré une conjecture ayant trait au caractère fractal des solutions présentant un coin dans leur donnée initiale, a fortiori dans le cas de polygones réguliers.

Contrôle des équations de Navier-Stokes

Jean-Michel Coron, Frédéric Marbach et Franck Sueur ont montré dans [177] la contrôlabilité globale en temps petit des équations de Navier-Stokes dans un domaine Ω avec un contrôle frontière (la vitesse du fluide) qui s'exerce sur un ouvert Σ donné du bord $\partial\Omega$ qui rencontre chaque composante connexe de $\partial\Omega$, quand sur $\partial\Omega \setminus \Sigma$ le fluide glisse avec frottement sur la paroi en accord avec les lois de glissement de Navier.



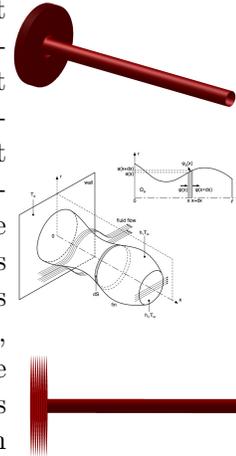
Cela donne une réponse positive à une conjecture de Jacques-Louis Lions (1989) adaptée au cas des conditions de glissement de Navier (la conjecture de J.-L. Lions concerne le cas des conditions de non glissement de Stokes). Les principales étapes de la preuve, pour le cas de la contrôlabilité à 0, sont les suivantes. Dans une première phase on agit avec des contrôles puissants bien choisis de sorte que l'équation de Navier-Stokes se comporte, modulo un problème de couche limite, comme l'équation d'Euler dont on sait grâce à la méthode du retour (Jean-Michel Coron, MCSS 1992) qu'elle est contrôlable pour cette situation de contrôle (Jean-Michel Coron, JMPA 1996, et Olivier Glass, COCV 2000). Il reste à s'occuper de la couche limite, qui est devenue importante. Cette couche est bien modélisée par des équations dues à Dragos Iftimie et Franck Sueur (ARMA 2011). Malheureusement ces équations ne sont pas exactement contrôlables.



Mais, suivant la “well-prepared dissipation method” de Frédéric Marbach [320], le champ de vitesses v dans la couche limite près du bord est modifié aux points en dehors de Ω pour avoir une forte dissipation de cette couche limite quand ces points reviennent dans Ω . Ainsi, lors d'une seconde phase plus longue, les solutions de ces équations dissipent suffisamment fortement pour pouvoir conclure à l'aide du résultat de contrôlabilité locale de Sergio Guerrero (COCV 2006).

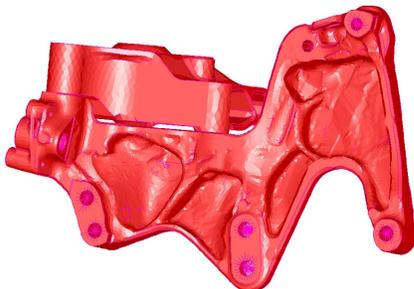
Optimisation de la forme d'une ailette

Grégoire Nadin et Yannick Privat se sont intéressés au problème inverse suivant : considérant une ailette, i.e., un petit dispositif utilisé notamment pour refroidir les CPU (cf. schéma), sujette à un transfert conductif, existe-t-il une forme d'ailette maximisant le flux de chaleur véhiculé à travers elle ? Mathématiquement, la température dans l'ailette est modélisée (en première approximation) par une équation parabolique mettant en jeu un opérateur du second ordre dont les coefficients dépendent non-linéairement de la forme. Cette question est d'abord étudiée en imposant une contrainte de type volume, puis une contrainte de type périmètre sur les formes admissibles. Dans le premier cas, les auteurs ont montré dans [322, 333] que ce problème n'a pas de solution et que les suites maximisantes de rang élevé ne conduisent pas à un objet manufacturable. En parallèle, ils ont étudié le même problème en imposant cette fois une contrainte de périmètre. Ils ont obtenu un résultat assez surprenant : le problème n'a pas de solution, ce qui est assez original au regard des résultats classiques en optimisation de forme. Ils ont par ailleurs construit des suites de formes maximisantes (cf. figures jointes) dont le rang contrôle de façon explicite la complexité (i.e. le nombre d'oscillations).



Grégoire Nadin et Yannick Privat s'intéressent par ailleurs à d'autres problèmes d'optimisation de forme motivés par des applications en biologie. Ce sont surtout ces dernières qui ont inspiré Yannick Privat et son équipe dans le projet qui leur a valu un financement Emergence(s) de la Ville de Paris en 2016.

Un logiciel d'optimisation de structure

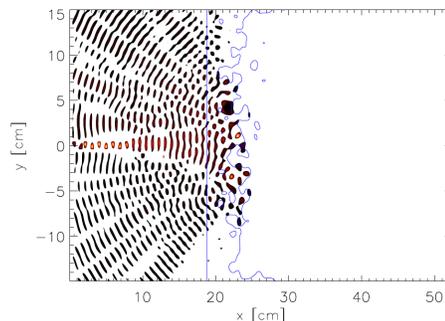


Le projet Rodin [1] a fait l'objet d'un financement du Fonds Unique Interministériel (FUI) entre 2013 et 2015. Le consortium regroupait des laboratoires universitaires (LJLL et CMAP de l'École Polytechnique) et des industriels (notamment Renault, porteur du projet, Airbus, Safran, l'éditeur de logiciel ESI-group ainsi que quelques PME) dans le but de mettre en œuvre dans un logiciel commercial les techniques d'optimisation de structure par la méthode des lignes de niveaux développée, entre autres, au laboratoire, et notamment par François Jouve.

Un tel logiciel n'a, à ce jour, pas d'équivalent dans le monde. Il sera commercialisé courant 2017 sous le nom de "Topolev". La figure montre un support moteur de Renault optimisé avec le logiciel d'ESI sous diverses contraintes (déplacement maximum, fréquences propres, contrainte maximum, démoulabilité) dans plusieurs régimes de chargement. Le gain en masse obtenu est de 30% par rapport au design initial.

Un nouveau schéma en réflectométrie pour les plasmas

Un fait marquant en études numériques pour les plasmas magnétiques a été le développement par Martin Campos Pinto et Bruno Després d’un nouveau schéma numérique avec courant linéaire qui est depuis repris par les physiciens des plasmas au sein d’un code de simulation dédié à la réflectométrie [182]. Cette étude a été menée en collaboration étroite avec des physiciens des plasmas et le résultat de calcul ci-contre a été obtenu dans le code de simulation REFMULX de F. da Silva. Les simulations obtenues permettent à présent d’étudier un plasma turbulent de type ITER et de réaliser un “sondage” numérique sur des temps inatteignables par les méthodes précédentes. La difficulté principale qu’il a fallu surmonter est reliée à l’existence de modes résonants [195, 116] qui apportent des contraintes de stabilité numérique très fortes sur des temps longs.



Snapshot of the positive part of the magnetic field, that is $\max(H_z, 0)$, taken at iteration 80,000 with a turbulence level of 10%, using the new scheme. Upper cutoff $f_U = 35\text{GHz}$ (ITER relevant datas).

Approximation en grande dimension

L’approximation d’une fonction dépendant d’un grand nombre d de variables est un problème numérique sur lequel les approches classiques (discrétisations par grilles uniformes ou adaptatives, séries de Fourier, éléments finis) ont tendance à échouer. Une obstruction fondamentale est la croissance exponentielle en fonction de la dimension d du nombre de degrés de libertés nécessaire pour obtenir une précision donnée, souvent qualifiée de “plaie des grandes dimensions”. Cette situation survient typiquement dans l’approximation de solutions d’EDP dépendant de paramètres déterministes ou stochastiques. Un exemple élémentaire est l’équation elliptique du second ordre

$$-\text{div}(a\nabla u) = f,$$

avec conditions homogènes de Dirichlet, où le coefficient de a a une forme paramétrée $a = a(y) = a + \sum_{j=1}^d y_j \psi_j$, pour des fonctions a et ψ_j données. On cherche alors à approcher l’application qui au vecteur de paramètres $y = (y_j)_{j=1}^d$ associe la solution $u(y)$ dans l’espace H_0^1 . Les travaux de A. Cohen [158, 160] ont révélé que certaines approximations polynomiales parcimonieuses en les variables y_j permettent d’obtenir des vitesses d’approximation indépendantes de d , et qui persistent en particulier dans le cas $d = \infty$. Ces méthodes d’approximations peuvent être implémentées de manière non-intrusive [159, 143], de façon à bénéficier de solveurs existants pour le calcul approché des solutions $u(y)$ pour chaque valeur de y et à réduire fortement le nombre de tels calculs par un échantillonnage adapté.

Méthode de décomposition de domaine pour la simulation de modèles de solvation implicites en chimie moléculaire

La plupart des phénomènes physiques et chimiques d’intérêt pour la chimie et la biologie ont lieu en phase liquide, les effets des solvants jouent en effet un rôle crucial dans ces processus. Il existe essentiellement deux approches différentes pour expliquer les effets des solvants dans le calcul des propriétés d’une molécule ou d’un ion solvato. La première consiste à utiliser un

modèle solvant explicite, dans lequel le système chimique simulé est composé de la molécule de soluté et d'un (très !!) grand nombre de molécules de solvant. La deuxième approche consiste à utiliser un modèle de solvant implicite, dans lequel la molécule de soluté à l'étude, parfois avec un petit nombre de molécules de solvant faiblement liées au soluté, est incorporée dans une cavité entourée d'un milieu continu modélisant le solvant. Les modèles de solvants implicites sont largement utilisés dans la pratique.

Le formalisme mathématique des équations intégrales pour de tels modèles implicites a d'abord été proposé par E. Cancès, B. Mennucci et J. Tomasi, cela a été la formulation par défaut dans le code Gaussian qui est ainsi largement utilisée. Du point de vue du calcul, un grand avantage de ce formalisme est qu'il transforme de manière équivalente, le problème original défini dans l'espace 3D en une équation intégrale posée sur la frontière du diélectrique, ainsi le coût de calcul peut être considérablement réduit. Les modèles de solvants implicites les plus populaires sont le "Polarizable Continuum Model" (PCM) and the "conductor-like screening model" (COSMO) où le solvant est modélisé comme un continuum de type conducteur. Ce modèle peut être considéré comme un cas particulier du PCM où la constante diélectrique du solvant est fixée à $+\infty$, le solvant est ainsi représenté par un conducteur parfait.

Dans une série de papiers Y. Maday, B. Stamm et leurs collaborateurs ont proposé et étudié diverses stratégies numériques, en particulier pour les implémentations parallèles d'une nouvelle approche pour ces modèles solvants implicites. Il ont ainsi généralisé la méthode de décomposition du domaine classique de Schwarz aux équations intégrales dans un nouveau formalisme. Les améliorations obtenues par cette méthodologie permettent d'obtenir la solution à ces problèmes jusqu'à des centaines de fois plus rapidement. Combinés avec des techniques itératives améliorées pour résoudre la dynamique moléculaire polarisable, des calculs pour des problèmes d'évolution ont été réalisés avec une belle efficacité parallèle, à la fois pour une mise à l'échelle forte et faible (strong and weak scaling). L'un des rapporteurs sur l'un des articles portant sur l'extension à PCM du premier document sur DDCosmo [373] (sélectionné comme article 2016 Editors' Choice qui contient 70 articles choisis par les éditeurs comme les articles les plus novateurs et influents de 2016) a déclaré :

The introduction of Schwarz's decomposition in the computational methods describing solvent effects on molecular systems, pioneered in the Cosmo paper [121], is one of the most important innovations of the last years in computational chemistry.

Cette série d'articles [43, 281, 309, 307, 308] illustre très bien l'impact positif de la collaboration entre un groupe de chimistes et de mathématiciens. Les différentes implémentations du code sont disponibles sur :

<https://www.ddpcm.org/> et <http://www.ip2ct.upmc.fr/tinkerHP/article3.html>.

Schéma de diffusion non-linéaire

Le nouveau schéma de diffusion non linéaire pour l'équation de diffusion développé par X. Blanc pourrait être donné comme modèle pour les études en collaboration avec un partenaire extérieur. Cette étude correspond au cadre moderne et très lié aux applications industrielles dans lequel sont menés les travaux sur la discrétisation des opérateurs de type Laplacien. Il s'agit en effet d'obtenir des méthodes numériques avec les propriétés suivantes : consistance, stabilité, conservation, stencil compact pour un maillage général, préservation du principe du maximum, symétrie de la matrice et enfin linéarité. Or il n'est pas possible de préserver l'ensemble de ces propriétés. La solution originale proposée dans ce travail consiste à abandonner principalement la linéarité en introduisant une reconstruction non linéaire locale.

D'un point de vue théorique cette solution à première vue paradoxale ouvre de nouvelles perspectives sur le plan de l'analyse numérique. D'un point de vue pratique, la méthode a depuis été implémentée dans un code de production au CEA.

Une nouvelle équation intégrale multi-traces

Le formalisme multi-traces consiste à formuler par des équations intégrales de bord la propagation d'ondes en régime harmonique dans des géométries à sous-domaines multiples, plus précisément à coefficients discontinus d'un sous-domaine à l'autre. Ces formulations adaptées posent des questions théoriques profondes concernant leur cadre fonctionnel, dont certaines ont été résolues récemment par X. Claeys [153, 154, 152, 150, 155]. Soulignons une propriété importante : ce formalisme est naturellement compatible avec les méthodes de décomposition de domaine.

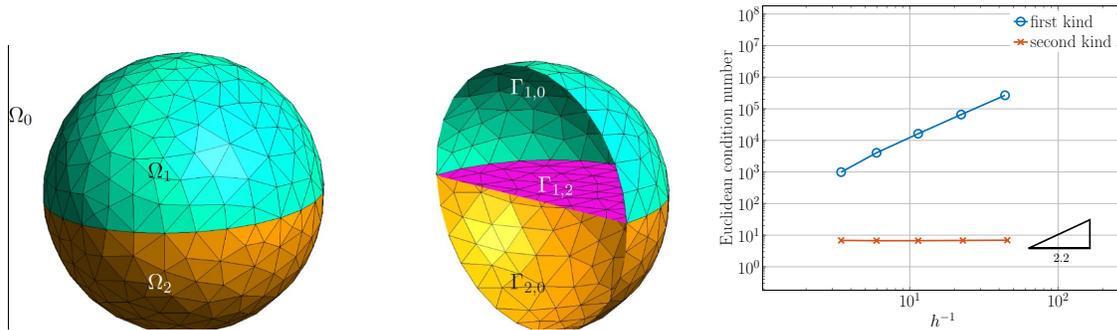


FIGURE 2.1 – Problème de diffusion 3D multi-domaines impliquant des points de jonctions. Conditionnement en fonction du pas du maillage, comparaison entre une formulation standard (bleu) et une formulation multi-trace (rouge).

Équations de contraintes d'Einstein

Dans le cadre d'une bourse postdoc de la Fondation des Sciences Mathématiques de Paris, The-Cang Nguyen a étudié les équations de contraintes d'Einstein. Dans un travail essentiel pour la relativité numérique, il a établi l'existence de données initiales physiquement réalistes, contenant des ondes gravitationnelles et des champs de matière. Rappelons que les contraintes d'Einstein sont des équations de compatibilité que les données initiales doivent satisfaire afin que le problème de Cauchy associé aux équations d'Einstein de la relativité générale soit bien posé. Dans les années 50, Lichnerowicz a proposé une formulation mathématique de ce problème et la résolution d'un problème elliptique non linéaire. Les inconnues de ce système elliptique sont un champ scalaire et un champ de 1-formes définis sur une variété riemannienne de dimension trois. Jusqu'à ces dernières années, seules les données initiales de courbure moyenne constante (CMC hypersurfaces) avaient pu être traitées par les techniques d'analyse disponibles. Sous l'impulsion de The-Cang Nguyen, une avancée importante dans l'étude des solutions de courbure moyenne "arbitraire" a ouvert la voie à l'étude de données initiales très générales et pertinentes pour les applications physiques.

Discrétisations robustes en mécanique des fluides

Dans le cadre d'un accueil en délégation (B. Di Martino) et d'un financement INSU-INSMI du projet CORSURF (C. Guichard), M.-O. Bristeau, C. Guichard, B. Di Martino, et J. Sainte-Marie [107] ont étudié la dérivation du modèle multicouches qui sert de base aux codes de simulation au sein de l'équipe ANGE et qui avait été introduit par Audusse *et al.* en 2011. La méthode utilisée précédemment reposait sur un développement asymptotique par rapport à des grandeurs caractéristiques de l'écoulement. Dans ce travail, une nouvelle méthode est proposée pour dériver ce modèle, basée sur un procédé de minimisation d'une énergie, de manière semblable aux travaux de Levermore *et al.*. Le résultat majeur de ce travail fournit une discrétisation des termes de viscosité pour une rhéologie quelconque et vérifiant une estimation d'énergie fondamentale pour la stabilité du schéma. Il est ensuite appliqué au cas particulier des fluides newtoniens pour lesquels on constate la présence de nouveaux termes par rapport aux travaux fondateurs de Gerbeau et Perthame en 2001. Cela constitue une pierre essentielle pour l'implémentation de codes de calcul robustes et plus riches en termes de modélisation physique.

Imagerie tridimensionnelle du cerveau et calcul scientifique

De façon remarquable, le fait marquant suivant est à la fois une avancée en imagerie médicale et en calcul scientifique : dans le cadre de l'ANR Medimax (porteur C. Pichot, Université de Nice), F. Hecht, P. Jolivet, F. Nataf et P.H. Tournier ont travaillé sur l'imagerie tridimensionnelle du cerveau à partir de mesures électromagnétiques. Ce travail sur l'imagerie microondes réalisé en collaboration avec la jeune pousse autrichienne EMTensor montre pour la première fois la possibilité d'une telle imagerie et leur a valu le prix Joseph Fourier–Bull 2015 <http://www.bull.com/fr/prix-bull-joseph-fourier>. La principale difficulté était d'obtenir l'image tridimensionnelle en moins de cinq minutes dans le cas d'un accident vasculaire cérébral (AVC, Fig. 2.2) pour pouvoir orienter le plus tôt possible la thérapeutique, complètement différente suivant qu'il s'agit d'un infarctus cérébral ou d'une hémorragie. Cela a été rendu possible par l'utilisation de calculateurs haute performance à plusieurs milliers de cœurs de calcul via différents paradigmes de parallélisme dont les méthodes de décomposition de domaine mises en œuvre dans FreeFem++ via la bibliothèque HPDDM [277]. Ces deux logiciels libres sont développés au LJLL.

Simulation d'écoulements cardio-vasculaires

L'interaction entre simulation et données cliniques ou expérimentales a stimulé la mise au point de stratégies d'identification de paramètres basées sur des techniques de filtrage non linéaire, qui ont été proposées sur des portions d'artère 3D (thèse de C. Bertoglio [72]), des réseaux artériels 1D (D. Lombardi [311]) ou 0D (postdoc de S. Pant [341]), et un modèle électromécanique de cœur (postdoc de C. Corrado [181]). Dans le cadre des travaux de la Modelling Of Congenital Hearts Alliance (MOCHA), qui rassemble des équipes d'Inria, du Politecnico di Milano, de l'UCL (Londres), et des Universités de Stanford et de San Diego, l'étude d'écoulements pathologiques dus à des malformations cardiaques congénitales a été menée sur des données réelles d'imagerie visant à préparer une chirurgie corrective. Ces travaux ont en particulier été effectués au cours de la thèse de G. Arbia, menée sous la direction conjointe de J.-F. Gerbeau et I. Vignon-Clémentel [32] (voir la figure 2.3).

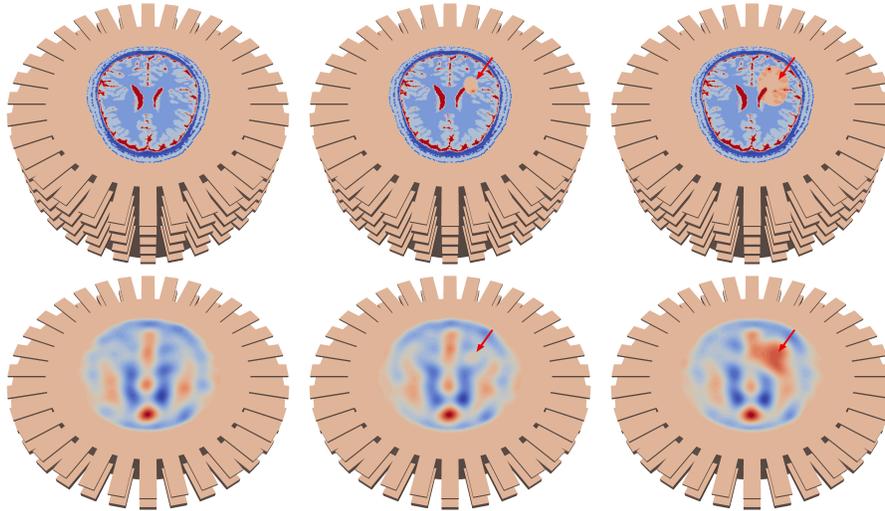


FIGURE 2.2 – Evolution d'un AVC : champ exact 3D et reconstruction avec des données bruitées (10%).

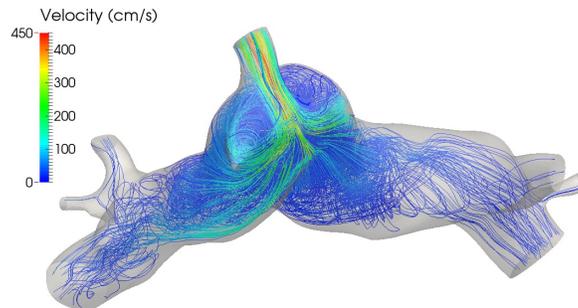


FIGURE 2.3 – Écoulement du sang dans l'anastomose pulmonaire entre grande circulation (ou circulation systémique) et petite circulation (ou circulation pulmonaire) calculé à partir de données spécifiques à un patient, ici à 6 mois de vie, atteint d'une malformation cardiaque congénitale (atrésie pulmonaire à septum interventriculaire intact) pour mieux appréhender sa 2ème intervention chirurgicale à venir. Une première intervention de palliation chirurgicale a en effet consisté à relier par un shunt central artificiel l'aorte ascendante à l'artère pulmonaire (ligaturée en amont), les deux circulations se faisant ainsi dans cette phase transitoire en parallèle à partir de l'aorte. Les lignes de flux dans l'anastomose, du haut vers le bas sur la figure pour les plus rapides, montrent un écoulement particulièrement peu naturel, 3 jours avant la 2ème intervention. Dans le cas présent, les mesures de flux ont été effectuées par résonance magnétique cardiovasculaire dans les deux branches de l'artère pulmonaire et additionnées pour obtenir le flux principal dans l'anastomose [32].

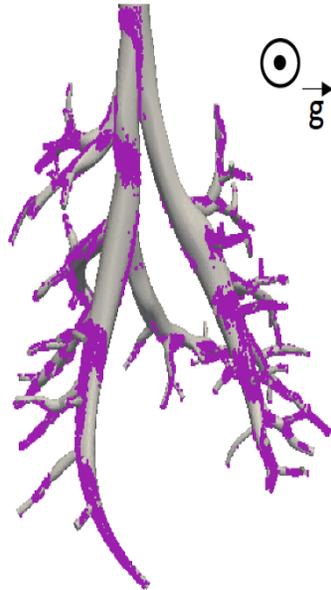


FIGURE 2.4 – Simulation de dépôt de particules dans l’arbre bronchique pour mieux comprendre les différences d’inhalation de microparticules pathogènes ou curatives entre cas normaux et cas atteints d’emphysème chez le rat [337]. Le dépôt, inhomogène entre les lobes du poumon, se fait principalement selon la gravité et proche des bifurcations ; il est fortement impacté par le choix d’une simulation stationnaire ou instationnaire.

Simulation de dépôt de particules dans l’arbre bronchique

La modélisation du transport et du dépôt de particules dans les voies aériennes, considérée aussi bien d’une manière théorique que numérique, allant jusqu’à des comparaisons avec l’expérimentation physiologique, a conduit L. Boudin, C. Grandmont et A. Moussa à des développements originaux. Dans le cadre du post-doc d’A. Lorz, ils ont introduit un schéma explicite et l’ont étudié numériquement pour un modèle fluide-cinétique prenant en compte non seulement la force de rétroaction des particules sur le fluide mais aussi l’aspect mobile du domaine fluide [94]. L’existence de solutions faibles pour le couplage fluide-cinétique considéré a été, par ailleurs, démontrée dans [95]. Dans le cadre du post-doc de J. Oakes et en collaboration avec C. Darquenne, A. Marsden, S. Shadden, ces travaux ont ciblé, dans un premier temps, la phase inspiratoire du cycle respiratoire ; les résultats numériques de dépôt ont été comparés avec les données expérimentales de dépôt obtenues pour des rats sains et emphysémateux (voir la figure 2.4).

Chapitre 3

Organisation et vie de l'unité

3.1 Structuration et gouvernance

Tutelles. Rappelons que le LJLL est sous la co-tutelle de l'UPMC, du CNRS et (depuis 2014) de l'UPD. Il bénéficie d'une DGG (délégation générale de gestion) assurée par l'UPMC, ce qui signifie que les ressources CNRS et UPMC du LJLL sont fusionnées en un seul compte géré par l'UPMC. Par contre l'UPD gère séparément ses crédits, ce que nous apprécions puisque cela nous donne accès à différents marchés.

Le laboratoire est également en fort partenariat avec l'Inria qui partage actuellement 4 équipes avec le LJLL (Alpines, Ange, Mamba, Reo). Enfin le CEA participe à la vie du LJLL avec le Laboratoire Conventionné de Recherche MANON.

Gouvernance. Les directeur et directrice adjointe s'appuient sur un conseil de laboratoire élu en 2014 qui se réunit en général trois fois par an pour décider des orientations concernant le fonctionnement du LJLL, de l'utilisation des crédits, des profils de postes. Des assemblées générales sont organisées deux fois par an à l'occasion des JILL (voir ci-dessous).

Actuellement chaque membre du laboratoire peut disposer d'un ordinateur, bénéficier de crédits pour une mission et pour une à deux semaines d'invitation de chercheurs extérieurs. Le CNRS, la FSMP, l'IHP et Inria ont des appels d'offre pour des missions ou des invitations longues. Par ailleurs chaque groupe de travail dispose d'une enveloppe de 1 K-euro environ.

Structure en thèmes. Le laboratoire se structure en thèmes de recherche qui s'appuient sur la notion de "groupe de travail", structures souples et dynamiques dont les thématiques scientifiques évoluent régulièrement. En effet, désirant favoriser les synergies entre ses chercheurs, le laboratoire n'est pas structuré en équipes qu'il voit comme un frein à la mobilité thématique et aux collaborations. Les équipes Inria sont la seule exception imposée par la nature des équipes-projet, mais dans les faits, elles sont vraiment immergées dans la vie du laboratoire.

Le LJLL a donc été décidé, en conseil de laboratoire, de présenter les activités sous l'angle des champs méthodologiques et des thèmes applicatifs. Pour chacun des cinq champs ou thèmes, un chercheur ou enseignant-chercheur a accepté de rédiger les résultats et de proposer des perspectives. Nous sommes conscients que cette écriture collective et matricielle entraîne des inhomogénéités et des redondances, et peut-être des oublis, mais cette approche

représente assez bien l'esprit du laboratoire qui mélange intimement théorie mathématique et intérêt pour les applications.

Vie scientifique. La vie scientifique du laboratoire s'appuie sur une réelle convivialité et un ensemble d'évènements scientifiques listés en section § 8.2.

- le séminaire du laboratoire, les vendredi de 14 à 15 heures, séminaire qui connaît une assistance nombreuse,
- les “Leçons Jacques-Louis Lions”, organisées depuis 3 ans, visent à faire le point sur des sujets émergents et participent à notre politique de prospective,
- les Journées Internes du Laboratoire Lions (JILL) assurent la promotion interne des résultats récents obtenus par les membres du LJLL et permettent une meilleure connaissance réciproque des sujets de recherche. Elles sont organisées deux fois par an. Pendant ces journées, quelques membres du laboratoire (permanents ou non) sont invités à présenter pendant 20 minutes leurs travaux récents devant l'assemblée du laboratoire. Elles se terminent par une Assemblée Générale.
- les groupes de travail thématiques, nombreux, permettent également à une partie des membres du laboratoire de se rencontrer régulièrement.

Gestion administrative et financière. La gestion financière quotidienne est assurée par une cellule administrative réunie au sein d'un bureau unique sur Jussieu. Composée de 3 personnes, et 1/2 poste sur l'UPD, cette cellule gère l'ensemble des crédits relevant de la DGG et de l'UPD. En terme de volume cela représente donc toutes les dépenses de fonctionnement, de recrutement, d'accueil de visiteurs qui s'appuient sur les crédits récurrents, les ANR, les contrats institutionnels ou industriels. Ce volume est considérable et est en augmentation régulière, en raison de l'augmentation de la taille du laboratoire et de ses ressources.

Désormais, 3 personnes sur Jussieu ne suffisent plus, compte tenu, par exemple, de la montée en puissance de SMILES et des 4 ERC à gérer. Il s'agit d'un point de vigilance fondamental dans le court terme.

Doctorants. Les doctorants effectuent leur recherche sur place ou dans un laboratoire associé public ou industriel; environ 70 jeunes chercheurs travaillent ainsi sur leur projet de thèse en étant rattachés au Laboratoire Jacques-Louis Lions. La règle maintenant obligatoire est que tous les doctorants bénéficient d'un financement dans le cadre du contrat doctoral. Chaque année une affiche présente, dans chaque couloir, les portraits des nouveaux doctorants de l'année.

Les doctorants organisent leur propre groupe de travail hebdomadaire qui se déroule le mardi soir. Ils disposent d'une caméra permettant de se revoir et améliorer la présentation si nécessaire.

Les doctorants organisent annuellement le Tournoi Interne de Football.

Les doctorants sont invités à rencontrer en première année de thèse le directeur et la directrice adjointe pour faire le point sur l'avancée de leur travail, éventuellement discuter de leurs aspirations et recevoir quelques conseils si nécessaire. Il est rappelé à ce moment l'importance de participer à des rencontres, colloques, conférences et séminaires, et en particulier au groupe de travail des thésards et au Séminaire du Laboratoire du vendredi. Depuis 2017 un entretien à mi parcours est imposé par l'École Doctorale.

Les doctorants n'ont, en général, pas de difficulté pour trouver un emploi en fin de thèse, avec de nombreux recrutements industriels ou académiques.



Le Tournoi Interne de Football 2016

Locaux. Les locaux du LJLL se divisent naturellement en deux parties, sur le site Jussieu de Paris 6 et sur le site Sophie Germain de Paris 7, respectivement. Quelques bureaux sont prévus sur chaque site pour accueillir temporairement les chercheurs du laboratoire rattaché à l'autre site.

Au-delà de la fermeture pénalisante de salles de travail à Sophie Germain (locaux de Paris 7), deux événements ont marqué les 5 dernières années.

D'une part, suite à l'accord du conseil d'UFR et au constat de surpeuplement du laboratoire, la présidence de l'UPMC a permis au LJLL de s'agrandir en lui attribuant deux salles de cours situées dans son périmètre et qui engendraient des nuisances (bruits, demandes d'ouverture de porte, demandes de renseignements divers). Nous sommes maintenant dans une situation bien plus agréable, au moins pour quelque temps.

D'autre part, Inria-Rocquencourt est devenu Inria de Paris. Le critère d'attribution des bureaux a changé et il a été décidé que chaque membre d'équipe commune avec le LJLL aurait un bureau unique (soit à Jussieu, soit rue du Charolais) et que chaque équipe-projet aurait un bureau commun sur chaque site. Cela fonctionne dans de bonnes conditions.

3.2 Les équipements informatiques

Avec une composante scientifique orientée vers les moyens de calcul actuels, le laboratoire se doit également de développer une certaine autonomie en ce qui concerne ses réseaux informatiques. Il dispose ainsi de ses propres serveurs de courrier électronique, et de plusieurs serveurs de calcul installés dans une salle réfrigérée située dans le périmètre du LJLL.

Le plus important de ces serveurs de calcul est le cluster Hydre 2 de SGI, mutualisé avec le LPMA/LSTA et qui compte 250 cœurs. Il a été financé sur un appel d'offre SESAME de la région avec l'aide du CNRS, de l'UPMC et les laboratoires impliqués. Il s'agit d'une machine d'entrée dont les objectifs sont doubles : (i) permettre aux nouveaux utilisateurs, et en particulier aux doctorants, une prise en main simple et rapide, (ii) permettre aux experts de tester leurs algorithmes sans contraintes avant de passer des calculs importants sur des machines de l'UPMC ou du niveau national.

Ces serveurs de calcul jouent un rôle clé pour les calculs liés à certains projets ANR ou institutionnels, contrats industriels, et à la formation des étudiants et doctorants.

Une démarche générale de mutualisation au sein de l'UFR est en cours de mise en place. Elle se décline à la fois sur les aspects humains et équipements et couvre l'ensemble des

besoins de l'UFR. La cellule informatique reste néanmoins d'une grande fragilité. Malgré les 4 apprentis et CDD formés, il n'a pas été possible de stabiliser ce personnel sur les postes disponibles compte tenu des concours et de la demande dans le privé.

3.3 Enseignement et formation par la recherche

M2 Mathématiques de la Modélisation. Le laboratoire est fortement impliqué dans le parcours "Mathématiques de la Modélisation" du M2 de Mathématiques de l'UPMC. Avec environ 70 étudiants par an, ce parcours est des plus attractifs. Il offre des cours très variés du meilleur niveau scientifique, et s'appuie sur des conventions avec l'École Polytechnique, l'École Nationale des Ponts et Chaussées et l'Université Paris-Dauphine.

Il s'organise autour des thèmes du LJLL avec 5 Majeures : Analyse Numérique et Equations aux Dérivées Partielles (ANEDP), Contrôle Optimisation et Calcul des Variations (COCV), Energie et Matériaux pour les Futurs (EMF), Calcul Scientifique Hautes Performances (HPC), Mathématiques Appliquées aux Sciences Biologiques et Médicales (MBIO), représentant ainsi toutes les forces de recherche présentes au laboratoire.

Depuis 2015, ce M2 s'est coordonné avec les informaticiens, les probabilistes et statisticiens pour créer le Certificat Big Data.

Mathématiques Pour l'Entreprise. Suivant sa politique scientifique d'ouverture sur le monde économique, la majeure MPE, proposée dans le parcours "Ingénierie mathématique" du M2 de Mathématiques de l'UPMC, s'appuie fortement sur les compétences du laboratoire à la fois au niveau des cours et de son organisation.

MAIN. Le Laboratoire s'est fortement investi dans la création de la filière MAIN (Informatique et Mathématiques Appliquées) de Polytech Paris-UPMC qui vise à former des ingénieurs maîtrisant totalement la chaîne du calcul. Grâce à un réseau important d'industriels, cette filière a reçu, avec enthousiasme, l'habilitation de la CTI pour 3 ans (titre d'ingénieur) et le label européen pour les formations d'ingénieur (EUR-ACE master). MAIN a ouvert en 2015. Le LJLL est fortement impliqué dans l'enseignement au sein de MAIN.

École Doctorale. C'est en contact constant avec l'École Doctorale de Sciences Mathématiques de Paris Centre que le laboratoire suit ses doctorants. Il y organise des cours, les Leçons Jacques-Louis Lions et, maintenant, le suivi doctoral à mi-parcours.

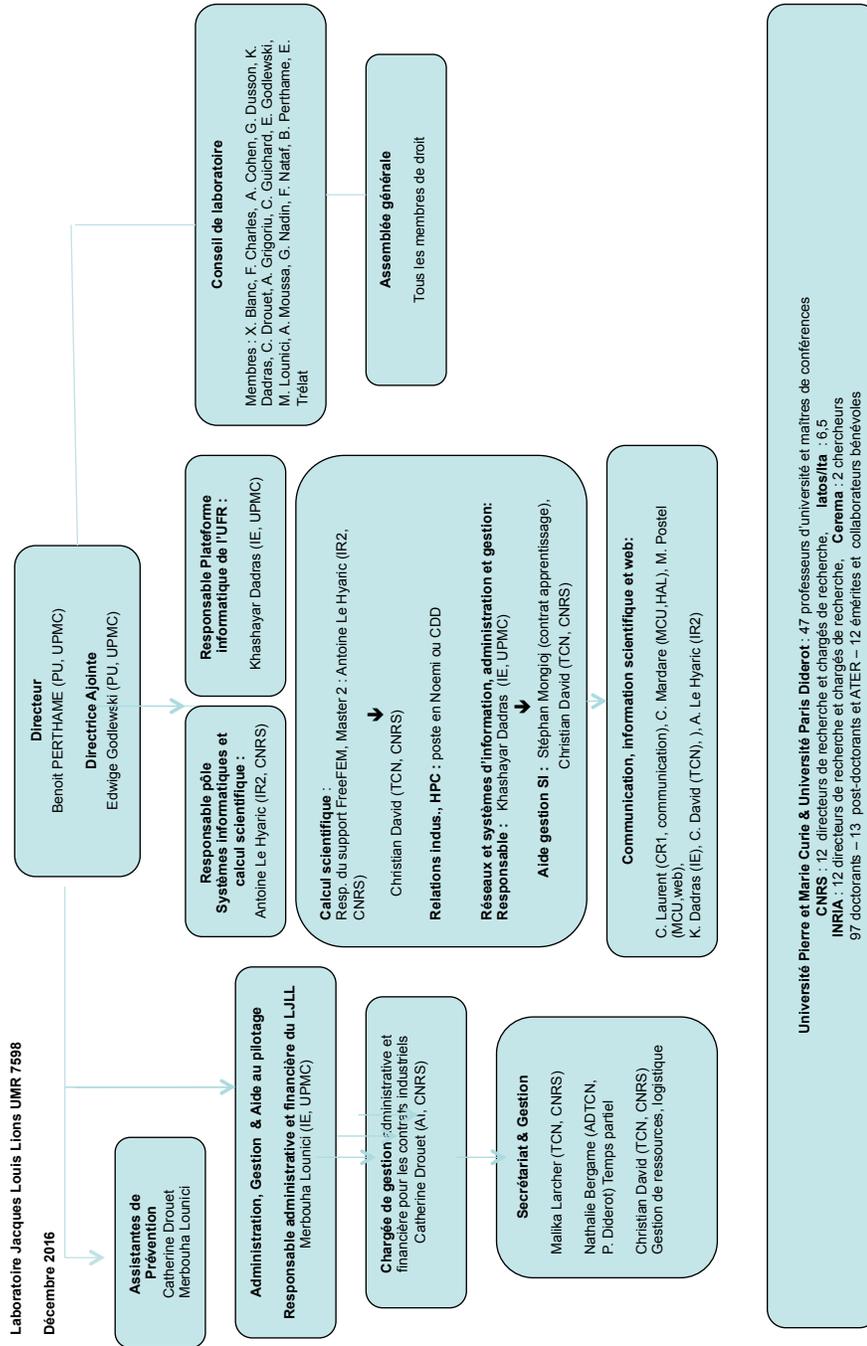
3.4 Prospective et recrutement

La politique scientifique du LJLL se caractérise par une recherche active et collective de thèmes nouveaux, dans les domaines d'activité décrits ci-dessous. Celle-ci permet une évolution régulière des thèmes applicatifs représentés et des méthodes mathématiques nécessaires pour les couvrir. Discutée et décidée au sein du Conseil de Laboratoire, la politique scientifique s'appuie sur des outils tels que les invitations au séminaire ou groupes de travail, les Leçons Jacques-Louis Lions, les cours de M2.

L'outil principal permettant de décider et mettre en oeuvre cette politique scientifique, au niveau des recrutements, est un comité de prospective, largement ouvert aux membres du laboratoire et animé par Albert Cohen. Ce comité a été déterminant ces dernières années quand des postes de professeur ont dû être soutenus par des opérations scientifiques au niveau de l'université.

Nous entendons bien entendu continuer à explorer les thèmes émergents. Nous fixer des objectifs scientifiques innovants est en effet un moyen de faire avancer la connaissance et aussi un moyen d'augmenter l'attractivité du LJLL. C'est ainsi que le Laboratoire a développé, dans les dernières années, des axes forts autour de la relativité, des couches limites en océanographie, de la chimie quantique et moléculaire, des sciences du vivant, de la plasticité... La politique de recrutement autour de tels axes a été en particulier soutenue par la création de postes inter-UFR.

3.5 Organigramme



Chapitre 4

Auto-analyse SWOT

RECHERCHE

Force	Faiblesses
<p><i>Actions mises en place</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Combiner EDP et aléa (UQ, ...) - Recrutements2. Proactif sur le calcul haute performance (Sesame)3. Accompagner les initiatives interdisciplinaires Chimie Q/ Plas@Par/Sciences du vivant (recrutement, labex) <p><i>Productions et résultats marquants</i></p> <ol style="list-style-type: none">4. Excellence des chercheurs (ERC, IUF, ANR, ...)5. Partenaires : FSMP, Inria, Manon, ISCD, SU6. Deux membres élus à l'Académie des Sciences	<p><i>Difficultés de mise en place des actions</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Positionnement BigData/ Optimisation et grande dimension (échec des recrutements)2. Positionnement SHS (peu de chercheurs impliqués) <p><i>Retards ou échecs et leurs raisons</i></p> <ol style="list-style-type: none">3. Positionnement sur SPC et les Instituts SU hors ISCD et Plas@Par (appels d'offre peu appropriés)4. Départ de L. Saint-Raymond
Opportunités	Menaces
<p><i>Projets ou améliorations</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Nouvelles universités SU et SPC (nouveaux contacts interdisciplinaires)2. Postes inter-UFR de l'UPMC (trouver de nouvelles collaborations)3. Départs en retraite ont commencé (recherche active de candidats PR)	<p><i>Contraintes externes limitant le projet</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Des départs de poids lourds liés à la pyramide des âges seront pénalisant, par exemple pour le thème "sciences du vivant"2. Conditions matérielles difficiles en région parisienne3. Départs potentiels de S. Serfaty et P.-L. Combettes4. Impact de la fusion P3-P5-P7 sur la double structure P6-P7 actuelle du laboratoire.

FORMATION PAR LA RECHERCHE

Force	Faiblesses
<p><i>Actions mises en place</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Organisation en ‘majeures’ et trimestre des M2 ‘Modélisation’ et ‘Maths-Entreprise’ 2. Diplôme ‘big data’ 3. Contacts internationaux 4. Poursuite en thèse des étudiants du M2 5. Dynamisme de l’équipe des doctorants 	<p><i>Difficultés de mise en place des actions</i></p> <p>Pas (encore) de M2 EDP/calcul scientifique sur UPD</p>
Opportunités	Menaces
<p><i>Projets ou améliorations</i></p> <p>FSMP-DIM-Bourses européennes</p>	<p><i>Contraintes externes limitant le projet</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La remise en cause de partenariats (avec l’X et Paris-Saclay, PSL et ENS) 2. Le vivier d’étudiants risque de diminuer

IMPACT ECONOMIQUE ET SOCIETAL

Force	Faiblesses
<p><i>Actions mises en place</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tremplin Carnot SMILES 2. SESAME IdF et Hydre2 3. FreeFEM++ 4. Valorisation des mathématiques dans le monde économique (contrat, stages M2) 5. Participation active à l’organisation du Forum Emploi Maths, à AMIES 	<p><i>Difficultés de mise en place des actions</i></p> <p>Surcharge des enseignants-chercheurs impliqués</p>
Opportunités	Menaces
<p><i>Projets ou améliorations</i></p> <p>Participation à des événements tout public (fêtes de la science, exposés tout public, SMAI...)</p>	<p><i>Contraintes externes limitant le projet</i></p> <p>Pérennisation de SMILES pas acquise</p>

PILOTAGE, STRUCTURE, GOUVERNANCE ET ANIMATION

Force	Faiblesses
<p><i>Actions mises en place</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le LJLL est particulièrement actif dans les structures UPMC (UFR, ED, Commission des thèses, Master) 2. Réorganisation de la cellule administrative 3. Structure scientifique qui s'appuie sur la notion ouverte, dynamique et polymorphe de "groupe de travail" (convivialité) 4. Initiatives individuelles, incitation à déposer des ERC 5. Séminaire du vendredi qui est un événement chaque semaine 6. Chaine Youtube 7. Réaménagement des locaux 8. Utilisation de HAL 	<p><i>Difficultés de mise en place des actions</i></p> <p>Manque de personnel pour la cellule administrative</p> <p>Le problème des locaux risque de se reposer bientôt</p>
Opportunités	Menaces
<p><i>Projets ou améliorations</i></p> <p>Toujours des marges de croissance possibles avec nos partenaires</p>	<p><i>Contraintes externes limitant le projet</i></p> <p>L'équipe réseau d'information s'appuie sur un seul permanent et des apprentis/CDD</p>

Chapitre 5

Projet scientifique

5.1 Perspective historique et évolutions récentes

Depuis toujours, les mathématiques ont été mises à contribution pour apporter des réponses satisfaisantes aux questions de *modélisation* et de *calcul*. Ces questions ont suscité au cours des deux derniers siècles le développement de domaines à part entière des mathématiques : optimisation et théorie du contrôle, théorie de l'approximation, analyse harmonique, analyse des équations aux dérivées partielles, calcul des variations. La perspective offerte par l'apparition des ordinateurs a conduit dans la deuxième moitié du 20ème siècle au développement de l'analyse numérique, domaine des mathématiques consacré à l'étude de méthodes de calcul approché, et qui permet d'en garantir la précision de façon rigoureuse.

La naissance et le développement du Laboratoire d'Analyse Numérique, issu en 1969 de l'Institut Blaise Pascal, et devenu depuis 2003 le Laboratoire Jacques-Louis Lions, traduisent l'intérêt de réunir à travers une structure cohérente des mathématiciens couvrant l'intégralité d'un spectre de disciplines allant de la modélisation au calcul. Le laboratoire a constamment cherché à maintenir un équilibre et une interaction permanente entre ses diverses composantes, qu'elles soient orientées vers l'analyse théorique de modèles ou vers le développement et la mise en oeuvre de techniques de calcul scientifique. Il a toujours été par nature ouvert et pro-actif quant aux collaborations interdisciplinaires et industrielles.

Plusieurs tendances récentes sont à prendre en compte dans la réflexion sur le positionnement et la politique scientifique future du LJLL :

Visibilité thématique croissante. Les domaines d'intérêt centraux du laboratoire confirment l'accroissement de leur visibilité au plus haut niveau de la communauté mathématique : les très grands prix tels que la médaille Fields ou le prix Abel, les invitations à l'International Congress of Mathematicians, les élections dans les Académies des Sciences, consacrent depuis deux décennies des chercheurs travaillant dans le domaine des équations aux dérivées partielles, de l'optimisation et du contrôle, et de l'analyse numérique.

Évolution de la demande industrielle. Une partie importante de la simulation numérique classique est depuis quelques années confiée à de gros codes polyvalents développés par des entreprises dédiées. Ceci n'empêche pas les utilisateurs industriels d'avoir à nouveau besoin des mathématiciens pour l'amélioration de ces codes ou le post-traitement des données qu'ils génèrent. D'autre part, la complexité croissante des modèles envisagés exige souvent des

développements et analyses plus spécifiques. Enfin de nouveaux acteurs et partenaires potentiels entrent en scène, en particulier sous la forme de start-up et PME dont le développement nécessite souvent une expertise mathématique.

Nouvelles interfaces multidisciplinaires. La modélisation mathématique et la simulation numérique sont de plus en plus présentes dans les disciplines des sciences du vivant au sens large. On peut citer la biologie, la médecine, la génétique, les sciences humaines et sociales, l'économie, l'écologie... Ces nouvelles interfaces impliquent un dialogue avec des scientifiques ne possédant souvent pas le bagage mathématique de partenaires plus traditionnels (ingénieurs, physiciens, mécaniciens).

Calcul scientifique et big data. Le développement à grande échelle des serveurs de données et des clusters offre de nouvelles possibilités aux utilisateurs du calcul scientifique qui sont amenés à en tenir compte dans les méthodes qu'ils développent (calcul distribué, parallélisme). L'intrusion des grandes masses de données, récoltées en particulier par le biais d'internet, pose des problèmes nouveaux, et remet en question le statut même de la modélisation : doit-on envisager une prédiction uniquement basée sur une grande richesse de données réelles plutôt que sur des modèles physiques qui sont par nature approximatifs ?

5.2 Politique scientifique

Dans ce contexte général, la politique scientifique du laboratoire sera en particulier marquée par les objectifs suivants :

Prospective pour le long terme dans le recrutement. Le recrutement des chercheurs de rang A continuera à se fonder sur une politique prospective visant à évaluer suffisamment à l'avance les candidats potentiels sur les thèmes qui intéressent le laboratoire. Un point particulièrement sensible est lié à la pyramide des âges actuelle des professeurs du laboratoire : celle-ci indique une répartition régulière et dense sur la tranche 50-65 ans, et uniquement 3 membres sur la tranche 30-50 ans.

Les départs à la retraite seront donc réguliers, donnant lieu à des possibilités de recrutement, à travers lesquels il sera important de re-équilibrer la pyramide des âges. Ces recrutements de jeunes professeurs sont cruciaux car ils influenceront de manière essentielle l'avenir du laboratoire. Outre les orientations scientifiques rappelées ci-après, il sera aussi pertinent de tenir compte des aptitudes de ces chercheurs à oeuvrer pour la collectivité au sein du laboratoire.

Conserver un équilibre thématique et une structure globale. La force du LJLL repose sur l'excellence scientifique de ses membres réunis dans une structure globale qui favorise les échanges et évite les cloisonnements. Il nous semble essentiel de maintenir cette structure. Outre le maintien d'une représentation équilibrée sur l'ensemble de la chaîne :

Modélisation → Analyse théorique → Analyse numérique → Calcul scientifique,
la croissance en taille de l'unité justifie un effort approfondi pour permettre la circulation des idées entre ces différents maillons, à travers les séminaires et rencontres internes.

Par ailleurs, l'une des forces importantes du laboratoire repose sur son assise dans l'enseignement, à travers la spécialité "mathématiques de la modélisation" du master qui permet la formation de jeunes chercheurs dans nos disciplines. Un effort sera maintenu pour que l'offre

proposée par cette formation prenne en compte les thèmes de recherches les plus porteurs développés au LJLL, et soit attractive à l'international.

Développement d'interfaces thématiques et appliquées. Le laboratoire poursuivra son effort de positionnement sur des interfaces pluridisciplinaires pertinentes, à travers les recrutements, invitations, organisation d'évènements scientifiques, et mise en place de collaborations

- (i) Les thèmes d'applications d'ores et déjà explorés dans les domaines biomédical, chimie, environnement et énergie seront maintenus. Il s'agit de thèmes larges sur lesquels les chercheurs du laboratoire ont acquis des compétences suffisamment variées pour permettre un renouvellement des applications explorées.
- (ii) La dimension stochastique inhérente à de nombreuses modélisations (quantification d'incertitude, problèmes inverses, phénomènes collectifs, micro-macro) justifie une interaction accrue avec les probabilistes et statisticiens.
- (iii) Le positionnement du laboratoire face à l'intrusion des grandes masses de données pourra se faire par un renforcement de thèmes tels que l'optimisation à grande échelle, l'analyse et la simulation en grande dimension, les méthodes de représentation et d'approximation parcimonieuses.

Développement des relations industrielles. Le LJLL dispose désormais d'une structure dédiée à la mise en place de partenariats industriels : le tremplin Carnot SMILES. La condition pour que SMILES devienne un institut Carnot est que le ratio (montant des contrats de collaboration avec des entreprises/masse salariale de l'Institut) actuellement de 5% devienne supérieur à 10%. Le tremplin a donc vocation à intensifier les collaborations de recherche avec les entreprises, en mettant progressivement à sa disposition de nouvelles ressources humaines lui permettant d'atteindre ses objectifs pour répondre au mieux aux besoins des entreprises en termes de recherche et d'innovation : (i) un facilitateur pour faire le lien entre experts R&D des entreprises et chercheurs sur des intérêts de recherche communs ; (ii) des ingénieurs-docteurs en mathématiques, disponibles immédiatement, qui assistent les chercheurs dans la réalisation de leurs collaborations de recherche avec les entreprises, permettent l'accélération de celles-ci et garantissent un lien constant avec l'entreprise quant au pilotage du projet ; et (iii) une chargée de suivi de la gestion financière et administrative, pour augmenter la capacité de réponse face à l'intensification de l'activité.

Le laboratoire semble bien armé pour répondre à l'ensemble de ces objectifs. Les changements entamés ou attendus dans la structuration des tutelles (fusion P4-P6 SU actée et fusion P3-P5-P7 SPC) mettent en place un contexte nouveau dont il faudra saisir les opportunités en terme de moyens et partenariats.

Chapitre 6

Thèmes mathématiques

6.1 Analyse des EDP, calcul des variations, analyse asymptotique

Cette section a été rédigée par Jérémie Szeftel.

6.1.1 Intervenants

Membres permanents du LJLL : Corentin Audiard, Jean-François Babadjian, Fabrice Bethuel, Xavier Blanc, Matthieu Bonnivard, Muriel Boulakia, Thierry Cazenave, Jean-Yves Chemin, Adina Ciomaga, Anne-Laure Dalibard, Claire David, Bruno Després, Michael Goldman, Céline Grandmont, Alain Haraux, Philippe LeFloch, Antoine Lemenant, Cristinel Mardare, Vincent Millot, Ayman Moussa, François Murat, Grégoire Nadin, Benoît Perthame, Sylvia Serfaty, Didier Smets, Jérémie Szeftel.

Thèses en cours : Jean-François Abadie, Shijie Dong, Mitia Duerinckx, Léo Girardin, Guillaume Lévy, Marc Pegon, Jean Rax, Carlos Roman Parra.

Postdoctorants : Marc Briant, Flaviana Iurlano, Moon-Jin Kang, Frédéric Marbach, Ivan Naumkin, Matthew Paddick.

Intervenants extérieurs : M. Abdelli (Djillali Liabes), N. Alikakos (Athènes), P. Amorim (Sao Paulo), C. Amrouche (Pau), A. Anantharaman (ENPC), M. Anguiano (Séville), H. Bahouri (Créteil), Y. Bakhtin (Courant Institute), G. Barles (Tours), N. Bedjaoui (Amiens), I. Ben Arbi (Gafsa), I. Ben Hassen (Bizerte), K. Benalia (Alger), S. Benjelloun (Benguerir), P. Bella (Leipzig), G. Belletini (Rome), L. Berlyand (Penn State), A. Bertozzi (Los Angeles), F. Beyer (Dunedin), L. Boccardo (Rome), E. Bouin (Dauphine), D. Bucur (Savoie), V. Calvez (ENS Lyon), J. Carillo (Imperial College), J. Casado-Diaz (Séville), T. Chacon Rebollo (Séville), A. Chambolle (Polytechnique), N. Charalambakis (Thessalonique), E. Chasseigne (Tours), P.G. Ciarlet (Hong Kong), S. Conti (Bonn), S. Correia (Lisbonne), R. Danchin Créteil), A. Daniilidis (Madrid), G. David (Orsay), T. De Pauw (Paris 7), L. Desvillettes (Paris 7), J.-P. Dias (Lisbonne), F. Dickstein (Rio de Janeiro), P. Dondl (Durham), R. Donninger (Bonn), Q. Du (Courant Institute), B. Ducomet (CEA DAM), E. Durand-Cartagena (Madrid), M. Escobedo (Bilbao), D. Fang (Zhejiang),

V. Ferone (Naples), A. Figalli (Zurich), M. Figueira (Lisbonne), G. Francfort (Paris 13), N. Fusco (Naples), T. Gallay (Grenoble), S. Gasmi (Tunis), A. Gaudiello (Cassino), D. Gérard-Varet (Paris 7), P. Germain (Courant Institute), M. Ghisi (Pise), D. Giachetti (Rome), A. Giacomini (Brescia), J. Gilles (San Diego), O. Glass (Dauphine), M. Gobbino (Pise), P. Gravejat (Cergy), O. Guibé (Rouen), B. Hamour (Alger), Z. Han (Zhejiang), D. Han-Kwan (Polytechnique), B. Haspot (Dauphine), M. Hillairet (Montpellier), Y. Hou (Hong Kong), C. Imbert (ENS Paris), M.A. Jendoubi (Carthage), R.L. Jerrard (Toronto), K.T. Joseph (Bangalore), M. Josien (ENPC), J. Krieger (EPFL Lausanne), M. Laforest (Montréal), F. Lagoutière (Lyon 1), J. Lamboley (Dauphine), C. Le Bris (ENPC), F. Legoll (ENPC), T. Lepoutre (Lyon), P.-L. Lions (Collège de France), M. Luna-Laynez (Séville), F. Maggi (Texas), M. Malin (Hong Kong), P.J. Martinez Aparicio (Carthagène), N. Masmoudi (Courant Institute), F. Merle (IHES), B. Merlet (Lille), A. Mokrane (Alger), P. Monasse (ENPC), M.G. Mora (Padova), J.-M. Morel (ENS Cachan), M. Morini (Parma), Š. Nečasová (Prague), M. Novaga (Pise), G. Orlandi (Vérone), M. Otani (Tokyo), F. Otto (Leipzig), B. Peigney (CEA DAM), T.S. Pham (Dalat), A. Porretta (Rome), F. Prinari (Ferrara), P. Raphaël (Nice), N. Riane (Marrakech), L. Rossi (Padoue), J. Royo-Letelier (Deezer), B. Ruffini (Montpellier), E. Runa (Leipzig), E. Sandier (Créteil), F. Santambrogio (Orsay), X. Shen (Hong Kong), Y. Sire (Baltimore), P. Souganidis (Chicago), E. Stepanov (St Petersburg), F. Suarez-Grau (Séville), H. Tran (Wisconsin), A. Trescases (Cambridge), K. Wang (Wuhan), P. Weiss (Los Angeles), F. Weissler (Paris 13), S. Wojtowytsch (Durham), W. Wong (Michigan State), E. Zappale (Salerno), P. Zhang (Pékin), E. Zuazua (Madrid), B. Zwicknagl (Bonn).

Thèses soutenues : Faouzia Aloui (2013), Giacomo Canevari (2015), Nastasia Grubic (2013), Yue Ma (2014), Clément Mifsud (2016), Haidar Mohammad (2014), Eugénie Poulon (2015), Delphine Schwartz-Côte (2015).

HdR soutenues : Jean-François Babadjian (2013), Muriel Boulakia (2015), Antoine Lemenant (2016), Vincent Millot (2014).

6.1.2 Analyse des EDP

Analyse fonctionnelle F. Bethuel a étudié la densité faible des applications d'une variété vers la sphère unité pour des applications de Sobolev, et donné un contre-exemple dans le cas de l'exposant $p = 3$. Cette étude repose sur un nouveau résultat de transport branché. Il a également étudié le problème de l'extension des applications de Sobolev.

C. Mardare, en collaboration avec C. Amrouche et P.G. Ciarlet, a établi un théorème d'équivalence entre plusieurs résultats fondamentaux en analyse fonctionnelle, dont un lemme de J.-L. Lions caractérisant l'espace de Lebesgue $L^2(\Omega)$, une inégalité de J. Nečas portant sur des normes de Sobolev d'exposant négatif, et un théorème classique de de Rham, [29]. En collaboration avec P.G. Ciarlet and M. Malin, C. Mardare a établi plusieurs inégalités de Korn non linéaires dans des ouverts de \mathbb{R}^n et sur des surfaces, [147, 146]. Ces inégalités sont utiles en élasticité non linéaire, pour établir des théorèmes d'existence et dans l'analyse asymptotique de coques élastiques minces. C. David a construit un laplacien sur le graphe de la fonction de Weierstrass [189].

Mécanique des fluides Plusieurs travaux de M. Boulakia portent sur l'analyse mathématique de problèmes d'interaction fluide-structure. Dans [101], M. Boulakia et S. Guerrero montrent l'existence et l'unicité d'une solution forte pour un problème d'interaction entre un fluide modélisé par les équations de Navier-Stokes compressible et une structure élastique suivant la loi de Saint-Venant Kirchhoff.

Les résultats de J.-Y. Chemin concernent principalement l'équation de Navier-Stokes incompressible, soit à densité constante, soit à densité variable. Dans le cas de la densité constante, il a démontré dans [140] en collaboration avec P. Zhang que les conditions nécessaires classiques d'explosion en temps fini étaient vérifiées pour toutes les projections orthogonales du champ des vitesses. En ce qui concerne la densité variable, il a démontré en collaboration avec P. Zhang que les données initiales lentement variables dans une direction généraient des solutions globales régulières.

A.-L. Dalibard travaille principalement sur des problèmes de couches limites en mécanique des fluides, et en particulier en océanographie. Elle est la porteuse du projet ERC Starting Grant BLOC "Boundary Layers in Oceanic motions". En collaboration avec L. Saint-Raymond, elle a mis en évidence un phénomène de dégénérescence dans les couches limites se formant sur le long des côtes, et a démontré que les couches limites pouvaient dans certains cas rentrer à l'intérieur du domaine fluide ([187]), voir section 2.3 pour plus de détails. Avec D. Gérard-Varet, elle a étudié le comportement des couches d'Ekman, qui se forment dans un fluide en rotation rapide autour d'un axe vertical au contact d'une paroi horizontale, en donnant des estimations de décroissance lorsque la paroi est rugueuse avec une rugosité non périodique ([185]). Enfin, avec N. Masmoudi, elle a démontré que les solutions de l'équation de Prandtl stationnaire, qui décrit le comportement d'un fluide peu visqueux près d'un bord rigide, peuvent développer des singularités (phénomène dit de "séparation"), et a justifié rigoureusement le taux de séparation calculé formellement dans [186].

C. Grandmont, en collaboration avec M. Hillairet, a montré que les solutions fortes d'un système couplé bidimensionnel fluide-poutre visqueuse étaient en fait globales en temps ([249]). Ce premier résultat d'existence de solutions fortes globales, dans le cas d'un couplage avec une structure élastique, repose sur un résultat de non contact entre la structure et la paroi fixe du domaine fluide, ainsi que sur un résultat de régularité elliptique non standard pour le problème de Stokes.

A. Moussa s'intéresse à l'interaction d'un fluide (incompressible) avec une phase dispersée (un spray, typiquement) qui peut être décrite à l'aide de différents couplages fluide/cinétique. De tels couplages constituent des étapes intermédiaires très pertinentes pour la mise en place de limites hydrodynamiques. Dans ce cadre, S. Benjelloun, L. Desvillettes et A. Moussa ont dérivé un système particules/fluide à densité variable, comme limite formelle d'un système fluide/cinétique contenant deux types de particules. Cette asymptotique, ainsi que l'existence de solutions pour le système limite ont donné lieu à l'article [68]. Plus récemment, O. Glass, D. Han-Kwan et A. Moussa se sont penchés dans [330] sur la question de l'existence et la stabilité de solutions stationnaires non triviales pour un couplage fluide/cinétique.

D. Smets, en collaboration avec R.L. Jerrard, a étudié l'évolution des tourbillons de vorticité dans les fluides quantiques modélisés par l'équation de Gross-Pitaevskii. Leurs résultats concernent le flot géométrique limite ([273, 274]), la définition et l'étude d'une notion faible de flot par courbure binormale (la seule connue à ce jour qui soit à même de décrire les reconnections entre filaments de vorticité) et le flot de l'EDP dans le régime asymptotique de tourbillons très localisés ([275]). Dans ce cadre, ils ont récemment pu donner ([276]) une justification mathématique rigoureuse du phénomène de leapfrogging qui avait été observé par

Helmholtz en 1858 dans le cadre des fluides classiques. Plus de détails sur ces résultats sont donnés en §2.3.

Equations hyperboliques et dispersives C. Audiard a étudié dans [38] et [39] le problème aux limites pour l'équation de Schrödinger posée sur le complémentaire d'un compact avec données au bord non nulles. Les principaux apports sont l'existence de solutions pour des données au bord peu régulières (qu'on ne peut pas traiter par les arguments usuels de trace), des estimées de Strichartz avec perte, et la mise en évidence du rôle des conditions de compatibilité pour la régularité. Avec B. Haspot, il a construit des solutions globales asymptotiquement linéaires pour de petites données, d'abord pour un "toy model" des équations d'Euler-Korteweg, puis dans [41] dans le cas général en dimension supérieure ou égale à 3. De façon complémentaire, le preprint [40] construit des solitons arbitrairement petits en dimension 2.

T. Cazenave, D. Fang et Z. Han [127] ont étudié l'équation de Schrödinger non-linéaire H^2 critique, et établi son caractère localement bien posé. Par ailleurs, T. Cazenave et I. Naumkin [128] ont établi certains résultats d'existence locale, globale, et de scattering pour l'équation de Schrödinger non-linéaire, sans aucune condition sur la puissance ni sur la dimension d'espace. T. Cazenave, F. Dickstein et F. Weisler [125] ont obtenu des conditions générales d'explosion en temps fini pour l'équation de Ginzburg-Landau complexe, et étudié le comportement du temps d'explosion en fonction des paramètres de l'équation, notamment lorsque celle-ci devient proche de l'équation de Schrödinger. Certains de ces résultats ont été étendus par T. Cazenave, J.-P. Dias et M. Figueira au cas où un terme d'amortissement est présent dans l'équation. D'autre part, T. Cazenave, F. Dickstein et F. Weisler ont montré l'existence d'ondes solitaires, moyennant certaines conditions sur les paramètres de l'équation. De plus, T. Cazenave, S. Correia, F. Dickstein et F. Weisler ont mis en évidence un phénomène de type exposant de Fujita pour certaines équations de la famille. Pour une famille d'équations de la chaleur avec des termes non-linéaires oscillatoires en temps, T. Cazenave, M. Escobedo et E. Zuazua étudié l'explosion en temps fini, notamment lorsque la fréquence d'oscillation du terme non-linéaire devient grande. T. Cazenave, F. Dickstein et F. Weisler ([126]) ont mis en évidence des phénomènes de perte de régularité dans certaines équations (chaleur, Schrödinger, Ginzburg-Landau complexe) liés au manque de régularité de la non-linéarité.

C. David, en collaboration avec J.-Y. Chemin, a construit de grandes solutions pour des équations de Schrödinger de type masse critique ([139, 138]).

P. LeFloch poursuit son activité sur l'étude des systèmes hyperboliques nonlinéaires. En collaboration avec M. Laforest, P. LeFloch a établi un nouveau résultat d'existence pour le problème de Cauchy pour les systèmes à une variable d'espace, lorsque les solutions faibles sont définies comme limites singulières par diffusion et dispersion évanescents. Pour ces systèmes, P. LeFloch a introduit dans [280] une formulation des conditions aux limites en collaboration avec K.T. Joseph et, par ailleurs, en collaboration avec J.-P. Dias, il a établi la stabilité nonlinéaire des ondes de choc satisfaisant l'équation de Burgers-Schrödinger. P. LeFloch a introduit en collaboration avec Y. Ma dans [290] une nouvelle méthode de champs de vecteurs, la Méthode du Feuilletage Hyperboloidal, pour l'étude des systèmes hyperboliques couplant des équations d'onde nonlinéaires et des équations de Klein-Gordon nonlinéaires. Cette méthode a conduit à des résultats d'existence globale en temps pour des systèmes ne vérifiant pas la condition nulle introduite par Klainerman en 1984. De plus, P. LeFloch s'est intéressé aux problèmes hyperboliques fuchsien en collaboration avec F. Beyer et obtenu de nouveaux

résultats d'existence locale ([76]).

D. Smets, en collaboration avec P. Gravejat, et en partie avec F. Bethuel, a étudié la dynamique au voisinage des solitons ou des trains de solitons pour l'équation de Gross-Pitaevskii uni-dimensionnelle ([73, 73]). Leur résultat le plus marquant ([250]) concerne la stabilité asymptotique du soliton en kink dans l'espace d'énergie tout entier; le résultat précédent le concernant, par P. Gérard, n'en fournissait que la stabilité orbitale et sous des hypothèses fortes de localisation liées à l'utilisation du caractère intégrable de l'équation. En collaboration avec F. Bethuel, D. Smets a décrit la dynamique d'interaction des fronts dans les systèmes de réaction-diffusion 1D de type gradient. Dans le cas scalaire, leurs résultats [75, 74] fournissent une loi d'évolution explicite, dont l'originalité réside dans sa capacité à décrire ces interactions jusqu'à et au-delà des collisions.

J. Szeftel, en collaboration avec P. Raphaël et F. Merle, montre dans [325] pour l'équation de Schrödinger de masse surcritique l'existence de solutions explosant en temps fini sur des sphères dont le rayon tend vers 0. Ces solutions saturent la borne optimale sur la vitesse d'explosion démontrée dans le même article. Par ailleurs, J. Szeftel, en collaboration avec R. Donninger, J. Krieger et W. Wong, construit dans [206] la variété stable de co-dimension 1 de la catenoïde en tant que solution stationnaire de l'équation des surfaces minimales dans l'espace de Minkowski.

Autres contributions en analyse des EDP Les modèles issus de la biologie, compte tenu des nombreuses échelles qui y sont déterminantes de la molécule à l'organe, conduisent souvent à des EDP multiéchelles. Ces aspects sont décrits dans la partie 'Sciences du vivant' § 7.2.

Les travaux de recherche d'A. Ciomaga portent sur trois directions différentes. En collaboration avec P. Souganidis et H. Tran, A. Ciomaga a établi des résultats en homogénéisation stochastique d'équations de Hamilton-Jacobi. Il s'agit d'un cas particulier d'homogénéisation non-convexe et non-coercive, lié à la propagation des fronts dans des milieux aléatoires, qui se déplacent avec une vitesse normale changeant de signe. En collaboration avec G. Barles, E. Chasseigne et C. Imbert, A. Ciomaga s'intéresse aux équations integro-différentielles non-linéaires, du type Laplacien fractionnaire, associées à des processus de Lévy-Itô, et obtient des résultats de régularité et de comportement asymptotique pour des problèmes de Dirichlet. A. Ciomaga a introduit et établi ses résultats pour une nouvelle classe d'équations, appelées mixtes, qui décrivent une diffusion dégénérée locale dans une direction et nonlocale dans la direction orthogonale. A. Ciomaga travaille également sur des algorithmes en traitement d'images, pour lesquelles elle utilise une approche analytique basée sur des équations géométriques, telles que les équations du mouvement par courbure moyenne. Avec P. Monasse et J.-M. Morel, A. Ciomaga a introduit des algorithmes de calcul haute résolution des courbures digitales, et a fourni le contexte analytique.

Les résultats obtenus par B. Després concernent l'analyse des opérateurs de relaxation pour les systèmes de Friedrichs linéaires, en s'appuyant sur une formulation dissipative en entropie ([197]). Cela a donné lieu à l'encadrement de la thèse de C. Mifsud et à des publications complémentaires dont [326].

A. Moussa s'intéresse à la dynamique des populations où les systèmes de diffusions croisées ont été introduits à la fin des années 1970 pour modéliser les comportements de type "ségrégation" (existence d'états d'équilibres non constants en espace). Bien qu'en apparence élémentaire, l'analyse mathématique de ces systèmes s'est avérée particulièrement ardue puis-

qu’il a fallu une trentaine d’années pour que le premier résultat d’existence globale de solutions faibles apparaisse (cf. L. Chen et A. Jüngel, 2006). Dans la lignée de ces travaux, L. Desvillettes, T. Lepoutre, A. Moussa et A. Trescases ont considérablement généralisé l’approche de L. Chen et A. Jüngel dans [201] et [200]. Leurs résultats se basent sur l’utilisation d’une entropie “cachée” pour ce type de systèmes et sur un argument de dualité dû à M. Pierre. Par ailleurs, ils ont introduit dans [200] un schéma d’approximation générique pouvant être utilisé en boîte noire pour toute une gamme de systèmes à diffusion croisée, idée qui a récemment été exploitée par T. Lepoutre et A. Moussa dans [302] où le cas de systèmes contenant plus de deux espèces est envisagé.

En collaboration avec D. Giachetti et P.J. Martinez Aparicio, F. Murat a étudié le problème elliptique semilinéaire singulier $-\operatorname{div}A(x)Du = F(x, u)$ avec condition de Dirichlet homogène, quand $F(x, s)$ est positive et présente une singularité en $s = 0$; ces auteurs ont utilisé une méthode nouvelle pour traiter ce problème et ont introduit une notion de solution par transposition qui leur a permis de démontrer l’existence d’une solution et sa stabilité par rapport aux données, ainsi que son unicité quand $F(x, s)$ est décroissante en s ([242, 244, 243]). Ils ont également traité dans [245] le problème de l’homogénéisation d’une telle équation quand elle est posée dans un ouvert perforé par de nombreux petits trous avec condition de Dirichlet conduisant à l’apparition d’un terme étrange. En collaboration avec A. Gaudiello et O. Guibé, F. Murat a d’autre part étudié dans [233] l’homogénéisation du problème de la brosse de Neumann, c’est à dire de l’équation $-\operatorname{div}A(x)Du_n + c(x)u_n = f$ posée dans une suite d’ouverts Ω_n avec condition de Neumann sur $\partial\Omega_n$, quand l’ouvert Ω_n est en forme de brosse, c’est à dire est formé d’un socle donné sur lequel sont fixées des dents verticales de hauteur donnée dont la forme peut varier mais dont le diamètre tend vers zéro, et quand la densité asymptotique des dents est supposée être bornée inférieurement par une constante strictement positive. Dans cette géométrie très générale qui ne suppose aucune périodicité, ces auteurs ont démontré un résultat d’homogénéisation et de correcteur quand le terme source appartient à L^2 , mais aussi, en se plaçant dans le cadre des solutions renormalisées, quand le terme source appartient à L^1 ; dans ce dernier cas ils ont introduit une notion de solution renormalisée pour certains problèmes dégénérés, ce qui est nouveau.

Concernant les EDP stochastiques, une série de travaux de B. Perthame, en collaboration avec P.-L. Lions et P. Souganidis, analyse les lois de conservation scalaires avec flux ‘rugueux’ via leur formulation cinétique, reprenant des idées d’abord utilisées pour les équations de Hamilton-Jacobi, voir [305, 306, 304].

6.1.3 Calcul des variations

J.-F. Babadjian a étudié un modèle variationnel de croissance de fissures. Dans [49] il s’est intéressé à la régularité des solutions faibles pour un modèle de croissance quasi-stationnaire, et dans [48] il a établi des conditions d’optimalité d’ordre 1. Dans [53], il a considéré un modèle régularisé d’évolution par flot parabolique à l’aide de méthodes de type mouvements minimisants. J.-F. Babadjian s’est également intéressé à des modèles de plasticité. Dans [54] il a établi le caractère bien posé pour des ensembles de contraintes non bornés en régimes quasi-statique et dynamique. Les solutions en déplacements s’avèrent se concentrer en espace et doivent être définies comme des fonctions à déformation bornée qu’il a étudiée plus en détail dans [47]. Dans le cadre de la thèse de C. Mifsud, il s’est intéressé à une classe plus générale de systèmes de Friedrichs sous contrainte. Dans [52] le caractère bien posé d’une formulation entropique est obtenue par diffusion évanescence et relaxation de la contrainte. Dans [51], un

modèle simplifié de plasticité est reformulé dans ce cadre plus général qui permet de démontrer des résultats nouveaux de régularité des solutions en temps court.

M. Bonnivard a travaillé sur des problèmes de minimisation de longueur sous contraintes de connexité, notamment le problème de Steiner, en collaboration avec F. Santambrogio, A. Lemenant et V. Millot. Les résultats principaux sont la Gamma-convergence de fonctionnelles de type Modica-Mortola et le développement d'une méthode numérique d'approximation de la solution ([93]). D'autre part, il poursuit le travail entamé au cours de sa thèse sur l'étude théorique et numérique des effets de rugosité en mécanique des fluides. L'un de ses résultats concerne l'analyse quantitative de l'effet de surfaces rugueuses hydrophobes dans un modèle d'écoulement microfluidique ([91]).

M. Goldman s'est principalement intéressé à l'influence de la présence d'énergies de surfaces dans des modèles variationnels issus de la physique des matériaux. Au niveau microscopique, ces termes peuvent donner lieu à la présence ou à l'absence de microstructures tandis qu'à l'échelle macroscopique ils peuvent selon les cas mener à des motifs simples, périodiques ou plus complexes. Il a par exemple étudié dans [133] les propriétés qualitatives fines d'énergies d'interfaces homogénéisées tandis que dans [64] il a montré que les configurations minimisantes d'un modèle utilisé pour la croissance épitaxiale ne créaient que des motifs simples.

A. Lemenant a publié récemment dans [298] une revue complète du problème de Mumford-Shah, un problème majeur du calcul des variations. Dans l'article [297], il démontre d'autre part un théorème de rigidité pour les minimiseurs globaux en dimension 3, ce qui répond partiellement à une conjecture de G. David. Enfin, le théorème obtenu en collaboration dans [134] utilise des techniques inspirées du problème de Mumford-Shah pour l'étude d'un problème d'optimisation de forme. Dans les articles [92, 300] M. Bonnivard, A. Lemenant et F. Santambrogio introduisent une méthode numérique de type champ de phase pour des problèmes d'optimisation de forme sur les compacts connexes tels que le problème étudié dans [93]. Une technique similaire adaptée à l'énergie de Willmore par P. Dondl, A. Lemenant et S. Wojtowytsch est introduite dans [205]. L'article [299] concerne une extension dans un cadre non euclidien du théorème obtenu dans [188]. Dans [190] T. De Pauw, A. Lemenant et V. Millot montrent de nouveaux résultats de régularité des ensembles presque minimaux dans un cadre non euclidien.

V. Millot, en collaboration avec Y. Sire, a étudié dans [327] la régularité partielle des applications $1/2$ -harmoniques (fractionnaires) à valeurs dans une sous-variété lisse compacte sans bord. En dimension 1 d'espace, ils ont également obtenu un résultat de classification complète lorsque la cible est le cercle unité, et pour des cibles plus générales, montré un lien avec les surfaces minimales à bord libre. En relation avec ces travaux, ils ont effectué l'analyse asymptotique d'une équation de Ginzburg-Landau fractionnaire et obtenu la rectifiabilité des mesures de défauts. Dans un thème proche, V. Millot, Y. Sire, et K. Wang ont effectué l'analyse asymptotique (lorsque le petit paramètre tend vers zéro) d'une équation de type Allen-Cahn fractionnaire ([328]). Ils ont montré un résultat de convergence forte vers des surfaces minimales non locales, c'est à dire des points critiques du périmètre fractionnaire. Le périmètre fractionnaire d'un ensemble est essentiellement défini comme étant la semi-norme de la fonction caractéristique dans un espace de Sobolev fractionnaire. Dans l'article [224], A. Figalli, N. Fusco, F. Maggi, V. Millot et M. Morini démontrent une version quantitative de l'inégalité isopérimétrique pour le périmètre fractionnaire. A l'aide de cette inégalité, ils montrent que, à volume petit, la boule est l'unique solution du problème de Gamow. Ce problème consiste à minimiser à volume fixé la somme du périmètre (fractionnaire ou non) et du potentiel de Riesz d'un ensemble. Ces auteurs ont également déterminé explicitement un volume critique

à partir duquel la boule n'est plus stable, et donc n'est plus solution du problème de Gamow.

S. Serfaty a travaillé sur plusieurs aspects de l'analyse asymptotique des équations et de l'énergie de Ginzburg-Landau de la supraconductivité. En dimension 2, elle a établi dans [367] la convergence, dans le régime "champ moyen" où le nombre de vortex tend vers l'infini, des solutions de l'équation de Schrödinger-Ginzburg-Landau (appelée Gross Pitaevskii dans la littérature physique) vers celles de l'équation d'Euler incompressible, et celle des solutions de l'équation de Ginzburg-Landau parabolique vers celles d'une équation de type fluide dissipative, nouvelle dans la littérature. Ces résultats utilisent une nouvelle méthode d'énergie modulée et sont valables dans un large régime, voir section 2.3 pour plus de détails. Ils sont prolongés dans la thèse en cours de M. Duerinckx à l'analyse du cas inhomogène ([213]), et également à celle d'un système discret en interaction, fournissant la première preuve de la limite de champ moyen pour des flots gradients d'énergies plus singulières que le log en dimension 2 ([212]). L'étudiant C. Roman Parra a travaillé sur l'analyse asymptotique des filaments de vorticité dans le modèle de Ginzburg-Landau tri-dimensionnel, obtenant une minoration optimale et quantitative de l'énergie des filaments quand leur nombre est arbitraire. Dans ce travail en cours, il aboutit à une description des premiers vortex qui apparaissent au premier champ critique. Avec S. Conti et F. Otto, S. Serfaty a analysé les structures de branchement pour les supraconducteurs de type I dans le cadre du modèle variationnel de Ginzburg-Landau. Enfin, avec E. Sandier et L. Berlyand, S. Serfaty a proposé dans [370] une méthode générale pour l'homog nisation stochastique de fonctionnelles non-convexes, basée sur une Gamma-convergence à deux échelles combinées à des arguments d'ergodicité, méthode qui peut servir à étudier des énergies de type Ginzburg-Landau.

6.1.4 Analyse asymptotique

X. Blanc, en collaboration avec P.-L. Lions et C. Le Bris, a étudié des problèmes d'homog nisation d'équations elliptiques linéaires sous forme divergence dans le cas d'une géométrie périodique avec un défaut. Pour obtenir des estimations optimales de convergence, il est alors nécessaire de prouver l'existence d'un correcteur dans cette géométrie non périodique ([83]). Une étude similaire sur des équations elliptiques plus générales est en cours. Avec B. Peigney, il a aussi étudié dans [85] des problèmes d'homog nisation pour une équation de la chaleur sur des domaines avec indentations (ces indentations sont fines, donc d'épaisseur $\varepsilon \rightarrow 0$, mais de profondeur fixée). Cette étude théorique a ensuite permis d'implémenter la méthode numérique correspondante dans les codes de calcul du CEA. Avec B. Ducomet et à. Ne asov  , il a démontré des résultats d'existence pour les équations d'Euler amorties couplées avec celle du transfert radiatif dans la limite diffusion, dans le cas de données régulières et petites ([80]). Avec B. Ducomet, il a également écrit un article de revue sur les résultats d'existence pour le système de la MHD ([81]).

A. Haraux a poursuivi, seul ou en collaboration, ses travaux sur le comportement en temps long des solutions de problèmes d'évolution en dimension finie ou infinie avec applications ou projets d'applications aux équations aux dérivées partielles, essentiellement en domaine borné. Le comportement qualitatif de telles solutions soulève différentes questions suivant la nature physique des problèmes décrits par les équations : conservatif, dissipatif, avec ou sans force extérieure. Dans le cas conservatif non linéaire, le plus difficile, très peu de résultats sont connus en dimension infinie ou même en grande dimension finie (hamiltoniens de la mécanique céleste par exemple). Dans ce cas, on s'attend, hors le cas des systèmes chaotiques pour lesquels aucune description mathématique satisfaisante ne peut être donnée, à des propriétés

de presque-périodicité temporelle et des résultats d’oscillation, citons les résultats récemment publiés dans [261]. Pour les systèmes autonomes avec dissipation, on s’attend dans les bons cas à des résultats de convergence vers un équilibre dépendant de l’état initial ; cette problématique fait l’objet du livre [263] et de plusieurs publications ([265, 260, 262]). Même quand il existe un seul équilibre, une question très importante est celle de l’ordre de convergence vers l’équilibre et de la liste des ordres de convergence possibles pour un système donné. Ceci a motivé une longue série de travaux en collaboration avec I. Ben Arbi ([65]), puis M. Ghisi et M. Gobbino ([240, 237, 239, 238]), et enfin avec M. Abdelli et M. Anguiano ([3, 2]). Enfin, pour les problèmes avec source, les questions fondamentales, pour des trajectoires non résonnantes, sont l’obtention d’estimations d’énergie précises, comme celles qui sont obtenues dans [24, 225, 23] et la classification des solutions, le nombre des solutions périodiques par exemple ([361]).

G. Nadin, en collaboration avec L. Rossi, a démontré l’existence de fronts de transition généralisés, notion étendant celle de travelling waves aux équations hétérogènes, pour les équations de Fisher-KPP, pour des coefficients dépendant de façon générale du temps ([334]) ou bien presque périodiques en espace ([335]). D’autre part, G. Nadin a étudié, en collaboration avec E. Bouin et V. Calvez, un modèle microscopique de réaction-diffusion, où le Laplacien est remplacé par un terme cinétique et un noyau de redistribution des vitesses de chaque particule ([99]). Si le noyau est à support compact, c’est-à-dire si les vitesses admissibles sont bornées, alors on retrouve les propriétés de l’équation de Fisher-KPP classique : il existe des travelling waves “tirées”, leur vitesse minimale étant déterminée par la linéarisation à l’avant du front. La situation se complique pour des noyaux à support infini, par exemple Gaussien. Dans ce cas les travelling waves n’existent plus et les solutions du problème de Cauchy évoluent avec un vitesse surlinéaire : les lignes de niveau en x des solutions sont localisées en $ct^{3/2}$.

6.1.5 Perspectives

C. Audiard envisage d’améliorer les estimées de Strichartz pour l’équation de Schrödinger sur un domaine (éventuellement dans des géométries plus simples), de raffiner la régularité des conditions au bord, de construire des solitons de grande énergie pour les équations d’Euler-Korteweg en dimension 3, et de décrire qualitativement les solitons (symétries).

J.-F. Babadjian compte développer des méthodes hyperboliques en plasticité à l’aide de la recherche d’entropies adaptées au système. Un autre axe concerne l’étude de modèles de fluides parfaits incompressibles sous contraintes et la dérivation de solutions mesures par viscosité évanescence.

F. Bethuel s’intéresse à la formation d’interfaces dans les problèmes multi-puits vectoriels en dimension supérieure pour des problèmes elliptiques, paraboliques ou dispersifs, au transport branché, et à des problèmes de relèvement pour des applications de Sobolev entre variétés.

Concernant X. Blanc, une étude est en cours pour étendre les résultats d’homogénéisation, dans le cas périodique avec défaut, à des opérateurs elliptiques généraux (non sous forme divergence). Ces résultats pourraient également être généralisés à des défauts moins localisés que ceux étudiés jusqu’à présent. En ce qui concerne les résultats d’existence pour des systèmes couplant les équations d’Euler amorties avec d’autres équations, les outils utilisés permettront probablement de traiter le couplage avec les équations de Maxwell ou des systèmes de type MHD.

Parmi les perspectives de recherche de M. Bonnivard, citons un travail en collaboration avec

Y. Privat et son étudiant en thèse F. Omnès qui s’inscrira dans le cadre du projet Emergence de la FSMP *Analyse et simulation des formes optimales*, et consistera à étudier et à calculer numériquement la forme optimale de protéines membranaires pour maximiser les transferts de fluides entre cellules vivantes.

T. Cazenave et I. Naumkin comptent étudier le comportement à l’infini en temps des solutions de l’équation de Schrödinger non-linéaire dans les cas critique (puissance $1 + 2/N$) et sous-critique (puissance inférieure). T. Cazenave, F. Dickstein, I. Naumkin et F. Weissler comptent étudier l’existence de solutions locales pour l’équation de la chaleur non-linéaire, notamment l’existence de solutions changeant de signe pour des données initiales positives trop singulières pour qu’existent des solutions locales positives.

Le travail de J.-Y. Chemin avec P. Zhang sur les conditions d’explosion se poursuivra : avec H. Bahouri et R. Danchin, il compte revisiter la théorie de la transformation de Fourier sur le groupe d’Heisenberg pour pouvoir définir cette transformation sur les distributions tempérées.

Les techniques développés en homogénéisation stochastique par A. Ciomaga permettent l’extension des résultats obtenus pour des équations de Hamilton-Jacobi dans des domaines perforés, ainsi que pour d’autres types d’équations, telle que l’équation G-visqueuse. Un travail en collaboration avec Y. Achdou et X. Blanc est en cours. Par ailleurs, A. Ciomaga continuera à développer des algorithmes en traitement d’image, notamment pour la segmentation d’images microscopiques. Des projets sur ce sujet, basés sur des techniques variationnelles, la transformée en ondelettes et le big data clustering, seront menées en collaboration avec le California NanoSystems Institute, et en particulier avec les équipes d’A. Bertozzi, P. Weiss et J. Gilles.

A.-L. Dalibard travaille actuellement avec plusieurs collaborateurs sur le comportement de fluides peu visqueux au delà du décollement de la couche limite, sur l’importance de la topographie du fond dans les modèles de courants marins, et sur la circulation océanique thermohaline.

C. David compte s’intéresser à l’analyse harmonique sur le graphe de la fonction de Weierstrass et dans les espaces fractaux polyédriques.

Parmi les nombreuses perspectives de recherche de M. Goldman, on peut citer l’étude de motifs branchés apparaissant dans les superconducteurs de type I ainsi que la prise en compte de termes d’ordres supérieurs (de type courbure) dans les modèles auxquels il s’intéresse.

Les travaux en cours d’A. Haraux avec M. Ghisi et M. Gobbino sont extrêmement prometteurs et certains de leurs résultats commencent à “encercler” le problème de Kirchhoff suivant la stratégie d’encercllement autrefois préconisée par J.-L. Lions pour les problèmes difficiles. Dans cette direction, un résultat un peu surprenant de turbulence faible a été obtenu dans [241] pour un problème très différent mais peut-être lié en un certain sens. D’autre part ces auteurs ont entamé l’étude d’un problème de stabilité de l’attracteur (constitué de 3 équilibres dont deux stables et un instable) d’un système magnéto-élastique (par exemple une lame métallique entre deux aimants permanents) avec dissipation en présence de forces extérieures de petite amplitude telles que de petits déplacements du support, généralisant ainsi des résultats obtenus pour le premier harmonique qui donne lieu à une équation scalaire du type Duffing avec double puits de potentiel. Cela les amène à élaborer des fonctions de Liapunov calibrées avec une extrême précision, comme dans le travail [264] plutôt lié à la théorie du contrôle.

La Méthode du Feuilletage Hyperboloidal introduite par P. LeFloch et Y. Ma fournit un outil nouveau pour l’étude de systèmes d’ondes non linéaires et devrait conduire prochainement à de nouvelles applications, par exemple pour l’étude du comportement asymptotique des solutions. Un travail en collaboration entre P. LeFloch, N. Bedjaoui et Q. Du est en

cours autour des équations hyperboliques non linéaires non locales et de leurs solutions faibles entropiques.

A. Lemenant compte étudier une extension du théorème de régularité obtenu dans [134] qui concerne le problème de 2-compliance optimale dans sa forme pénalisée. En effet, le problème original (avec contrainte sur la longueur) reste ouvert. Des questions analogues avec le p -laplacien (pour $p > 2$) sont également non résolues, et pourront faire l'objet d'investigations ultérieures. Concernant l'approximation de Steiner (voir [92, 300]), les résultats numériques peuvent encore être améliorés, et éventuellement étendus en dimension supérieure. L'article [190] est un premier pas vers le problème de Plateau dans un contexte non euclidien, pour lequel tout reste à faire.

C. Mardare poursuivra ses recherches en élasticité non linéaire avec l'objectif d'établir de nouveaux théorèmes d'existence et de nouvelles estimations entre les divers modèles de coques non linéaires.

V. Millot envisage dans un premier temps d'améliorer le résultat de régularité des applications 1/2-harmoniques dans des cas particuliers de variétés cibles. Il compte ensuite étudier la régularité des applications harmoniques fractionnaires générales. Un cas particulier se trouve être les surfaces minimales non locales. Pour ces dernières, il pense étudier leur régularité plus en détail en vue d'obtenir dans ce cadre un résultat de type théorème de Allard (pour les varifolds stationnaires).

Pour A. Moussa, la dérivation de systèmes fluide/cinétique par limite hydrodynamique de modèles macroscopiques fluide/cinétique est un enjeu rempli de défis intéressants que l'on peut relier au sixième problème de Hilbert d'axiomatisation de la physique. Un travail en collaboration avec M. Hillairet et F. Sueur est en cours visant à obtenir rigoureusement le couplage Vlasov/Navier-Stokes. En ce qui concerne les systèmes de diffusion croisées, l'étude de fronts d'ondes progressives pour de tels systèmes se pose naturellement (invasion d'un milieu par une espèce) et est actuellement explorée en collaboration avec G. Nadin.

F. Murat compte étudier avec J. Casado-Diaz le problème elliptique semilinéaire singulier $-\operatorname{div}A(x)Du = F(x, u)$ décrit ci-dessus dans le cas où le terme singulier $F(x, s)$ change de signe. Avec A. Gaudiello et O. Guibé, il compte d'autre part étudier l'homogénéisation du problème de la brosse de Neumann décrit ci-dessus dans le cas où la densité asymptotique des dents peut s'annuler, dans le cas où les dents ne sont pas verticales, et dans le cas il n'y a pas de terme d'ordre zéro $c(x)u_n$.

G. Nadin espère trouver des conditions optimales garantissant l'existence de fronts généralisés dans le cas d'équations de Fisher-KPP avec coefficients aléatoires stationnaires ergodiques, cas qui semble plus complexe que ceux déjà étudiés. Concernant l'équation microscopique de réaction-diffusion, il reste maintenant à déterminer le taux c auquel les lignes de niveau divergent en $t^{3/2}$ et à mieux comprendre la forme des solutions en temps grand.

Pour les limites de champ moyen de Ginzburg-Landau, S. Serfaty souhaiterait comprendre les régimes non traités, et des régimes d'interaction plus généraux. Dans le cas Ginzburg-Landau inhomogène, de nombreuses questions d'homogénéisation se posent. Plus généralement il faudrait essayer d'étendre l'étude des limites de champ moyen pour des systèmes discrets avec des interactions singulières plus générales.

Un des axes principaux des recherches de D. Smets et ses collaborateurs restera la justification mathématique du mouvement des tourbillons dans les fluides en 3 dimensions, qu'ils soient classiques ou quantiques. Avec T. Gallay, il envisage notamment l'étude spectrale complète des perturbations 3D des tourbillons droits, dans le cadre de l'équation d'Euler et de l'équation de Navier-Stokes à faible viscosité. Un axe de recherche récemment initié par D. Smets et

éloigné de ses préoccupations précédentes concerne la génération automatique de maillages 3D du territoire à partir de matrices d'altitudes, et principalement leur optimisation en lien avec les courbures et autres caractéristiques naturelles du terrain. La détermination des altitudes par lecture d'ombrages, dont les liens avec les équations d'Hamilton-Jacobi sont connus mais n'ont pas porté tous leurs fruits, fera l'objet d'une partie de la thèse de J.-F. Abadie.

6.1.6 Auto-analyse

Forces : Le spectre couvert par le LJLL autour des thématiques analyse des EDP, calcul des variations et analyse asymptotique est très large, à la fois du point de vue des équations étudiées (paraboliques, hyperboliques, elliptiques, dispersives, cinétiques, stochastiques, couplage, systèmes, ...), des questions mathématiques traitées (existence globale, stabilité asymptotique de solutions, ondes progressives, explosion en temps fini, solutions faibles, régularité, minimisation, optimisation de forme, limite de champ moyen, homogénéisation, ...), et du rapport aux applications (couches limites, interaction fluide-structure, maths-bio, fluides quantiques, fissures, rugosité, supraconducteurs, élasticité, ...).

Faiblesses : Départ de Laure Saint-Raymond qui implique un affaiblissement de la thématique EDP en cinétique.

Opportunités : Interactions possibles avec d'autres composantes locales en mathématiques (IMJ, LPMA). Les recrutements futurs pourront bénéficier d'un vivier constamment renouvelé de jeunes chercheurs au plus haut niveau international dans la discipline.

Menaces : Possible départ de Sylvia Serfaty.

6.2 Contrôle, optimisation, problèmes inverses

Cette section a été rédigée par E. Trélat.

6.2.1 Intervenants

Membres permanents du LJLL : Yves Achdou, Olivier Bokanowski, Muriel Boulakia, Albert Cohen, Patrick-Louis Combettes, Jean-Michel Coron, Josselin Garnier, Andreea Grigoriu, Olivier Guéant, Sergio Guerrero, François Jouve, Sidi Kaber, Camille Laurent, Yvon Maday, Yannick Privat, Emmanuel Trélat.

Enrique Zuazua est membre à mi-temps sur un projet ANR international.

Thèses en cours : Riccardo Bonalli, Alexandre Delyon, Lilian Glaudin, Helin Gong, Janelle Hammond, Amaury Hayat, Karim Kassab, Idriss Mazari, Antoine Olivier, Florian Omnès, Camille Pouchol, Lydie Uro, Shengquan Xiang, Christophe Zhang.

Postdoctorants : Diego Araujo de Souza, Mauricio Cardoso, Cédric Campos, Jixun Chu, Vivien Desveaux, Qi Lü, Gilles Marck, Ivan Moyano Garcia, Guillaume Olive, Ivonne Rivas, Nikhil Savale, Erica Schwindt, Tommaso Taddei, Can Zhang.

Intervenants extérieurs : F. Alabau-Boussouira (Metz), M.A. Alghamdi (King Abdulaziz

Univ.), G. Allaire (Polytechnique), A. Alotaibi (King Abdulaziz Univ.), H. Ammari (ETH), B. d'Andréa-Novel (Mines de Paris), J.-B. Baillon (Paris 1), G. Barles (Tours), G. Bastin (Louvain-la-Neuve), K. Beauchard (Rennes), S. Becker (Michigan), F. Ben Belgacem (UTC), P. Binev (South Carolina), F. Bonnans (Polytechnique), L. Bourdin (Limoges), A. Briani (Tours), F. Camilli (Rome), M. Caponigro (CNAM), I. Capuzzo-Dolcetta (Rome), G. Chardon (CentraleSupélec), J. Chu (Chine), E. Cerpa (Chile), M. Chyba (Hawaii), F. Clément (Inria), Y. Colin de Verdière (Grenoble), R. Cominetti (Chile), W. Dahmen (Aix-la-Chapelle), I. Díaz, L. Daudet, R. DeVore (Texas), F. Di Meglio (Mines de Paris), S. Ervedoza (Toulouse), J. Fernandez-Tapia (entreprise Tharios), M. Fornasier (Munich), P. Gabriel (Versailles), R. Ghezzi (Dijon), S. Ghoshal (Inde), O. Glass (Dauphine), T. Haberkorn (Orléans), L. Hillairet (Orléans), E. Humbert (Tours), R. Joly (Grenoble), M. Krstic (Santa Barbara), S. Labbé (Grenoble), J.-M. Lasry (Dauphine), M. Laurière (P7), M. Léautaud (Paris 7), G. Lebeau (Nice), C.-A. Lehalle (Capital Fund Management), J. Le Rousseau (Paris 13), P.-L. Lions (Dauphine), J. Lohéac (Nantes), B. Maury (Polytechnique), O. Mula (Paris Dauphine) B. Moll (Berkeley), H.-M. Nguyen (EPFL), G. Papanicolaou (Stanford), A. T. Patera (MIT), J.-C. Pesquet (CentraleSupélec), G. Petrova (Texas), B. Piccoli (Rutgers Camden), A. Porretta (Rome), J. Pu (Paris 1), L. Rosier (Mines de Paris), F. Rossi (Marseille), G. Royer, N. Shahzad (King Abdulaziz Univ.), P. Shang (Chine), F. Sueur (Bordeaux), K. Sølna (Irvine), S. Tang, H. Teismann (Acadia Univ.), P. Terpolilli (Total, Pau), N. Tchou (Rennes), A. Trouvé (Cachan), R. Vazquez (Seville), B.C. Vu, Z. Wang, P. Wojtaszczyk (Varsovie), L. Younes (Baltimore), B.Y. Zhang (Cincinnati), Y. Zhang, H. Zidani (ENSTA), E. Zuazua (Madrid).

Thèses soutenues : Sylvain Arguillère (2014), Nicola Carreno (2014), Max Cerf (2012), Maxime Chupin (2016), Sophie Coquan (2016), Ludovick Gagnon (2016), Mamadou Gueye (2013), Jean-Philippe Guilleron (2016), Long Hu (2015), Pierre Jounieaux (2016), Thibault Liard (2016), Pierre Lissy (2013), Frédéric Marbach (2016), Aymeric Maury (2016), Georgios Michailidis (2013), Van Quang Nguyen (2015), Vincent Renault (2016), Peipei Shang (2012), Bang Cong Vu (2013), Jiamin Zhu (2016).

HdR soutenue : Yannick Privat (2014).

6.2.2 Contrôle.

Contrôle d'EDP hyperboliques. J.-M. Coron a développé des approches de type Lyapunov pour l'étude de la stabilité et de la stabilisation de systèmes hyperboliques en dimension 1 d'espace (voir [169], en collaboration avec G. Bastin, pour la stabilité dans le cadre des fonctions de classe C^1 et [170], en collaboration avec S. Ervedoza, S. Ghoshal et O. Glass, dans le cadre des fonctions à variation bornée). J.-M. Coron et G. Bastin ont écrit un livre [58] sur ces approches de type Lyapunov et les a appliquées à la construction de lois de feedback qui permettent de réguler la hauteur d'eau dans des rivières et sont désormais implémentées sur les rivières "La Meuse" et "La Sambre". En collaboration avec H.-M. Nguyen, J.-M. Coron a montré dans [178] l'importance des espaces fonctionnels pour la stabilité de ces systèmes : l'équilibre peut-être exponentiellement asymptotiquement stable pour l'espace de Sobolev H^2 sans être stable pour l'espace des fonctions de classe C^1 .

J.-M. Coron, avec M. Krstic et R. Vazquez dans [180], et avec L. Hu, M. Krstic, F. Di Meglio et R. Vazquez dans [270, 271], ont montré comment la technique de backstepping de M. Krstic permet de construire des feedbacks stabilisant en temps optimal des systèmes

hyperboliques linéaires 1D.

Contrôle de fluides. Concernant l'équation de Burgers tout d'abord, F. Marbach a introduit dans [320] une nouvelle méthode (“well-prepared dissipation method”) permettant d'établir la contrôlabilité globale en temps petit d'une équation de Burgers visqueuse en présence d'une couche limite, cette couche limite étant induite par le contrôle important que l'on doit appliquer pour avoir une contrôlabilité en temps petit. Utilisant cette méthode, la méthode du retour, et un développement de couches limites dû à D. Iftimie et F. Sueur, J.-M. Coron et F. Marbach, en collaboration avec F. Sueur ont montré dans [177] la contrôlabilité globale toujours en temps petit des équations de Navier-Stokes avec un contrôle frontière sur un ouvert du bord rencontrant chaque composante connexe du bord quand le fluide glisse avec frottement sur les parois en accord avec les lois de glissement de Navier (voir section 2.3 pour plus de détails). Par contraste, pour d'autres classes d'équations de Burgers, F. Marbach a introduit dans [321] une nouvelle méthode permettant d'obtenir des obstructions à la contrôlabilité en temps petit.

J.-M. Coron et J.-P. Guilleron ont développé dans [172] des méthodes pour construire des trajectoires d'un système de contrôle allant de 0 à 0 et ayant un linéarisé contrôlable. Cela leur a permis de montrer de nouveaux résultats de contrôlabilité (avec la méthode du retour).

Pour les équations de Navier-Stokes, S. Guerrero a établi dans [217, 218] des résultats de contrôlabilité frontière des équations de Navier-Stokes isentropiques en dimension ≤ 3 , montrant que, sous certaines hypothèses naturelles sur le temps de contrôle et la régularité des conditions initiales, on peut conduire des données initiales qui sont suffisamment proches des solutions constantes vers ces constantes.

J.-M. Coron et P. Lissy ont montré dans [174], dans le cadre de l'équation de Navier-Stokes, comment la résolubilité algébrique due à M. Gromov pouvait être utilisée pour l'étude de la contrôlabilité de systèmes modélisés par des EDP. Reprenant cette idée, J.-M. Coron et Guillaume Olive, en collaboration avec F. Alabau-Boussouira, ont montré dans [16] comment l'utiliser conjointement avec un théorème de type Nash-Moser, dû aussi à M. Gromov, pour montrer de nouveaux résultats de contrôlabilité, pour l'instant inaccessibles par des méthodes plus traditionnelles.

Enfin, concernant les équations de Korteweg-de Vries (KdV), J.-M. Coron, en collaboration avec E. Cerpa, a montré dans [129] comment la méthode de backstepping due à M. Krstic permet d'obtenir la stabilisation rapide de certains systèmes modélisés par ces équations. J.-M. Coron et Q. Lü ont introduit et développé une méthode reposant sur des transformations linéaires plus générales que celles utilisées en backstepping permettant la stabilisation rapide d'autres équations de KdV [175] et de l'équation de Kuramoto-Sivashinsky [176]. Cette méthode est aussi utilisée par J.-M. Coron, L. Hu et G. Olive dans [173] pour stabiliser en temps optimal d'équations de transport avec termes intégraux.

L. Gagnon a utilisé dans [228] la solution à N solitons pour montrer la contrôlabilité lagrangienne des équations de KdV en temps petit. Motivé par ce résultat il a aussi étudié le champ de vitesses associé à la solution à N solitons [229], obtenant des informations précises sur le mouvement de particules entraînées par le fluide et en déduisant un nouveau résultat de contrôlabilité lagrangienne pour un modèle plus précis que celui donné par les équations de KdV traditionnelles [227]. Dans [144], J. Chu, J.-M. Coron et P. Shang ont montré, en utilisant des techniques de variété centrale, la stabilité asymptotique de 0 pour une équation de KdV et ont donné le taux optimal de décroissance. Finalement, dans des cas où le linéarisé

n'est pas contrôlable, J.-M. Coron, I. Rivas et S. Xiang ont montré comment utiliser les termes quadratiques pour stabiliser exponentiellement une équation de KdV [179].

Contrôle quantique. La contrôlabilité des systèmes quantiques ouverts (systèmes quantiques qui peuvent interagir avec un autre système qu'on appelle environnement) est un problème majeur en vue des applications en contrôle quantique. Par des techniques d'analyse semi-classique, J.-M. Coron, avec K. Beauchard et H. Teismann, ont établi dans [59] une obstruction à la contrôlabilité d'équations de Schrödinger non linéaires en temps petit. Dans [251], A. Grigoriu obtient des résultats de contrôlabilité pour des systèmes manipulés à la fois par un laser et par le milieu environnement, par des techniques d'algèbre de Lie utilisées pour caractériser la structure des états atteignables.

Concernant l'équation de Schrödinger par contrôle bilinéaire, Yannick Privat, en collaboration avec Florian Méhats et Mario Sigalotti, a obtenu dans [324] un résultat de contrôlabilité approchée, génériquement par rapport aux variations de domaines pour un système de Schrödinger-Poisson modélisant le comportement d'un transistor à effet de champ à grille. C. Laurent et K. Beauchard [60] ont ensuite démontré la contrôlabilité exacte en dimension 2 pour ce système. La méthode fait le lien entre la contrôlabilité au bord étudiée classiquement et le contrôle bilinéaire, alors que les deux théories semblaient pour le moment a priori séparées.

Les EDP quasilineaires présentent des difficultés propres qui nécessitent des techniques particulières. Par exemple, pour étudier la contrôlabilité et la stabilisation de l'équation de Benjamin-Ono, C. Laurent, F. Linares et L. Rosier résolvent dans [285] ce système dispersif quasilineaire de type Schrödinger par un changement de jauge introduit par Tao, interagissant avec la propagation de l'information.

Contrôle des ondes. C. Laurent et R. Joly ont utilisé des méthodes de systèmes dynamiques (attracteurs compacts) pour prouver des théorèmes de stabilisation et de contrôle pour des équations d'ondes non linéaires. Cela a permis de prouver la stabilisation vers 0 de ce système sous la seule condition de contrôle géométrique alors que les précédents articles sur le sujet supposaient des conditions plus restrictives de prolongement unique, difficiles à vérifier en pratique. Réciproquement, les techniques de contrôle ont aussi pu donner des informations dynamiques sur les attracteurs compacts. Dans [284], C. Laurent et M. Léautaud donnent des inégalités quantitatives optimales pour les théorèmes de prolongement unique prouvés par Tataru-Hörmander, Robbiano-Zuily à la fin des années 90. Ces théorèmes de prolongement unique, très utiles en théorie du contrôle et problèmes inverses, ne restaient que qualitatifs. Ils se sont attachés à quantifier ces théorèmes pour donner des estimées de stabilité. L'application principale est pour le moment l'équation des ondes pour laquelle elles donnent par exemple des estimées de l'énergie observée par un détecteur sans hypothèse particulière sur la zone d'observation (sans la condition de contrôle géométrique par exemple). Cela a aussi permis par la suite de fournir une preuve constructive du fameux théorème de Bardos-Lebeau-Rauch (dans le cas sans bord) sur l'observabilité des ondes et ainsi d'obtenir des bornes sur les constantes mis en jeu.

Contrôle de dynamiques collectives, et limites champ moyen. Au cours des dernières années, on a assisté à un intérêt croissant de l'étude du comportement collectif de foules, d'animaux, d'évolution de langages, d'opinions, etc (voir aussi la thématique math bio). Le

modèle de Cucker-Smale (2007) a notamment inspiré de très nombreux travaux récents sur le sujet. Dans [122, 347], E. Trélat, dans des collaborations avec M. Caponigro, M. Fornasier, B. Piccoli et F. Rossi, s’est intéressé à la question du contrôle de ce type de systèmes “multi-agents” (fortement couplés) : on souhaite contrôler, à tout instant, le plus petit nombre possible d’agents (par exemple un chien contrôlant globalement un troupeau de moutons). Ils ont introduit la notion de “contrôle sparse” et une technique de stabilisation optimale vers le consensus, puis sont passés, par limite champ moyen, à des modèles cinétiques EDP.

Y. Achdou et M. Laurière étudient dans [10, 9] des problèmes de contrôle de dynamiques de Mc-Kean Vlasov, qui ont pour condition d’optimalité un système de deux EDP forward-backward différent de celui rencontré dans les Mean Field Games, et prouve des résultats d’existence et d’unicité de solutions classiques ou faibles dans des cas avec congestion. Pour ce dernier cas, une méthode de lagrangien augmenté adaptée est proposée et mise en oeuvre dans [4].

Dans [6], en collaboration avec I. Capuzzo et F. Camilli, Y. Achdou prouve la convergence d’un schéma aux différences vers des solutions classiques du système d’équations forward-backward des jeux à champ moyen (MFG). Sous des hypothèses plus générales, Y. Achdou et A. Porretta prouvent dans [12] la convergence du même schéma vers une solution faible du système, ce qui fournit par la même occasion une nouvelle preuve d’existence de solutions faibles pour le système MFG. Avec B. Moll, J-M Lasry et P-L Lions, Y. Achdou étudie dans [5] des applications des MFG en macro-économie. Dans [8], il propose un modèle MFG pour la dynamique d’industries minières sur une très longue période et à un niveau très agrégé.

Les recherches d’O. Guéant ont porté sur la théorie des jeux à champs moyens. Des travaux spécifiques ont été menés dans le cas des MFG à Hamiltonien quadratique. Son résultat le plus marquant est un résultat d’existence et d’unicité pour les systèmes d’EDO issus des MFG sur des espaces d’état discret de type graphe, incluant la possibilité d’effet de congestion [254]. Concernant les applications du calcul variationnel et du contrôle optimal stochastique à la finance, O. Guéant a travaillé sur les questions de market making, d’exécution optimale et plus généralement de prise en compte de la liquidité. Dans [256], avec C.-A. Lehalle et J. Fernandez-Tapia, il résout les EDP non linéaires d’Avellaneda et Stoikov, au coeur du problème du market making. Les formules obtenues dans ce papier sont aujourd’hui utilisées dans de nombreux algorithmes par les praticiens. Dans [255], avec C.-A. Lehalle [255], il traite le problème de l’exécution optimale et du market making en contrôle optimal stochastique (prix FBF-IEF du meilleur article de Finance en 2016). Enfin, dans [257], avec son thésard J. Pu, O. Guéant traite de la couverture de produits dérivés en présence d’impact de marché. Les équations classiques de la finance y sont remplacées par des EDP non linéaires.

Contrôle optimal. P. Lissy a obtenu des estimations fines sur le coût optimal pour le contrôle en temps fixé d’une équation parabolique avec terme de transport et viscosité évanescente [310].

J.-M. Coron et P. Shang, dans des collaborations avec P. Gabriel et M. Chyba, ont étudié dans [145, 171] l’optimisation d’une technique d’amplification pour des protéines mal repliées (prions).

O. Bokanowski et E. Trélat ont développé des techniques de contrôle optimal visant à résoudre des problèmes liés au spatial. Le premier, par des approches de type Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB), cf [25, 87, 86] en vue de l’optimisation de la masse de charge utile embarquée pour un lanceur de type Ariane (collaboration avec le CNES), développant un

code en C++ avec options de calcul parallèle pour résoudre des équations HJB et trouver des trajectoires optimales. Le second, par des approches de contrôle géométrique, par exemple dans [384] avec J. Zhu et M. Cerf, pour contrôler la trajectoire d'un lanceur tout en agissant sur son attitude au cours du mouvement (collaboration avec Airbus).

Enfin, en collaboration avec A. Picarelli et H. Zidani, O. Bokanowski a caractérisé dans [90] la fonction valeur d'un problème de contrôle stochastique en présence de contraintes presque sûres sur l'état par une équation HJB. Il a aussi développé dans [35], avec M. Assellaou et H. Zidani, une approche HJB pour le calcul de problème d'atteignabilité stochastique avec la gestion de contraintes en probabilité.

Y. Achdou prouve dans [13], avec S. Oudet et N. Tchou, un principe de comparaison pour des équations HJB sur des réseaux, avec des Hamiltoniens convexes. Dans [13, 11, 11], ils étudient divers problèmes asymptotiques aboutissant à des équations HJB présentant des discontinuités, avec une dynamique contrainte à rester dans des domaines minces de \mathbb{R}^d dont l'épaisseur tend vers 0 et qui convergent vers un réseau de droites. A la limite on obtient une équation HJB posée sur le réseau limite avec une condition de transmission effective aux points de jonction entre les branches, qui garde une trace de la géométrie des domaines minces et de la structure microscopique du Hamiltonien près de la jonction.

6.2.3 Optimisation et problèmes inverses

Optimisation stochastique. P.-L. Combettes a développé avec J.-C. Pesquet un nouveau formalisme autour de la notion de suite quasi-fejerienne stochastique [164, 165]. Il a développé avec B.C. Vu une analyse asymptotique pour les méthodes à métrique variable [166] et pour les méthodes de point fixe sous-relaxées [57] avec J.-B. Baillon et R. Cominetti. Il a mis au point de nouvelles méthodes d'éclatement d'opérateurs pour l'analyse non linéaire et l'optimisation [19, 22, 61, 162, 163], dans des collaborations avec M.A. Alghamdi, A. Alotaibi, S. Becker, N. Shahzad. Enfin, avec J.-B. Baillon et R. Cominetti, il a résolu par la négative la conjecture de Gurin-Polyak-Raik [56].

Optimisation de forme. F. Jouve a travaillé dans le domaine de l'optimisation de forme par la méthode des lignes de niveaux, en particulier au travers du projet Rodin [1] qui a fait l'objet d'un financement du Fonds Unique Interministériel (FUI) entre 2013 et 2015 (voir section 2.3 pour plus de détails). Des développements nouveaux suscités par les industriels partenaires étaient également au programme de ce projet. Citons le traitement de contraintes géométriques sur les épaisseurs des pièces [20] ou leur démoulabilité [21] avec G. Allaire, l'optimisation de formes avec condition de contact [323] avec B. Maury ou encore le traitement de la plasticité. Deux thèses en lien avec le projet ont été coencadrées au laboratoire (avec G. Allaire) : G. Michailidis (Cifre Renault 2013) et A. Maury (2016). Le projet Rodin se poursuit actuellement dans une deuxième phase, financée par l'IRT, avec les mêmes partenaires. Il s'agit de proposer une plateforme logicielle collaborative où chacun des partenaires industriels pourra développer ses propres outils adaptés à ses besoins spécifiques. Sur des thématiques proches, en lien avec la fabrication additive, F. Jouve participe au projet Sophia qui a démarré en 2017, piloté notamment par Michelin. Il a par ailleurs encadré une thèse Cifre avec Thalès sur l'optimisation d'antennes radar (S. Coquan 2016).

Dans [351, 352, 353, 354, 355], Y. Privat, E. Trélat et E. Zuazua ont étudié des problèmes d'optimisation de forme et de placement de capteurs ou de contrôleurs, dans des systèmes

d'évolution modélisés par des EDP : ondes, Schrödinger, paraboliques générales de type chaleur sur un domaine Ω en dimension quelconque, avec conditions frontières diverses. Ce type de problème apparaît dans des applications où l'on cherche par exemple à maximiser la qualité de reconstruction de la solution à partir d'observations partielles. Par exemple : *quelles sont la localisation et la forme optimales dans Ω d'un thermomètre de mesure de Lebesgue donnée ?* Du point de vue mathématique, il s'agit d'un problème inverse, en fait mal posé à moins qu'on restreigne l'ensemble des formes qu'on fait varier. Ils ont modélisé la question de déterminer quel est le "meilleur" domaine possible ω parmi tous les sous-ensembles mesurables de Ω de mesure donnée $L|\Omega|$ avec $0 < L < 1$, et ce, avec la volonté de ne pas mettre de restriction sur les inconnues ω (de type BV ou similaire). Par des considérations probabilistes, ils ont montré qu'il est pertinent de modéliser ce problème en maximisant ce qu'ils ont appelé la 'constante d'observabilité randomisée'. L'analyse spectrale de ce problème s'avère être en lien étroit avec la théorie du chaos quantique, plus précisément, avec les propriétés d'ergodicité quantique du domaine. Dans le cas parabolique, ils ont montré que les ensembles optimaux sont réguliers et ont donné des algorithmes de calcul.

Problèmes inverses. Les problèmes inverses sont largement traités en sciences du vivant, voir les parties 7.2.2, 7.2.4 et 7.2.6. Ils apparaissent aussi dans d'autres cadres. Dans une collaboration entre mathématiciens et acousticiens, A. Cohen a développé une stratégie de reconstruction de champs acoustiques à partir de mesures ponctuelles. L'analyse mathématique qu'il présente dans [136] avec G. Chardon et L. Daudet révèle en particulier qu'il existe une distribution optimale des micros permettant d'exploiter les propriétés d'approximation du champs par des espaces d'ondes planes de petite dimension (théorie de Vekua). Une stratégie plus générale a été mise au point pour la reconstruction de solutions d'EDP dépendant de paramètres partiellement connus à partir d'observation linéaires dans [78] par A. Cohen avec P. Binev, W. Dahmen et R. DeVore, afin de tirer au mieux parti des propriétés d'approximation par des espaces de dimension finie obtenus par réduction de modèle. L'approximation finale fait intervenir la précision de ces espaces sur l'ensemble des solutions possibles, et une condition inf-sup entre ces espaces et l'espace engendré par les représentants de Riesz des formes linéaires définissant les observations.

J. Garnier s'est intéressé à des problèmes d'imagerie en milieux complexes. Le principe de l'imagerie par ondes est de sonder un milieu inconnu par des ondes émises par un réseau de sources et enregistrées par un réseau de récepteurs. Après cette phase d'acquisition de données, la phase de traitement consiste à extraire toute l'information disponible sur le milieu à partir des données enregistrées, et la visualisation de cette information prend la forme d'une image. Le but des travaux est d'obtenir une image du milieu la plus fidèle possible en présence de bruit au sens large : bruit de mesure, bruit de milieu (les inhomogénéités du milieu produisant une diffusion des ondes), sources bruitées. Il a travaillé, notamment avec H. Ammari, sur des techniques interférométriques originales qui rétropropagent les corrélations croisées des données au lieu des données elles-mêmes en imagerie médicale [28, 27] et en radar à synthèse d'ouverture [231]. Il a étudié avec G. Papanicolaou ces méthodes qui utilisent les corrélations croisées de signaux émis par des sources de bruit ambiant, ce qui ouvre des perspectives intéressantes en sismique ou en contrôle non-destructif passif [230]. Avec K. Sølna, il a étudié les moments d'ordres élevés de la solution de l'équation d'ondes en milieu aléatoire, ce qui permet d'expliquer l'apparition (ou pas) de phénomènes de scintillation et de quantifier la stabilité des méthodes d'imagerie à base de corrélations croisées [232]. Enfin, il a étudié avec

H. Ammari le sixième sens de certains poissons électriques qui leur permettent de localiser leurs proies en eaux turbides [26].

Dans [66, 67], en collaboration avec F. Ben Belgacem, S. Kaber s'intéresse à l'équation de la chaleur 1D avec contrôle frontière Dirichlet. Les problèmes inverses qu'on peut se poser sur ce modèle sont en général mal conditionnés. La réalisation de la contrôlabilité peut être abordée par la méthode des moments dont l'analyse se ramène à l'étude du spectre de matrices infinies (de type Cauchy et Pick) pour lesquelles S. Kaber obtient des estimations assez fines de leurs valeurs singulières et en déduit des inégalités d'observabilité.

En collaboration avec Olga Mula [316], puis avec Anthony Patera et Masa Yano [317], Yvon Maday a développé une série de techniques (maintenant connues comme GEIM pour *generalized empirical interpolation methods*) permettant, dans le cadre de fonctions paramétrée que l'on représente par un espace réduit, profitant de la petite dimension de Kolmogorov de cet ensemble, de reconstruire des fonctions à partir de données acquises de façon rapide et précise. Cette approche a même été étendue au cas où le modèle souffre d'un biais, les mesures elle n'en souffrant pas. Cette approche permet, de façon constructive de proposer les meilleures mesures pour assurer une bonne et stable approximation [318].

La technique fait l'objet de deux thèses (une thèse CIFRE à EDF de Helin Gong et une thèse à l'IFSTTAR de Janelle Hammond) qui portent ces méthodes dans le cadre de la neutronique [33] incorporant du bruit pour la thèse à EDF et la prévision de concentration de polluant dans des villes pour la thèse à l'IFSTTAR.

Enfin, ces techniques sont aussi généralisées dans un cadre interdisciplinaire de reconstruction faciale dans le cadre de la thèse de Lydie Uro, co-dirigée par Patrick GOUDOT, professeur au Service de Chirurgie maxillo-faciale de l'Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris

G. Nadin et Y. Privat se sont intéressés au problème inverse consistant à chercher une forme d'ailette maximisant le flux de chaleur véhiculé à travers elle. Leurs travaux [322, 333], basés sur une équation de Sturm-Liouville, montrent l'absence de solution dans l'absolu, et ils ont construit des suites de formes maximisantes (voir section 2.3 pour plus de détails).

6.2.4 Perspectives

Contrôle. J.-M. Coron veut en particulier s'attaquer aux problèmes suivants :

- Contrôlabilité globale des équations de Navier-Stokes avec contrôle frontière sur une partie du bord dans le cas de la condition de non glissement sur la paroi.
- Contrôlabilité en temps petit d'équations de KdV lorsqu'il n'y a, grâce au contrôle, aucune contrainte sur le bord, ou lorsque la contrôlabilité ne peut être obtenue qu'avec les termes quadratiques.
- Stabilisation rapide ou en temps fini.
- Extension du backstepping au cas d'EDP en dimension 2 ou plus d'espace.

Concernant le contrôle de systèmes de comportement collectif, L. Boudin et E. Trélat veulent développer une nouvelle approche, basée sur l'introduction d'une variance pondérée, pour l'analyse de systèmes non symétriques (par exemple des systèmes d'opinions en sciences sociales).

E. Trélat, C. Zhang et E. Zuazua souhaitent explorer la propriété de turnpike (établie dans [381], qui dit que, en temps long et sous certaines conditions, une trajectoire optimale passe l'essentiel de son temps près d'un état stationnaire) pour l'évolution de formes (shape turnpike).

A. Olivier, qui effectue une thèse co-encadrée par le CNES, souhaite développer une nouvelle méthode de contrôlabilité qui vise à introduire, dans une stratégie bang-bang, des variations aiguilles supplémentaires, avec l'idée d'utiliser la redondance induite pour créer des marges de robustesse, indispensables dans le guidage des engins spatiaux.

Les groupes de recherche en contrôle et en mathématiques pour la biologie du LJLL se rapprochent et commencent à collaborer sur des sujets combinant les deux expertises. Par exemple C. Pouchol est en thèse sous la direction conjointe d'E. Trélat et de J. Clairambault sur le contrôle optimal de traitements thérapeutiques du cancer. Ces collaborations sont amenées à se développer.

Optimisation et problèmes inverses. Dans le cadre de la reconstruction de solutions à partir d'observations linéaires dans les EDP, A. Cohen cherchera en particulier à étendre les résultats de [78] aux approximations par des modèles réduits locaux qu'il s'agira de sélectionner de manière adéquate à l'aide des données observées. Il serait par ailleurs intéressant de développer et d'analyser des stratégies numérique permettant d'optimiser le choix des mesures (par exemple le positionnement de capteurs) lorsque leur nombre total est contraint. Par ailleurs, A. Cohen cherchera à combiner ces approches avec des résultats d'identifiabilité afin de développer des algorithmes basés sur la réduction de modèle pour l'estimation de paramètres à partir d'observations des solution d'EDP dont elles dépendent.

Les inégalités quantitatives optimales pour les théorèmes de prolongement unique obtenus par C. Laurent dans [284] ont des conséquences pour les problèmes inverses et la contrôlabilité d'équations hypoelliptiques qu'il faut explorer. D'ailleurs, pour les opérateurs hypoelliptiques de type 'Laplacien sous-Riemannien', les récents travaux d'E. Trélat [161] avec Y. Colin de Verdière et L. Hillaire ont ouvert de nouvelles questions de théorie spectrale sur l'étude en temps petit du noyau de la chaleur associé, l'ergodicité quantique et les lois de Weyl. Ces travaux sont fortement liés à la thématique 'problèmes inverses', en effet de nombreux problèmes spectraux inverses existent dans le cas Riemannien mais sont totalement ouverts en sous-Riemannien. D'autre part, ces études ont le potentiel de déboucher sur de nouvelles approches en analyse de formes, dans des problèmes de reconstruction d'image où les objets, dans leur évolution par flot de difféomorphismes, sont soumis à des contraintes non-holonomes, comme en imagerie médicale typiquement.

P. Frey, Y. Privat et G. Nadin prévoient d'étudier un problème plus général d'optimisation de forme appliqué aux transferts conducto-convectifs. De tels systèmes sont modélisés à l'aide d'un couplage d'EDP de type Navier-Stokes / chaleur. Divers critères physiques sont envisagés. Dans ce travail (théorique et numérique), ils souhaitent mettre en évidence pour certains choix de fonctionnelles de forme un résultat d'existence ou au contraire des phénomènes d'homogénéisation. Ils étudient en parallèle les aspects numériques de ce type de problème.

Les travaux de Y. Privat, E. Trélat et E. Zuazua sur l'optimisation du placement et de la forme des capteurs débouchent sur une question naturelle : discrétisons d'abord l'EDP considérée, et cherchons le domaine optimal (d'observation ou de contrôle) sur ce modèle discrétisé. Que se passe-t-il au passage à la limite ? On sait déjà que ça se passe mal par exemple pour des équations hyperboliques : il n'y a pas commutation en général entre 'discrétisation' et 'optimal design'. Une question intéressante est de savoir si une convergence pourrait être rétablie pour des choix de schémas numériques adaptés, contenant par exemple des termes de viscosité numérique.

6.2.5 Auto-analyse

Forces : La composante contrôle a acquis une visibilité et une reconnaissance internationale fortes, consolidée par l'ERC Advanced de Jean-Michel Coron ou encore du projet ANR international d'Enrique Zuazua. La thématique des problèmes inverses est très présente en sciences du vivant, biologie, et d'ailleurs de nombreuses collaborations voient le jour avec des membres du laboratoire dans cette thématique, en particulier sur des problèmes de contrôle optimal, renforçant ainsi les liens et la cohérence du laboratoire. Les collaborations sont fortes également avec le groupe d'analyse des EDP et calcul des variations.

Faiblesses : Le départ en de P.-L. Combettes fragilise la composante optimisation du laboratoire. On a un manque notamment en optimisation numérique, où un soutien supplémentaire serait fort utile d'ailleurs pour répondre à une forte demande contractuelle de la part des entreprises.

Opportunités : Nous espérons voir arriver au LJLL l'année prochaine Mario Sigalotti (Inria Saclay, équipe GECCO) et Ugo Boscain (DR CNRS et membre de cette équipe), qui créeront, sous réserve d'acceptation des tutelles, une nouvelle équipe à Inria Paris impliquant J.-M. Coron et E. Trélat. Cette équipe espère attirer de nouveaux talents en optimisation numérique.

Menaces : Pas de menace sur la thématique.

6.3 Méthodes numériques innovantes et calcul haute performance

Cette section a été rédigée par Bruno Després.

6.3.1 Intervenants

Membres permanents du LJLL : Yves Achdou, Nina Aguillon, collectif ANGE, Christine Bernardi, Xavier Blanc, O. Bokanowski, Laurent Boudin, Clément Cancès (maintenant CR1 Inria à Lille), Martin Campos-Pinto, Frédérique Charles, Xavier Claeys, Albert Cohen, Bruno Després, Pascal Frey, Vivette Girault, Edwige Godlewski, Laura Grigori, Cindy Guichard, Frédéric Hecht, Sidi Mahmoud Kaber, Philippe LeFloch, Antoine LeHyaric, Yvon Maday, Philippe Parnaudeau (maintenant IR à Poitiers), Olivier Pironneau, Nicolas Seguin (maintenant professeur à Rennes), Benjamin Stamm (maintenant professeur à Aix-la-Chapelle), Bertrand Thierry, Pierre-Henri Tournier, N. Vauchelet (maintenant professeur à U. Paris 13,

Doctorants : Jean François Abadie, Katia Ait Ameer (CEA), Hussam Al Daas, Benjamin Arras, Alan Ayala, Lea Boittin, Nicolas Cagniard (FUI), Sebastien Cayrols, Julien Coulet (IFP en), Gautier Dakin (Cea), Serena Dib (cotutelle, U. St. Joseph Beyrouth), Pierre Marchand, Guillaume Morel, Anouk Nicolopoulos, Olivier Tissot, Guillaume Vergez, Fabien Wahl

Postdoctorants : Markus Bachmayr, Mathias Jacquelin, Giovanni Migliorati (en cours), Teddy Pichard (en cours), Soleiman Yousef

Intervenants extérieurs : X. Antoine (IECL, Nancy), A. Beljadid (U. Ottawa), C. Berthon (U. Nantes), S. Boscarino (U. Catane), B. Boutin (U. Rennes), F. Boyer (U. Toulouse), C. Buet (CEA), K. Brenner (U. Nice Sophia Antipolis), F. Camilli (U. Roma I), I. Capuzzo (U. Roma I), J.-A. Carrillo : (Imperial College, Londres), T. Chacón (U. Séville), Y. Cheng (Michigan), Y.-P. Choi (Technische Universität München), F. Coquel (CMAP, Palaiseau), L. Corrias (U. Évry), M. Costabel (U. Rennes), F. da Silva (Euratom Portugal), M. Dauge (U. Rennes), M. Davenport (Georgia Tech), S. Delpino (CEA), J. Demmel (Berkeley), R. DeVore (Texas A&M), J. Dichamp (IMFT Toulouse), V. Dolean (U. Nice et Glasgow), El Bouajaji (IECL, Nancy), A. Friedman (Ohio), M. Gander (U. Genève), B. Ganis (U. Texas Austin), J. Garcke (Bonn), X. Geuzaine (U. Liège), J. Giesselman (U. Stuttgart), M. Gómez (U. Séville), M. Griebel (Bonn), D.P. Grote (LNL), P. Hauret (Centre de recherche de Michelin), S. Heuroux (U. Lorraine), R. Hiptmair (ETH Zürich), F. James (U. Orléans), S. Jund (Nancy), K. Kumar (U. Bergen), E. Labourasse (CEA), F. Lagoutière (U. Lyon 1), M. Laurière (P7), G. Lebeau (U. Nice Sophia Antipolis), C. Le Bris (CERMICS, ENPC), Frédéric Legoll (Laboratoire Navier, ENPC), D. Leviatan (Tel Aviv), A. Loumi (ENS de Kouba, Algérie), R. Masson (U. Nice Sophia Antipolis), J. Mathiaud (CEA-Cesta), G. Mayya (U. Nice Sophia Antipolis), M. Mear (U. Texas Austin), M. Mehrenberger (U. Strasbourg), J.-M. Mercier (Paris), S. Mishra (ETHZ, Zurich), M. Mounier (NuclÉtudes), R. Nochetto (U. Maryland), G. Pagès (LPMA) C. Parés (U. Malaga), A. Picarelli (Oxford), F. Plourabouè (IMFT Toulouse), A. Porretta (U. Roma II), K. Rajagopal (Texas A&M U.), C. Reisinger (Oxford), B. Rivière (U. Rice), G. Russo (U. Catane), G. Sall (LPMA) S. Salmon (Reims), I. Sánchez (U. Séville), C. Schwab (ETH Zürich), R. Scott (U. Chicago), C-W. Shu (U. Brown, Providence), G. Singh (U. Texas Austin), E. Sonnendrücker (IPP Garching), E. Tabak (New York), A. Tesdall (New York), R. Turpault (U. Bordeaux), M. Wheeler (U. Texas Austin), I. Yotov (U. Pittsburgh)

Thèses soutenues : Emmanuel Franck (2012), Hasan Makhlof (2012), Charles Dapogny (Renault, 2013) Lise-Marie Imbert-Gérard (2013), Carole Widmer (IFPen, 2013), Soleiman Yousef (IFPen, 2013), Sylvain Auliac (2014), Abdellah Chkifa (2014), Pierre Jolivet (2014), Sophie Moufawad (2014), Olga Mula (2014) Nicole Spillane (Michelin, 2014), Aziz Beljadid (2015), Nora Aïssiouene (2016), Mireille El Haddad (2016), Khalil Haddaoui (Onera, 2016), Ryadh Haferssas (2016), Dena Kazerani (2016), Thomas Leroy (2016), Clément Mifsud (2016), Aboubacar Konate (2017), Thi Hieu Luu (EDF, 2017).

HdR soutenue : M. Campos-Pinto (2017), X. Claeys (2016)

6.3.2 Discrétisation pour certaines EDP non linéaires

Les méthodes évoquées ci-dessous exploitent la structure de type Hamilton-Jacobi ou MFG (Mean Field Games).

Jeux à champ moyen Dans [6], Y. Achdou prouve la convergence du schéma aux différences finies qu'il avait proposé dans un travail antérieur vers des solutions classiques du système d'équations forward-backward des jeux à champ moyen (MFG). Sous des hypothèses plus générales [12] la convergence du même schéma est établie vers une solution faible du système, ce qui fournit par la même occasion une nouvelle preuve d'existence de solutions faibles pour le système des jeux à champ moyen. Dans [7], Y. Achdou considère des systèmes couplant une équation de Hamilton-Jacobi et une équation de transport, du type de ceux rencontrés en optique géométrique, dont les solutions faibles sont des couples de fonctions continues et de

mesures. Une méthode de lagrangien augmenté pour un problème de contrôle de dynamique de Mc-Kean Vlasov avec congestion est étudiée dans [4].

Discrétisation des équations d’Hamilton-Jacobi O. Bokanowski développe diverses méthodes numériques pour les équations d’Hamilton-Jacobi (HJ), pour des modèles de propagation de front utilisés pour la recherche d’ensemble atteignable, ou pour des équations non-linéaires en mathématiques financières. Dans le travail en collaboration [88], un schéma semi-Lagrangien est développé sur des *sparse grids* et appliqué à la résolution d’équations HJ pour la propagation de front, permettant dans certains cas d’augmenter la dimension du problème. Dans un travail [89] en collaboration avec A. Picarelli et C. Reisinger (Université d’Oxford), un nouveau schéma aux différences finies est proposé pour approcher des solutions peu régulières d’équation HJB provenant des mathématiques financières (modèles de contrôle stochastique), et de nouvelles techniques d’estimation d’erreur sont obtenues pour des schémas non monotones d’ordre deux en espace et en temps et ne faisant pas du tout appel à la théorie de la viscosité.

Finance quantitative En collaboration avec G. Pagés (LPMA), et dans des co-encadrements de thèses (en Cifre parfois), O. Pironneau a développé des méthodes innovantes (différentiation automatique [340], algorithme pararéel, MFG [286], ...).

6.3.3 Méthodes numériques pour la physique des plasmas

Trois axes sont mis en avant.

Schémas lagrangiens et semi-lagrangiens précis pour les équations de transport. Pour améliorer la précision des méthodes particulières standard utilisées pour le transport, deux nouvelles classes de méthodes particulières avec ré-initialisations ont été définies. Dans une première version [113], on transporte des particules régulières via par des flots polynomiaux locaux, et dans une deuxième version appelée “forward-backward Lagrangian” (FBL) [114], on utilise ces flots pour reconstruire la densité transportée dans une approche semi-Lagrangienne (suivi arrière des caractéristiques). Cette deuxième approche dite LTP (*Linearly Transformed Particle*) est plus locale et les densités approchées sont plus précises. Le principe de cette méthode, dite LTP (*Linearly Transformed Particle*), est de déformer linéairement la forme de chaque particule. L’extension à une équation de type flot de gradient est menée par F. Charles [115], avec dans le cas de l’équation d’agrégation considérée, la convergence de la méthode en norme L^p , $1 \leq p \leq +\infty$, ainsi qu’en distance de Wasserstein, suivant les hypothèses faites sur le potentiel d’agrégation.

Méthodes avancées pour les équations de Maxwell et Vlasov-Maxwell. Dans un double objectif d’analyse et d’accélération de performances, M. Campos-Pinto a étendu au cadre des espaces totalement discontinus les méthodes d’éléments finis mixtes conformes pour les équations de Maxwell. Au cours d’une longue collaboration avec Eric Sonnendrücker, [118, 117] ces relations de compatibilité sont étendues à des espaces totalement discontinus.

Un nouveau schéma numérique pour les équations de Maxwell temporelles avec un courant linéaire [182] est construit et utilisé dans les simulations 3D par les collègues en physique des plasmas. Un schéma de précision spectrale de type Trefftz/UWVF a été développé dans le cadre de la thèse de Lise-Marie Imbert-Gérard [195]. Une nouvelle formulation a été proposée du système des plasmas froids en présence de résonances hybrides correspondant à un transfert d’énergie entre l’onde et le bain d’ions environnant, dans la limite où la collisionnalité

ions-électrons tend vers 0. Le problème limite étant mal posé (défaut d'unicité), nous avons montré [116] que la reformulation permettait de retrouver le caractère bien posé en ajoutant des contraintes intégrales sur les solutions du problème limite.

Un algorithme numérique pour les gaines. Dans [55] on étudie un modèle mathématique et numérique pour les gaines de plasma, qui sont des fines couches de plasma chargées négativement au voisinage d'une paroi métallique absorbante, dont le potentiel chute pour garantir la neutralité des flux sortants.

6.3.4 Méthodes de Volumes Finis

Ce thème concerne le traitement d'équations hyperboliques et/ou paraboliques et est traité le plus souvent en collaboration avec des partenaires extérieurs ou industriels.

Conditions d'interface Les recherches de Nina Aguilon portent sur l'étude de schémas de volumes finis pour les équations hyperboliques, quand on cherche à imposer des conditions d'interfaces ou des conditions aux bords sur une partie (éventuellement mobile) du domaine spatial. Dans ce cadre a été démontrée dans [14] la convergence à l'ordre 1/2 du schéma upwind pour l'équation de transport posée sur un domaine borné, en utilisant des résultats de continuité de la solution exacte près du bord. Le travail concerne également la construction de schémas exacts sur les chocs isolés, ce qui permet par exemple d'approcher correctement des solutions non classiques.

Gaz sans pression et condition OSLC Dans [97], L. Boudin propose un schéma diffusif pour discrétiser le système des gaz sans pression 1D en suivant la stratégie précédemment utilisée dans le cas continu. La dérivée de la vitesse doit notamment vérifier une condition OSL ("one-sided Lipschitz"), nécessaire à l'existence de solutions en dualité pour ce système.

Méthodes Lagrangiennes pour l'hyperbolique compressible et extensions Un axe de collaboration de B. Després avec des collègues du CEA (S. Delpino, E. Labourasse) est le développement de méthodes numériques pour la mécanique des fluides compressible non visqueuse sur maillage lagrangien mobile, ce qui a donné lieu à la rédaction d'un ouvrage de synthèse [193] : un résultat récent sur un schéma avec conservation du moment angulaire se trouve dans [196]. Une extension concerne des schémas de Volumes Finis well-balanced et/ou asymptotic preserving [194].

Systèmes couplés P. LeFloch a étudié [71] le problème de relaxation des systèmes hyperboliques non linéaires vers des systèmes paraboliques non linéaires ; il a proposé pour ce problème des méthodes de volumes finis "asymptotic-preserving" pour cette limite. Ce sujet de la relaxation des systèmes fluides est aussi abordé par F. Coquel, E. Godlewski et N. Seguin [168]. P. LeFloch dans [63] a introduit une méthode de volumes finis d'ordre deux pour les problèmes hyperboliques non linéaires posés sur une surface (telle la sphère). Le couplage des équations hyperboliques non linéaires est un thème important développé au Laboratoire depuis plusieurs années par F. Coquel, E. Godlewski, [167], P. LeFloch, et leurs collaborateurs. Notamment, la formulation et la convergence de schémas numériques adaptés aux problèmes d'interfaces (fines ou épaisses) ont été étudiées systématiquement dans une série d'articles [104].

Écoulements géophysiques (collectif ANGE) Dans le contexte des relations avec Inria et

le CEREMA (Etablissement public dépendant du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer), l'équipe ANGE s'intéresse à la modélisation et à la simulation des écoulements géophysiques. Ses travaux reposent sur l'analyse numérique d'EDP (à dominante hyperbolique) et des techniques de type volumes finis. La complexité accrue des modèles construits nécessite de développer de nouveaux schémas [15] et de garantir la validité au niveau discret des propriétés démontrées au niveau continu. L'existence d'inégalités d'entropie discrètes [42] est un outil fondamental dans la perspective de démontrer la convergence des schémas.

Quelques travaux réalisés dans le cadre du LRC Manon C. Cancès a travaillé sur le développement d'algorithmes d'adaptation dynamique de modèles pour des problèmes hyperboliques et le développement d'indicateurs d'erreur de modélisation a posteriori [120]. Il a aussi contribué au développement de méthodes numériques pour capturer des solutions exotiques de lois de conservation scalaires à flux discontinu par rapport à la variable d'espace [30]. Ces travaux sont motivés par des applications en ingénierie pétrolière. Avec C. Guichard, il a développé et analysé des méthodes numériques pour des problèmes paraboliques permettant de conserver la décroissance au niveau discret de fonctionnelles de Lyapunov prescrites par la physique [119].

Un nouveau schéma V.F. pour la diffusion Dans [82], X. Blanc étudie et teste un schéma de volumes finis pour les équations de diffusion sur maillages déformés. L'avantage de ce schéma est qu'il est d'ordre deux tout en respectant le principe du maximum, ce qui n'est en général pas le cas pour ce type de schéma. Ce schéma est actuellement utilisé dans les codes de production du CEA.

Un schéma pour les écoulements en milieu poreux. Une méthode numérique complètement originale est proposée dans [119] par C. Guichard pour garantir la positivité de la solution d'un problème de diffusion non linéaire, hétérogène et anisotrope, sur des maillages quelconques. La modélisation et la simulation des écoulements en milieu poreux fracturé est abordée dans [105, 106]. La difficulté de ces travaux est d'une part d'écrire un modèle continu qui assure la transition entre des écoulements 3D, 2D et 1D dans les différentes parties du domaine géométrique, puis de développer des méthodes numériques dont on puisse prouver la convergence.

6.3.5 Analyse numérique fondamentale

On regroupe ici les études qui sont moins liées à une classe d'EDP particulières.

Méthodes pararéelles en temps Cette réflexion portée par Sidi-Mahmoud Kaber et Yvon Maday concerne les codes de calcul intensif pour résoudre des Équations aux Dérivées Partielles (EDP) qui utilisent souvent une méthode de décomposition de domaine. Le domaine spatial de calcul est divisé en sous-domaines. L'idée est de paralléliser la *direction temporelle*, ce qui peut paraître surprenant étant donnée la nature séquentielle du temps. Une nouvelle méthode de calcul en parallèle de solutions de systèmes linéaires est proposée dans [314] La méthode a été portée dans le code de cinétique neutronique développée au CEA dans le cadre de la thèse de Olga Mula [331]. Les travaux en cours portent sur l'amélioration de l'efficacité parallèle et la stabilité pour des problèmes hyperbolique (voir [184, 183]).

Réduction de modèles. Bases réduites Dans le domaine de la réduction de modèle,

Y. Maday a exploré (en collaboration avec O. Mula et A. Patera) la reconstruction de systèmes physiques modélisés par des EDP paramétrées (et dont on extrait une base réduite) couplées à des données mesurées. Au cours de ces travaux, une formulation de la méthode d'interpolation empirique a été donnée pour des espaces de Banach quelconques et des études théoriques sur la convergence ont été réalisées. Des applications de cette méthodologie dans les domaines de l'ingénierie nucléaire et de l'hémodynamique sont en cours.

Une nouvelle approche pour l'approximation de la solution de problèmes de convection est développé dans [111].

L'approche peut être considérée comme une généralisation des méthodes de Tucker, la thèse de T.-H. Luu porte sur cette approche [315].

Nouvelles méthodes d'EF Ces travaux menés par V. Girault, souvent en collaboration avec C. Bernardi, concernent des aspects variés : un modèle de fracture lubrifié dans un milieu poreux, théorie et algorithme; un modèle de fluide-structure [131]; des estimations $W^{1,\infty}$ pour une discrétisation de Navier-Stokes stationnaire [246]; le couplage Stokes-Darcy et Navier-Stokes-Darcy [202]; quelques stabilisations de schémas; un peu de théorie sur la condition inf-sup [70]; les fluides non-newtoniens.

Dans le cadre de la thèse de C. Marcati, une approche h-P DG est proposée pour l'approximation des équations "tout électron" avec un raffinement local.

Homogénéisation stochastique X. Blanc a étudié des méthodes de réduction de variance appliquées à des problèmes d'homogénéisation stochastique : technique des variables anti-thétiques, des variables de contrôle, voir [79] pour une synthèse de ces résultats (analyse et résultats numériques), détaillés dans plusieurs autres articles antérieurs.

Approximation en grande dimension Les travaux se sont concentré sur l'approximation de solutions d'EDP dépendant d'un grand nombre de paramètres. Les principaux résultats ont mis en évidence des situations générales (EDP elliptique et paraboliques en particulier) où il est possible d'obtenir des taux de convergence des approximations indépendantes de la dimension [158, 160]. Ces résultats exploitent les propriétés de parcimonie et d'anisotropie dans les représentations polynomiales en grande dimension qui découlent de la structure de la paramétrisation et de propriété de l'EDP. Du point de vue numérique, nous avons en particulier développé et mis en oeuvre des méthodes non-intrusives fondés sur les moindres carrés [159] ou l'interpolation [143] dont la convergence est en adéquation avec ces résultats d'approximation.

Calcul scientifique parallèle Les activités en calcul parallèle sont motivées par la stagnation depuis 2004 des fréquences des processeurs à environ 3 GHz. Aussi un nouveau défi est apparu : rendre parallèle l'ensemble de la chaîne de simulation en calcul scientifique pour tirer profit des nouvelles architectures parallèles. Dans ce cadre, F. Nataf s'intéresse à la résolution de systèmes linéaires par les méthodes de décomposition de domaine [372, 203, 204, 247]. Les méthodes GenEO et GenEO-II garantissent un bon conditionnement a priori : nouvel algorithme SORAS [336, 258]. Ces algorithmes ont été implémentés dans la librairie HPDDM qui est elle-même interfacée avec FreeFem++. Un ouvrage de synthèse [383] en explique à la fois les bases mathématiques. La version HAL du livre a été téléchargée plus de 1 900 fois. Ainsi, il est possible de résoudre des problèmes de Darcy tridimensionnels à deux milliards d'inconnues en 200 secondes et des problèmes de point selle (Stokes ou d'élasticité presque incompressible

(sandwich acier-caoutchouc par exemple)). L'article [278] sur GenEO et l'article [279] sur le recyclage des espaces de Krylov et les méthodes de Krylov par blocs ont été acceptés respectivement à la conférence "Supercomputing 2013" (et même avec sept autres articles pour la compétition du meilleur papier) et à "Supercomputing 2016".

Calcul scientifique et communications Un des défis majeurs dans le calcul scientifique haute performance concerne l'écart qui croît de manière exponentielle entre le temps nécessaire à effectuer des calculs arithmétiques par un processeur et le temps nécessaire à communiquer ces résultats vers un autre processeur. Pour relever ce défi, Laura Grigori et ses collaborateurs développent des algorithmes en algèbre linéaire numérique qui permettent de minimiser les communications entre les différents processeurs d'une machine parallèle. Dans le cadre des méthodes de factorisation LU et QR ils ont identifié des bornes inférieures sur le nombre de message et le volume de communications [191]. L'article [191] sur les algorithmes de type *communication avoiding* a reçu le SIAM SIAG on Supercomputing Best Paper Prize en 2016. Certains de ces algorithmes sont implémentés par les constructeurs dans leurs bibliothèques de calcul scientifique, comme par exemple, la bibliothèque scientifique *libsci* de Cray, la bibliothèque scientifique de Gnu, la bibliothèque de Intel *Data Analytics Acceleration Library*, ou la bibliothèque PLASMA développée par le groupe de J. Dongarra à l'Université de Tennessee.

6.3.6 Calcul scientifique/DDM/Équations intégrales

Sont regroupées dans cette rubrique les études qui donnent lieu à la production de codes de calcul de calcul scientifique et à leur diffusion.

Freefem++ Ce logiciel existe depuis 1999 et les principales nouveautés de ces 5 dernières années [268, 269, 277, 132, 267, 287] sont : une interface avec les bibliothèques d'optimisation IPOPT, NLOPT et CMAES ; une boîte à outils pour la résolution des équations de Bose Einstein en 2d et 3d ; une interface avec le logiciel mmg3 pour faire de l'adaptation de maillage 3D ; des éléments finis mixtes comme RT0, Edge element d'ordre 0,1,2, BDM, . . . , [266] ; l'implémentation des C^0 interior penalty methods pour des problèmes d'ordre 4 ; une interface avec hpddm et petsc.

Freshkiss3d (FREe Surface Hydrodynamics using KInetic SchemeS) est un code numérique résolvant les équations de Navier-Stokes en dimension 3 à surface libre qui a été développé au sein de l'équipe Inria ANGE ; outre les ingénieurs et les chercheurs de l'équipe ANGE, cet outil numérique est utilisé par des chercheurs d'autres disciplines (laboratoires ISTEP et LOV de l'UPMC, Institut de Physique du Globe de Paris, . . .) et des industriels (ADEME, SAUR, Hydrotube Energie, SciWorks Technologies, . . .).

GetDDM est un logiciel open-source GetDDM, qui permet de résoudre en parallèle et de manière efficace les problèmes de propagation d'ondes à l'aide de la méthode de décomposition de domaines [378]. Une nouvelle condition de transmission pour l'équation de Maxwell harmonique est basée sur des approximants de Padé. L'algorithme ainsi construit dépend faiblement du nombre d'onde ainsi que du raffinement de maillage [214]. La toolbox Matlab μ -diff résout le problème de diffraction multiple par des disques [377]. Basé sur les équations intégrales de surface, cet outil s'appuie sur la structure particulière de la matrice du système linéaire (Toeplitz) pour rester performant à haute fréquence.

Équations intégrales Le formalisme multi-trace formule par équations intégrales de bord la propagation d’ondes en régime harmonique dans des géométries à sous-domaines multiples (extension des méthodes présentées dans l’onglet GetDDM ci-dessus) [153, 154, 152, 150, 155]. La performance des méthodes de décomposition de domaine est étudiée dans [151].

6.3.7 Perspectives

Une liste de travaux en cours est évoquée.

Volumes Finis Le développement de méthodes de Volumes finis va se poursuivre. On peut citer dans ce cadre N. Aguillon qui co-encadre le postdoc de Teddy Pichard (LRC MANON) pour la prise en compte de termes sources discontinus pour modéliser l’ébullition dans des modèles diphasiques. Les travaux sur le schéma diffusif pour les gaz sans pression se poursuit pour capturer les solutions non régulières, ce que ne permet pas le schéma diffusif.

Well Controled Dissipation P. LeFloch a récemment introduit [62] une nouvelle notion de “Well Controled Dissipation” (WCD) en collaboration avec S. Mishra et C. Parés. Cette notion est pertinente pour les solutions discontinues non-classiques (ne vérifiant pas les conditions d’entropie habituelles) et ce sujet est actuellement en plein développement. Une autre direction de recherche particulièrement active par P. LeFloch en collaboration avec J.M. Mercier, concerne la discrétisation des équations de Kolmogorov en grande dimension et son application aux mathématiques financières.

Perspectives pour les écoulements géophysiques Les méthodes numériques dédiées aux modèles d’écoulements de fluides complexes doivent permettre, à travers leur simulation, de les positionner dans la littérature en les comparant à des modèles ou codes de référence. L’efficacité en termes de temps de calcul reste un critère majeur en dépit de l’amélioration des capacités informatiques. Les nouvelles techniques développées au sein d’ANGE seront progressivement intégrées dans Freshkiss3d pour étendre les applications du code et rendre son utilisation possible par un public plus large.

Approximation en grande dimension Plusieurs défis se posent du point de vue numérique : développement et analyse de stratégies adaptatives dans le cadre intrusif, dont le but est d’identifier la structure parcimonieuse optimale dans les représentations polynomiales ; traitement numérique de coefficients de diffusion log-gaussiens qui posent des difficultés spécifiques de perte d’ellipticité dans un sens faisant intervenir les probabilités ; développement et analyse de stratégies numériques pour l’identification de paramètres en grande dimension, exploitant la réduction de modèle par les techniques polynomiales ou de bases réduites.

Équations intégrales Les axes envisagés concernent le développement d’une infrastructure logicielle pour le calcul haute performance par équations intégrales basée sur le formalisme multi-trace, et l’analyse des méthodes de décomposition de domaine impliquant des opérateurs non-locaux/intégraux.

Méthodes pour les plasmas On envisage le développement de méthodes FBL plus proches conceptuellement des méthodes particulières standard ; l’application à d’autres problèmes (convection-diffusion, hyperboliques) ; l’analyse dans un cadre non-linéaire ; des contributions

à la plate-forme logicielle Selalib et des études numériques plus avancées. De même sera envisagée l'extension de l'approche Conga à d'autres problèmes mixtes (fluides notamment), à des systèmes MHD, à des maillages non-conformes, implémentations 3D et des études numériques plus avancées. Enfin l'étude de gaines magnétiques et analyse de formulations constructives multi-D pour des systèmes de Maxwell singuliers devra être poursuivie. Les travaux de F. Charles s'orientent aussi vers le développement d'une méthode particulière avec transformation de forme de particule pour des équations d'évolution de type "milieu poreux". Un futur post-doc sur financement de la FSMP Maxime Herda arrivera en octobre pour travailler sur des schémas d'ordre élevé qui préservent des conditions de signe en généralisant le théorème de Lukacs [192] et en les appliquant à des problèmes de physique des plasmas.

GenEO et DDM Les perspectives de recherche pour les méthodes de décomposition de domaine sont multiples : extension des méthodes GenEO à plus que deux niveaux, aux problèmes de type Laplacien sur un graphe et via la thèse de P. Marchand aux méthodes intégrales.

Analyse numérique On reprend les orientations des travaux de V. Girault ; autres modèles de fractures en milieu poroélastique, estimations a posteriori ; fluides non-Newtoniens et modèles de Oldroyd ; écoulements diphasiques.

6.3.8 Auto-analyse

Forces : La très grande variété des méthodes numériques étudiées permet de couvrir un spectre très large et d'interagir efficacement tant dans le monde académique que pré-industriel.

Faiblesses : Une faiblesse relative est constituée par le peu de codes de simulations développés, hormis essentiellement FREEFEM++. Cette faiblesse est compensée par l'insertion au LJLL de plusieurs projets INRIA (ex : ANGE, ALPINES) qui eux développent des codes. Les interactions entre l'analyse numérique "traditionnelle" et les thématiques de recherche les plus actuelles (Big Data, grand volume de données, incertitudes, ...) ne forment pas le domaine historique des recherches menées au LJLL, et devront probablement être renforcées par des recrutements judicieux.

Opportunités : Le LJLL est un pôle d'attractivité permanent pour les jeunes thésards et jeunes chercheurs (recrutement au niveau MdC) en méthodes numériques, ce qui offre de nombreuses opportunités de recrutement pour le laboratoire.

Menaces : L'expertise sur l'analyse et la discrétisation numérique des équations de Navier-Stokes peut diminuer rapidement du fait du départ anticipé de chercheurs seniors tels que Pironneau, Girault, Bernardi, ..., voire plus tard Maday et Hecht. Comme cette thématique historique du LJLL en mécanique des fluides incompressible est amenée à conserver son importance, une baisse de l'expertise est possible à terme et devra être prise en compte en temps utile.

Chapitre 7

Thèmes applicatifs

7.1 Sciences physiques, chimie, mécanique et ingénierie

Cette section a été rédigée par Philippe LeFloch.

7.1.1 Intervenants

Membre permanents du LJLL : Jean-François Babadjian, Xavier Blanc, Bruno Després, Josselin Garnier (maintenant au CMAP, École Polytechnique), Edwige Godlewski, Andreea Grigoriu-Lachapelle, Cindy Guichard, François Jouve, Philippe LeFloch, Yvon Maday, Cristinel Mardaré, Martin Parisot, Yohan Penel, Benoît Perthame, Jacques Sainte-Marie, Nicolas Seguin (maintenant à Rennes), Sylvia Serfaty, Jérémie Szeftel, Emmanuel Trélat.

Thèses en cours : Léa Boittin, Yangyang Cao, Stefan Czimek, Geneviève Dusson, Shijie Dong, Olivier Graf, Anne-Françoise de Guerny, Carlo Marcati, Etienne Polack, Chaoyu Quan, Fabien Wahl, Shuyang Xiang

Postdoctorants : Florian Beyer, Vivien Desveaux (maintenant MC, Univ. de Picardie) Flavia Iurlano, Pierre-Olivier Lamare, Antoine Levitt (maintenant CR Inria), Filippo Lippardini, The-Cang Nguyen, Simona Rota Nodari (maintenant MC, Univ. de Bourgogne) Mircea Petrache, Volker Schlue, Nikolaj Veniaminov

Intervenants extérieurs : R.I. Bayle (CEA-Grenoble), N. Bedjaoui (Amiens), F. Beyer (Dunedin, Nouvelle Zélande), S. Blonkowski (CEA-Grenoble), B. Bourdin (Louisiana State University), R. Bunoiu (Metz), E. Cancès (ENPC), P.G.Ciarlet (Hong Kong), O. Cueto (CEA-LETI Grenoble), B. Di Martino (Corte), E. Fernandez-Nieto (Séville), R. Gogu (Hong Kong), B. Haspot (Dauphine), D. Henao (Universidad Catolica de Chile), J. Isenberg (Oregon), S. Klainerman (Princeton), O. Lafitte (Paris 13), D. Lee (CUNY, New York), M. Lewin (Paris Dauphine), D. Lucor (Orsay, LIMSI), A. Mangeney (IPGP), N. Masmoudi (New York), C. Maurini (Institut d'Alembert), T. Morales de Luna (Cordoue), G. Narbona-Reina (Séville), J. Novak (LUTH, Observatoire de Paris), J. P. Piquemal (LCT, UPMC), M. Plapp (Ecole Polytechnique), G. Poette (Saclay), A.D. Rendall (Mainz), I. Rodnianski (Princeton), N. Rougerie (Grenoble), J. Salomon (Dauphine), J. Smulevici (Orsay), C. Sormani (New York), V. Sousa (CEA Grenoble), J. Stewart (Cambridge), E. Sandier (Paris Est Créteil), R. Weder (Mexico), O. Zeitouni (Weitzmann Institute)

Thèses soutenues : Hassan Makhlof (2012), Anne-Céline Boulanger (2013), Nastasia Grubic (2013), Lise-Marie Imbert-Gérard (2013), Annegret Burtscher (2014), Cécile Huneau (2015), Yue Ma (2015), Nora Aissiouene (2016), Mehdi Badsı (2016), Dena Kazerani (2016), Thomas Leblé (2016), Clément Mifsud (2016)

7.1.2 Dynamique des fluides ou plasmas et mécanique des solides

Écoulements géophysiques. Dans le contexte des relations avec l’Inria et le CEREMA, l’équipe ANGE s’intéresse à la modélisation et à la simulation des écoulements géophysiques. Les recherches menées ont de nombreuses applications dans le domaine de l’environnement :

- risques naturels (glissements de terrain, tsunamis, inondations,...),
- énergies marines (systèmes houlomoteurs, hydroliennes, bio-carburants,...),
- impact du changement climatique.

Ces travaux incluent la construction de nouveaux modèles permettant d’étendre leurs champs d’applications.

Alors que les équations de Saint-Venant ont été pendant longtemps la pierre angulaire de la modélisation et des simulations en géophysique, il s’agit de développer des modèles plus proches des équations de Navier-Stokes en intégrant des phénomènes plus complexes. Les derniers travaux ont porté sur la prise en compte des rhéologies complexes [107] et les effets dispersifs des écoulements. Une attention particulière est portée aux propriétés des modèles ainsi construits, en particulier la vérification d’estimation d’énergie [108].

Ces modèles peuvent ensuite servir de base à des couplages pour des applications plus spécifiques comme la production de bio-carburants à partir de micro-algues [69] où le trajet de particules et l’optimisation de la forme des bassins ont été pris en compte.

Sciences de l’ingénieur. Un des axes de recherche de B. Després se situe en modélisation de la propagation d’incertitudes dans les équations hyperboliques et cinétiques. Issue de l’art de l’ingénieur, cette thématique a donné lieu à plusieurs collaborations, anciennes avec D. Lucor, G. Poette, nouvelle avec B. Perthame [199]. Un chapitre de synthèse traite de l’application aux systèmes hyperboliques [198]. Les premiers résultats de convergence par rapport au degré polynômial pour une équation cinétique ont été publiés dans [199].

L’axe principal des recherches de B. Després se situe autour de la modélisation en physique des plasmas. Un résultat récent obtenu dans le cadre de l’encadrement de la thèse de M. Badsı concerne l’analyse de la condition de gaine (couche limite) pour un modèle bi-cinétique. Ce travail d’ampleur qui dure depuis plusieurs années (thèse Imbert-Gérard en 2013, collaborations avec R. Weder et O. Lafitte se poursuit avec une nouvelle technique de solutions manufacturées singulières [116] développée avec M. Campos-Pinto, laquelle est compatible avec le cadre variationnel nécessaire aux méthodes numériques.

Élasticité non-linéaire. J.-F. Babadjian a étudié, en collaboration avec A. Baldelli, B. Bourdin, D. Henao et C. Maurini, dans [301] la possibilité d’obtenir un modèle de décollement de films minces linéairement élastiques à partir d’un modèle de rupture fragile en élasticité linéaire tri-dimensionnelle. L’analyse précise a été proposée dans [50] avec D. Henao. Elle repose sur des méthodes de Gamma-convergence dans des espaces de fonctions discontinues (en dehors de la fissure) de type fonction à déformation bornée.

C. Mardare a établi un théorème d’existence pour un modèle de coques élastiques non-linéaires de type Koiter, en collaboration avec R. Bunoiu, P. Ciarlet et R. Gogu [149, 109, 148]. Ce résultat, le premier de ce type en théorie de coques non-linéaires, repose sur une nouvelle notion de “polyconvexité sur une surface” similaire à celle introduite auparavant par J. Ball pour établir l’existence des minimiseurs en élasticité non-linéaire tridimensionnelle. Dans [253], il a aussi proposé une nouvelle formulation des équations de l’élasticité sur une variété.

7.1.3 Relativité générale mathématique et fluides auto-gravitants

Solutions de faible régularité. Les problèmes mathématiques issus de la relativité générale sont étudiés au Laboratoire depuis une dizaine d’années. Un des objectifs principaux est l’étude de solutions à faible régularité. P. LeFloch a introduit une notion de solutions faibles des équations d’Einstein qui permet à la courbure de l’espace-temps d’être une mesure et, sous la condition de symétrie proposée par Gowdy, il a établi l’existence de telles solutions pour les équations d’Einstein-Euler décrivant l’évolution d’un fluide compressible auto-gravitant. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec A. Rendall, J. Stewart, et au Laboratoire avec N. Grubic, A. Burtscher, et H. Makhlof [130, 76].

Dans une autre direction, dans [375], en collaboration avec S. Klainerman et I. Rodnianski, J. Szeftel a résolu la conjecture de courbure L^2 en relativité générale. Ce travail a montré l’existence de solutions des équations d’Einstein dans le vide en faible régularité, correspondant à des espace-temps dont le tenseur de courbure est seulement de carré intégrable. La méthode nouvelle proposée est basée sur une reformulation des équations d’Einstein inspirée du système de Yang-Mills, ainsi que sur une construction détaillée de paramétrix établie par J. Szeftel pour les équations d’ondes dans des géométries courbes de faible régularité.

Stabilité non-linéaire des espaces-temps d’Einstein. P. LeFloch a démontré la stabilité non-linéaire de l’espace-temps de Minkowski en présence de champs de matière massifs [290, 291, 292, 289] en collaboration avec Y. Ma, fournissant ainsi un autre résultat notable obtenu au laboratoire. La méthode de preuve proposée utilise les équations d’Einstein dans la jauge des ondes, qui prennent ainsi la forme d’un système d’équations d’ondes et de Klein-Gordon non-linéaires couplées. Ce problème n’est pas invariant par changement d’échelle et une nouvelle technique de champs de vecteurs, la Méthode du Feuilletage Hyperboloïdal, a été introduite pour aborder l’étude de la dynamique de champs massifs.

V. Schlue a étudié les propriétés de décroissance de la courbure de Weyl dans les espaces-temps cosmologiques de type Schwarzschild-de Sitter et a proposé un programme ambitieux pour établir la stabilité non-linéaire de ces espaces-temps et généraliser la méthode de Christodoulou et Klainerman.

Propriétés globales d’espaces-temps. Les espaces-temps de faible régularité possédant deux directions spatiales de symétrie ont été définis et étudiés par P. LeFloch et J. Smulevici [293], qui ont établi la complétude géodésique de ces espaces-temps pour une grande classe de données initiales. Par ailleurs, dans [296, 295] l’existence de solutions discontinues à symétrie radiale est démontrée par P. LeFloch et S. Xiang pour les équations d’Euler posées à l’extérieur de l’horizon d’un trou noir de Schwarzschild, et le comportement asymptotique en temps est aussi étudié.

Équations des contraintes d’Einstein. L’étude des équations de contraintes d’Einstein

est un autre thème important en relativité générale, sur lequel T.-C. Nguyen et S. Czimek ont obtenu des résultats originaux qui généralisent la méthode classique de Lichnerowicz et s'appliquent à des solutions de courbure moyenne non-constante, tout en utilisant le théorème de point fixe de Schaefer.

7.1.4 Mécanique statistique et quantique

Méthodes mathématiques pour la mécanique statistique. S. Serfaty a travaillé avec E. Sandier [364, 363], puis avec N. Rougerie [358], S. Rota Nodari et M. Petrache [369], et finalement T. Leblé [288] à l'application de méthodes de calcul des variations et de l'analyse des systèmes en interaction coulombienne, à des problèmes de mécanique statistique : les gaz de Coulomb et de Riesz avec température. Ceux-ci sont importants pour la physique, mais aussi la théorie des matrices aléatoires et la théorie de l'approximation. Dans la série d'articles mentionnés on obtient une description à l'échelle microscopique des états typiques du système, avec notamment des résultats de rigidité, une conjecture de cristallisation à basse température, tout ceci caractérisé par un Principe de Grandes Déviations, et également un théorème central limite pour les fluctuations dans le cas bi-dimensionnel. L'analyse s'applique aussi au système de Coulomb à deux composantes (charges + et -), important pour la physique théorique, travail avec T. Leblé et O. Zeitouni [368]. Des travaux reliés répondent à des questions de mécanique quantique [359, 360, 303]. Les méthodes sont basées sur l'analyse asymptotique précise de l'énergie (Gamma-convergence à 2 échelles) couplées avec des arguments probabilistes, et ont été en partie inspirées de celles développées par E. Sandier et S. Serfaty pour l'analyse des vortex dans Ginzburg-Landau.

Matériaux cristallins. En collaboration avec M. Lewin, X. Blanc a rédigé un article de review [84] sur les problèmes de cristallisation : pourquoi, à basse température, la matière est-elle cristalline ? Pour une température nulle, ceci se traduit par un problème de minimisation dont on souhaite prouver que le minimiseur est un réseau périodique. Pour une température non nulle (mais petite), on s'intéresse à la mesure de Gibbs correspondante et à ses invariances. Ces questions se posent tant pour des modèles classiques que quantiques.

Méthodes mathématiques pour la microélectronique. A. Grigoriu a travaillé dans le cadre d'une collaboration J.-L. Lions avec le CEA-Grenoble à la simulation du fonctionnement d'un nouveau type de mémoires non-volatiles CBRAM (Conductive-Bridge Random-Access memory), travail motivé par la réduction des dimensions des composants de la microélectronique. Un modèle basé sur des équations aux dérivées partielles a été introduit et analysé. Le modèle utilise une méthode de level set avancée pour mettre en évidence les propriétés physiques du dispositif électronique. Actuellement un travail est en cours avec des spécialistes de la physique des interfaces, de la matière condensée (Ecole Polytechnique) et de la microélectronique (CEA-Grenoble), pour concevoir une nouvelle approche de simulation numérique des changements de phase pour l'exploration d'un autre type de mémoires non volatiles : PCRAM (Phase Change Random Access Memory). Le projet inclut en outre les étapes indispensables à la simulation numérique des phénomènes étudiés - modélisation, analyse numérique, algorithmique et implémentation - ainsi que l'incorporation d'aspects stochastiques et le calcul d'incertitudes, la vérification et la validation. L'objectif à moyen terme est la mise au point d'un simulateur utilisable par des industriels tels que STMicroelectronics (STM) en collaboration avec le CEA-LETI.

Méthodes numériques en chimie computationnelle. Dans le cadre de ce thème, plusieurs thèses sont en cours. Celle de G. Dusson porte sur la définition de techniques a posteriori pour valider l’approche numérique, tant en donnant des estimations fiables entre la solution exacte et la solution approchée qu’en donnant des outils pour équilibrer le choix des différents paramètres qui interviennent dans la simulation numérique. Ces approches permettent aussi d’améliorer la précision des calculs par des techniques d’extrapolation.

La thèse de C. Marcati porte sur la proposition, l’analyse mathématique et la mise en oeuvre de techniques DG, h-P où la discrétisation de type Discontinuous Galerkin est adaptée à la régularité locale des solutions de Hartree-Fock ou Kohn-Sham.

La thèse de C. Quan approfondit et étend les approches de solvant implicite en s’attaquant au problème de la représentation la plus appropriée de la cavité de la molécule, ces travaux étendent les contributions décrites dans les “Résultats Marquants” .

La thèse de E. Polack porte sur des techniques de calcul en milieu périodique et étend les approches “fast multipole” au cadre de la chimie computationnelle. Dans sa thèse, E. Polack étudie aussi des approches de décomposition de domaine pour la simulation de calcul de structure électronique.

La thèse de A.-F. de Guerny dans le domaine de la chimie séparative a pour objectif de développer de nouvelles méthodes numériques pour le calcul des interactions moyennes de solvant dans de nombreux systèmes de particules (effets hydrophobes / hydrophiles, etc.).

7.1.5 Perspectives de recherche

Évolution de plasmas et fluides. Les perspectives de recherche de B. Després sur les méthodes numériques variationnelles avec solutions manufacturées singulières pour la modélisation en physique des plasma se placent dans le cadre d’une nouvelle thèse (A. Nicolopoulos au LJLL). Un futur post-doc sur financement de la FSMP (M. Herda) renforcera le groupe : il sera encadré par B. Després et F. Charles et travaillera sur divers problèmes théoriques et numériques issus des équations cinétiques pour les plasmas. Par ailleurs une nouvelle collaboration s’est ouverte entre B. Després et E. Trelat pour faire un lien entre les techniques du contrôle optimal et les formulations cinétiques des lois de conservation.

Évolution globale des fluides auto-gravitants. Sur la relativité générale mathématique, la méthode du feuilletage hyperboloïdale devrait être étendue à d’autres modèles de la physique mathématique, comme par exemple les équations d’Einstein-Yang-Mills couplées à un champ massif [294]. L’étude des solutions de faible régularité est un thème central en plein développement et, notamment, les propriétés des solutions discontinues d’équations de la physique des milieux continus seront étudiées dans des métriques courbes satisfaisant aux équations d’Einstein.

Fluctuations pour des gaz de Coulomb. Les méthodes développées par S. Serfaty permettent d’espérer aborder de nombreuses autres questions ouvertes : fluctuations pour des gaz de Coulomb en toutes dimensions, analyse des corrélations à longue distance, lien avec le modèle (de physique théorique) de Sine-Gordon et le modèle XY, transition de Kosterlitz-Thouless.

Écoulements complexes à surface libre. Les modèles d'écoulements complexes à surface libre correspondent à des régimes distincts : hyperbolique / dispersif / compressible / incompressible, ce qui requiert d'adapter les méthodes d'analyse et numérique dédiées à leur étude. De plus, pour de nombreuses applications, des problématiques d'optimisation sont en jeu, ce qui engendre des questions délicates et ouvertes reliées au contrôle, à l'assimilation de données, etc. Par ailleurs, les propriétés démontrées (énergie, relation de dispersion, etc.) permettront de positionner les nouveaux modèles dans la littérature.

Chimie. Les collaborations en cours portent sur la mise en oeuvre effective de diverses techniques d'accélération des calculs, soit par des développements algorithmiques (meilleures méthodes itératives, ou meilleure parallélisation, nouvelles méthodes de décomposition de domaine) ou d'analyse mathématique (estimateurs a posteriori) ou une meilleure définition des bases d'approximation (voire les travaux avec Debashis Mukherjee sur les approches multi-configuration).

Un point où le savoir faire des chimistes est particulièrement fondamental et demande du temps est celui de la paramétrisation des différents modèles de champs de force. Nous avons l'objectif de proposer des approches nouvelles pour faciliter ce travail.

7.1.6 Auto-analyse

Forces : Les recherches réalisées au Laboratoire couvrent un très vaste champ d'applications, qui elles-mêmes conduisent à une très grande variété de problèmes mathématiques. Les sciences physiques et l'ingénierie ont ainsi conduit à de spectaculaires avancées au Laboratoire autour des méthodes d'analyse mathématique des équations aux dérivées partielles et des méthodes de calcul scientifique.

Faiblesses : Certains thèmes plus récemment développés au Laboratoire nécessitent un effort particulier de recrutement et de financement. Il s'agit notamment de la relativité générale mathématique et numérique, qui constitue désormais un thème de recherche particulièrement actif depuis la découverte des ondes gravitationnelles en février 2016.

Opportunités : Les chercheurs du Laboratoire ont acquis une renommée internationale sur de nombreux sujets et ont développé de nombreuses collaborations avec d'autres équipes françaises (INRIA, CEA, etc.) et étrangères. Accroître l'organisation d'activités scientifiques en commun permettra de développer davantage ces relations scientifiques très fructueuses.

Menaces : Certains départs risquent de réduire le champ des recherches effectuées au Laboratoire, et une attention particulière est nécessaire afin d'effectuer de nouveaux recrutements à chaque départ important. C'est notamment le cas du départ en détachement de Sylvia Serfaty : un recrutement d'un chercheur ou enseignant-chercheur sur la mécanique statistique et les systèmes en interaction serait très souhaitable afin de maintenir le niveau scientifique exceptionnel du Laboratoire sur ce thème.

7.2 Sciences du vivant : biologie, médecine, SHS

Cette section a été rédigée par Jean Clairambault.

7.2.1 Intervenants

Membres permanents du LJLL. Luis Almeida, Pierre-Alexandre Bliman, Laurent Boudin, Muriel Boulakia, Jean Clairambault, Myriam Comte, Jean-Michel Coron, Marie Doumic, Dirk Drasdo, Miguel Angel Fernández, Jean-Pierre Françoise, Jean-Frédéric Gerbeau, Céline Grandmont, Sergio Guerrero, Frédéric Hecht, Damiano Lombardi, Alexander Lorz, Yvon Maday, Ayman Moussa, Grégoire Nadin, Frédéric Nataf, Yohan Penel, Benoît Perthame, Olivier Pironneau, Marie Postel, Yannick Privat, Jacques Sainte-Marie, Benoît Sarels, Marc Thiriet, Emmanuel Trélat, Nicolas Vauchelet, Marina Vidrascu, Irène Vignon-Clémentel.

Post-docs. Faisal Amlani (2015-2016), Frédérique Billy (2010-2012), Ibrahim Cheddadi (2010-2012), Rebecca Chisholm (2013-2014), Cesare Corrado (2010-2013), Benoît Fabrèges (2013-2015), Florian Joly (2017-), Dena Kazerani (2016-2017), Carola Kruse (2013-2014), Paul Van Liedekerke (2012-), Tommaso Lorenzi (2013-2015), Jessica Oakes (2013-2015), Margriet Palm (2014-2016), Sanjay Pant (2012-2016), Stéphanie Prigent (2012-2014), Pierre-Henri Tournier (2015-2016), Lara Trussardi (2016-), Yi Yin (2012-).

Thèses soutenues. Grégory Arbia (2014), Aurora Armiento (2017), Chloé Audebert (2017), Benjamin Aymard (2014), François Bertaux (2016), Cristóbal Bertoglio (2012), Youssef Bourfia (2016), Thibault Bourgeron (2015), Paul Cazeaux (2012), Géraldine Cellière (2016), Annabelle Collin (2014), Yannick Deleuze (2015), Luna Dimitrio (2012), Anne-Claire Egloff (2012), Ján Eliaš (2015), Casimir Emako-Kazianou (2016), Sarah Eugène (2016), Justine Fouchet-Incaux (2015), Aurélie Garnier (2015), Hadjer Wafaa Haffaf (2014), Nick Jagiella (2012), Elif Köksal (2016), Marie Kray (2012), Marion Lahutte-Auboin (2015), Mikel Landajuela (2016), Lucile Mégret (2016), Jimmy Mullaert (2014), Adélaïde Olivier (2016), Elisa Schenone (2014), Saverio Smaldone (2014), Pierre-Henri Tournier (2015), Magali Tournus (2013), William Weens (2012).

HDR soutenues. Luis Almeida (2012), Muriel Boulakia (2015), Nicolas Vauchelet (2014), Irène Vignon-Clémentel (2016).

Thèses en cours. Matteo Aletti (2014-), Ludovic Boilevin-Kayl (2016-), Noémie Boissier (2013-), Andrea Bondesan (2015-), Chen Yu Chiang (2016-), Adrian Friebel (2011-), Ghassem Haddad (2015-), Shalla Hanson (2015-), Hugo Martin (2016-), Mathieu Mézache (2016-), Harold Moundoyi (2016-), Johannes Neitsch (2011-), Camille Pouchol (2015-), Nicolas Pozin (2014-2017, CIFRE Air Liquide), Antonin Prunet (2014-), Andrada Quillas Maran (2014-), Mathieu Strugarek (2015-), Cécile Taing (2014-), Alexandre This (CIFRE Philips, 2016-), Elliott Tixier (2014-).

Principaux collaborateurs extérieurs. **1. Cardio-vasculaire et respiratoire :** F. Alauzet (Inria Saclay), F. Assous (Univ. Ariel, Israël), Y. Boudjemline (Hôpital Necker, Paris), E. Burman (UCL, UK), J. Butcher (Cornell U., USA), A. Caiazzo (WIAS Berlin), D. Chappelle (Inria Saclay), C. Darquenne (UCSD), V. Dolean (Univ. Nice), V. Ehrlacher (ENPC et Inria Paris), J. Feinstein, B. Grec (Paris Descartes), M. Grote (Univ. Bâle), P. Jolivet (IRIT Toulouse), M. Kray (Univ. Bâle), A. Marsden (Stanford Univ., USA), S. Martin (Paris Descartes), B. Maury (Orsay), E. Maitre (LJK, Grenoble), F. Migliavacca (Politecnico di Milano, Italie), Ph. Moireau (Inria Saclay), V. Pavan (Marseille), G. Pennati, C. Pichot

(Univ. Nice), S. Shadden (Berkeley), E. Vibert (Hôpital Paul Brousse, Villejuif) ; **2. Cancer** : G. Batt Inria Saclay), C. Bonnet (Inria Saclay), K. Breuhahn (hôpital univ., Heidelberg), F. Delhommeau (INSERM hôpital St. Antoine, Paris), A. Escargueil (INSERM hôpital St. Antoine, Paris), S. Gaubert (Inria Saclay), O. Fercoq (Télécom-ParisTech), P. Hirsch (INSERM hôpital St. Antoine, Paris), T. Jaffredo (IBPS, UPMC), T. Lepoutre (Inria Lyon), F. Lévi (ancienne UMRS INSERM 776, hôpital Paul-Brousse, Villejuif), J.-P. Lotz (hôpital Tenon, Paris), E. Moyal (Toulouse), P. Nassoy (Institut d'Optique, Univ. Bordeaux), M. Sabbah (INSERM hôpital St. Antoine, Paris), D. Salort (IBPS, UPMC), O. Sedlaczek (Hôpital univ., Heidelberg), Min Tang (Univ. Jiao Tong, Shanghai), F. Vallette (INSERM Nantes), A. Warth (Hôpital univ., Heidelberg) ; **3. Biologie cellulaire hors cancer** : P. Bagnerini (Univ. Gênes), H.T. Banks (NCSU, Raleigh), E. Bernard (IGN Paris), V. Calvez (ENS Lyon), F. Clément (Inria Paris), F. Coquel (CMAPX), P. Cormier (UMR 8227, Roscoff), M. Escobedo (Bilbao), P. Gabriel (Univ. Versailles), R. Gebhardt (Univ. Leipzig), J. Hengstler (IfADo, Allemagne), M. Hoffmann (Paris Dauphine), S. Höhme (Univ. Leipzig), A. Jacinto (Faculdade de Ciências Médicas, Univ. Nova de Lisboa), U. Klingmueller (DKFZ, Allemagne), N. Krell (Univ. Rennes), B. Ladoux (IJM, Paris Diderot), S. Mancini (MCF, MAPMO, Univ. Orléans), R.-M. Mège (IJM, Paris-Diderot), Ph. Moireau (Inria Saclay), D. Monniaux (INRA Tours), P. Reynaud-Bouret (Univ. Nice), H. Rezaei (INRA Jouy), V. Rivoirard (Paris Dauphine), L. Robert (UPMC), Ph. Robert (Inria Paris), S. Schneider-Maunoury (IBPS, UPMC), T.W. Sheu (CASTS, Taiwan), M. Thieullen (LPMA, UPMC), J. Touboul (CIRB, Collège de France), E. Vibert (Hôpital Paul Brousse, Villejuif), W.F. Xue (Canterbury, UK), J. Zubelli (IMPA Rio de Janeiro) ; **4. Épidémiologie, sciences humaines et sociales** : J. Lamboley (Paris Dauphine), A. Laurain (São Paulo), J.-P. Nadal (CNRS et EHESS), E. Ribes (Sanofi), D. Salort (IBPS, UPMC), F. Salvarani (Univ. Paris Dauphine et Pavie, Italie), A. Vignes (École des Ponts et EHESS).

7.2.2 Système cardio-vasculaire et respiratoire

Les écoulements physiologiques étudiés au LJLL sont de deux ordres : sang dans le cœur et les voies artérielles et veineuses, air dans les voies aériennes - et dépôt de substances portées dans ces voies - , jusque dans les alvéoles pulmonaires.

Modélisation du système cardio-vasculaire. Autour des membres de l'équipe Inria REO (M. Boulakia, M. A. Fernández, J.-F. Gerbeau, C. Grandmont, I. Vignon-Clémentel), et parfois avec des membres de l'équipe Inria Medisim (D. Chapelle, Ph. Moireau), des travaux portant sur la modélisation du système cardiovasculaire ont été réalisés en collaboration avec des cliniciens (en particulier de l'hôpital Paul Brousse), des bio-ingénieurs et des partenaires industriels (Epygon, KephaliOS, Philips, Notocord). Ils concernent des problèmes de modélisation et calcul scientifique en mécanique des fluides et en électrophysiologie cardiaque.

Les écoulements sanguins ont été étudiés dans deux organes particuliers : l'œil et le foie. L'objectif poursuivi est de modéliser des dispositifs médicaux, l'impact d'actes chirurgicaux (hépatectomie partielle [37], ablation thermique de tumeur par ultrasons [371]), l'autorégulation dans la micro-circulation [18], la circulation cérébrale [329]. Les phénomènes d'interaction fluide-structure présents dans le système cardiovasculaire posent des problèmes particulièrement difficiles pour la simulation numérique. De nouveaux schémas efficaces ont été conçus et analysés par M.A. Fernández sur maillages conformes [222, 223], et non conformes (en collaboration avec F. Alauzet et E. Burman [17, 110]). Des validations expérimentales ont été réalisées

dans le cadre d'un benchmark international [283]. Des questions de stabilité numérique ont également été étudiées [219].

L'interaction entre simulation et données cliniques ou expérimentales a stimulé la mise au point de stratégies d'identification de paramètres basées sur des techniques de filtrage non linéaire, qui ont été proposées sur des portions d'artère 3D (thèse de C. Bertoglio [72]), des réseaux artériels 1D (D. Lombardi [311]) ou 0D (postdoc de S. Pant [341]), et un modèle électromécanique de cœur (postdoc de C. Corrado [181]). Certaines ont été mises en œuvre sur des données réelles, en particulier au cours de la thèse de G. Arbia, menée sous la direction conjointe de J.-F. Gerbeau et I. Vignon-Clémentel [32].

En électrophysiologie cardiaque, des simulations réalistes d'électrocardiogrammes complets ont été réalisées dans le cadre de la thèse d'E. Schenone [365]. Elles sont basées sur un nouveau modèle d'oreillette obtenu par analyse asymptotique par D. Chapelle, A. Collin et J.-F. Gerbeau [135]. La simulation de mesures expérimentales du potentiel électrique de cellules souches fait l'objet d'une application web, en cours de développement avec la société Notocord, et destinée à l'industrie pharmaceutique.

Une méthode d'ordre réduit originale, basée sur une approximation des paires de Lax, a été proposée par D. Lombardi et J.-F. Gerbeau [234] et appliquée à l'électrophysiologie et à des systèmes dominés par des phénomènes de propagation [235]. La POD a également été mise en œuvre par M. Boulakia et J.-F. Gerbeau dans des problèmes inverses d'identification de paramètres à partir d'électrocardiogrammes [102].

Yvon Maday a proposé, en particulier en collaboration avec des médecins, une approche numérique pour mieux comprendre des suites d'opération de coarctation de l'aorte dans [376] ainsi une modélisation de pompe cardiaque.

O. Pironneau développe également des algorithmes de couplage fluide-structure motivés par l'hémodynamique, [131, 248].

Imagerie vasculaire cérébrale. Sur la thématique des problèmes inverses, F. Nataf travaille sur des méthodes liées au retournement temporel [36]. Dans le dernier travail en collaboration avec M. Grote, une méthode originale [252] de séparation de sources basée a été proposée. F. Hecht, P. Jolivet, F. Nataf et P.H. Tournier, en collaboration avec la jeune pouss autrichienne EMTensor, se sont attaqués au problème de la représentation en temps quasi-réel d'un accident vasculaire cérébral en cours de constitution. Le défi médical majeur est celui de la thérapeutique à adopter en urgence : s'agit-il d'un accident hémorragique ou thromboembolique ? Dans le premier cas on ne donne évidemment pas au patient d'anti-coagulants en urgence, dans le deuxième cas on en donne. Le temps d'obtention des images (de l'ordre de 5 minutes) est compatible avec une décision médicale sans risque.

Modélisation mathématique et numérique de la ventilation. Le but de ces recherches est l'obtention de modèles permettant de décrire la ventilation. Dans le cadre de la thèse de J. Fouchet-Incaux (thèse Orsay), co-encadrée par C. Grandmont, S. Martin et B. Maury des modèles multiéchelles ont été paramétrés afin de simuler l'écoulement des gaz dans la partie proximale de l'arbre bronchique, par la résolution des équations de Navier-Stokes, tout en prenant en compte l'élasticité des tissus pulmonaires grâce à des modèles réduits. Des questions de stabilité des paramètres (obtenue grâce à des inégalités de Carleman) ont été étudiées dans la thèse d'A.-C. Egloffé [100]. Ce type de modèle couplé a aussi permis à C. Grandmont et I. Vignon-Clémentel de retrouver, dans le cadre du post-doc de J. Oakes et en collaboration

avec C. Darquenne et A. Marsden, des différences de ventilation chez le petit animal sain ou emphysémateux. En ce qui concerne la modélisation mécanique du tissu pulmonaire, des modèles homogénéisés ont été obtenus rigoureusement (passage à la limite double échelle) et des stratégies numériques développées, dans le cadre de la thèse de P. Cazeaux [124]. La thèse CIFRE - Inria - Air Liquide de N. Pozin a conduit à utiliser ces modèles en exploitant des données d'imagerie médicale, afin de quantifier les bénéfices à inhaler des gaz autres que l'air, tels des mélanges Hélium-Oxygène. Des extensions à des modèles prenant en compte de nouvelles linéarités sont en cours (post-doc de D. Kazerani).

Modélisation mathématique et numérique du dépôt d'aérosols. La modélisation du transport et du dépôt de particules dans les voies aériennes, considérée aussi bien d'une manière théorique que numérique, allant jusqu'à des comparaisons avec l'expérimentation physiologique, a conduit L. Boudin, C. Grandmont et A. Moussa à des développements originaux. Dans le cadre du post-doc d'A. Lorz, ils ont introduit un schéma explicite et l'ont étudié numériquement pour un modèle fluide-cinétique prenant en compte non seulement la force de rétroaction des particules sur le fluide mais aussi l'aspect mobile du domaine fluide [94]. L'existence de solutions faibles pour le couplage fluide-cinétique considéré a été, par ailleurs, démontrée dans [95]. Dans le cadre du post-doc de J. Oakes et en collaboration avec C. Darquenne, A. Marsden, S. Shadden, ces travaux ont ciblé, dans un premier temps, la phase inspiratoire du cycle respiratoire; les résultats numériques de dépôt ont été comparés avec les données expérimentales de dépôt obtenues pour des rats sains et emphysémateux. Afin de décrire la phase d'expiration des modèles de dépôt dans les petites voies aériennes et les alvéoles pulmonaires ont ensuite été construits et paramétrés par C. Grandmont, J. Oakes et I. Vignon-Clémentel (équations mono-dimensionnelles de type advection-réaction-diffusion). Le modèle complet obtenu est un modèle 3D-1D multiéchelles couplé permet une meilleure adéquation aux résultats expérimentaux [338].

Diffusion gazeuse dans les voies respiratoires. On fait traditionnellement le choix de la loi de Fick scalaire pour traiter la diffusion gazeuse dans l'arbre bronchique. Si l'hélium remplace l'azote comme gaz porteur, la pertinence de ce choix doit être examinée. Les modèles de mélanges gazeux peuvent faire appel à deux types de points de vue : la loi de Fick généralisée et les équations de Maxwell-Stefan, qui ont fait et font encore l'objet de plusieurs études, toujours autour de l'équipe Inria REO, principalement dans le cadre de la thèse de A. Bondesan, et en collaboration avec B. Grec et F. Salvarani. En particulier, dans l'une des plus récentes [96], l'expression des flux diffusifs à partir des équations de Boltzmann pour les mélanges a été dérivée. L'objectif principal est actuellement de déterminer les régimes où chacun des deux modèles est valide. Pour les questions plus spécifiques liées à la respiration, l'intégration des équations de Maxwell-Stefan dans un modèle 1D de diffusion, à la place de la loi de Fick scalaire, fait l'objet d'une collaboration de L. Boudin avec B. Grec et S. Martin, et ce afin d'explorer les phénomènes spécifiques liés aux mélanges Hélium-Oxygène.

Epithélium bronchique. Menée par M. Thiriet pour le LJLL, une étude numérique et expérimentale de la clairance muco-ciliaire soutenue par l'ANR (BioFiReaDy no. 2010-JCJC-0113-01) a démontré le caractère fortement rhéofluidifiant du mucus respiratoire et l'influence d'un épithélium cilié sur le transport du mucus [31, 137].

7.2.3 Cancer

La protéine p53, gardienne du génome et suppresseur de tumeur. Pendant sa thèse [215], J. Eliaš, reprenant et amplifiant les premiers travaux de thèse de L. Dimitrio, a obtenu et étudié un modèle de réaction-diffusion de la dynamique spatio-temporelle intracellulaire (noyau et cytoplasme séparés mais communicants) de la protéine p53. Il a montré que les dommages à l'ADN induits par des molécules cytotoxiques utilisées dans les traitements du cancer induisent dans le cadre de ce modèle les oscillations soutenues observées expérimentalement.

Rythme circadien, cycle cellulaire et optimisation thérapeutique en cancérologie. Ces travaux (F. Billy, J. Clairambault, O. Fercoq), menés en collaboration avec l'équipe de F. Lévi, et avec T. Lepoutre et S. Gaubert ont permis l'identification biologique partielle, à partir de données accessibles dans le cadre du projet européen ERASysBio+ C5Sys, d'un modèle de transport du cycle cellulaire datant de 2003 (Clairambault-Laroche-Mischler-Perthame, RR INRIA 4892, de type McKendrick pour des populations de cellules saines ou cancéreuses) contrôlé par le rythme des horloges circadiennes auquel est ajouté un contrôle thérapeutique périodique théorique [77]. Une version incluant la pharmacocinétique-pharmacodynamie d'une combinaison optimisée de médicaments anticancéreux en a été actualisée dans [156]. Le principe développé dans ces travaux est l'optimisation, à l'aide d'un algorithme de gradient conjugué de type Uzawa, de la première valeur propre (de Perron ou de Floquet, suivant qu'il y a ou non contrôle périodique) du système des équations décrivant le cycle de division cellulaire contrôlé par *gating* au niveau des transitions de phase.

Modélisation de la leucémie aiguë myéloïde (LAM). En collaboration avec F. Delhommeau et P. Hirsch pour les aspects biologiques et avec C. Bonnet pour les aspects de modélisation proprement dite, ces travaux (J. Clairambault au LJLL) ont donné lieu à plusieurs modèles de maturation discrète de l'hématopoïèse saine ou leucémique structurés en âge dans le cycle cellulaire dont la stabilité est analysée après transformation en un modèle à retard [339] du type de ceux étudiés par Michael Mackey depuis 1978. Un autre type de modèle, est à l'étude dans la thèse en cours d'A. Quillas Maran, co-encadrée par J. Clairambault et B. Perthame, et à l'INSERM par F. Delhommeau. Voir aussi dans "Perspectives pour le cancer" §7.2.6 le projet *EcoAML*.

Modélisation individu-centrée de la croissance tumorale dans son environnement. L'impact du stress mécanique sur la croissance des tumeurs a été étudié à l'aide de modèles à base d'agents par D. Drasdo et ses collaborateurs, notamment J. Hengstler et S. Hoeme. Un modèle agent-centré a permis d'expliquer quantitativement ou de prédire la croissance de sphéroïdes tumoraux suivant l'environnement considéré (gel d'agarose ou environnements granulaires, respectivement) [210]. Un modèle hybride (agent-centré et modèle raffiné de cellule déformable), a été utilisé pour montrer que les cellules tumorales répondent à la pression externe quantitativement de la même manière alors que la pression est exercée par des moyens expérimentaux complètement différents. Dans le cas où il n'y a pas de pression externe, un modèle de type automate-cellulaire a été construit pour expliquer et prédire quantitativement la croissance de sphéroïdes tumoraux dans des conditions nutritionnelles très différentes, l'identification du modèle reposant sur une analyse d'images, notamment de coupes histologiques [272]. De plus, des algorithmes d'analyse quantitative d'images ont été développés

pour rendre compte de phénomènes d’invasion dans le cancer (autour de B. Müller [332]), et pour établir chez un patient porteur d’un cancer du poumon une corrélation linéaire entre le paramètre de diffusion de l’imagerie IRM de diffusion (non-invasive) et la densité cellulaire de coupes histologiques (modalité invasive). La modélisation à base d’agents a par ailleurs permis de relier dans la thèse de F. Bertaux, co-encadrée par D. Drasdo et G. Batt, la variabilité cellulaire à la réponse partielle à des molécules anticancéreuses pro-apoptotiques telles que TRAIL.

Limite incompressible d’un modèle de croissance tumorale vers Hele-Shaw. Une étape importante a été franchie pour la compréhension des différents types de modèles spatiaux utilisés pour la description mécanique de croissances tumorales par B. Perthame N. Vauchelet en collaboration avec F. Quiros et J.L. Vazquez. La limite pression raide permet de relier les modèles compressibles (échelle de la cellule, de type milieux poreux) et incompressibles (échelle de la tumeur, de type frontière libre) [343]. Une collaboration avec l’université de Shanghai Jiao Tong, concrétisée en 2013 par un programme Hubert Curien-XuGuang Qi, porté par N. Vauchelet et un programme de double diplôme, a permis de comprendre diverses situations : mouvement actif, effets des nutriments, visco-élasticité (travaux de B. Perthame et N. Vauchelet avec M. Tang [342, 345, 346]).

Dynamique adaptative et évolution vers la résistance aux traitements du cancer. L’évolution étudiée ici concerne des populations cellulaires tumorales et il s’agit de l’évolution qui est induite par les traitements eux-mêmes. La structuration de populations de cellules, tumorales et saines, suivant un phénotype de résistance permet de prendre en compte dans leur comportement en temps long cet élément essentiel de l’hétérogénéité biologique des tumeurs exposées à un traitement cytotoxique. Cette variable de structure décrit de façon *continue et réversible* la dynamique adaptative en phénotype de la population cellulaire soumise à un stress mettant en danger sa survie ; une variable spatiale classique (cartésienne) peut être ajoutée si la connaissance de la géométrie tumorale le justifie. Les modèles étudiés sous l’impulsion de B. Perthame et J. Clairambault au cours des postdocs d’A. Lorz, puis de T. Lorenzi et de R. Chisholm, motivés par la théorie de la mutation-sélection dans l’évolution adaptative, sont soit semi-locaux avec un terme de convolution à support localisé en phénotype, soit du type Lotka-Volterra non locaux, éventuellement avec des composantes d’advection et de diffusion. Ils représentent une population de cellules tumorales ou deux populations de cellules (tumorale et saine) en interaction et soumis à un stress médicamenteux. Ces modèles permettent de décrire des phénomènes de résistance réversible observés expérimentalement qui ne peuvent s’expliquer par des mutations et sont vraisemblablement de nature épigénétique, c’est-à-dire liés à des variations (transmissibles à la division cellulaire) de l’expression des gènes sans mutation des gènes eux-mêmes [142, 312, 313].

Dynamique asymptotique et contrôle optimal en thérapeutique du cancer. La thèse en cours de C. Pouchol, co-encadrée au LJLL par J. Clairambault et E. Trélat, et à l’INSERM par M. Sabbah, reprend les modèles de Lotka-Volterra à deux populations structurées en phénotype de résistance évoqués ci-dessus et analyse dans un premier temps leur comportement asymptotique hors traitement et les conditions de convergence vers un plateau de ces populations et de leur concentration en phénotype [348]. C. Pouchol a par la suite généralisé cette situation à un nombre quelconque de populations avec étude de sélection de certains

phénotypes [349]. Dans le cas de deux populations seulement, une cancéreuse et une saine, des stratégies de contrôle optimal de la population tumorale (stabilisation ou éradication, à l'aide d'une combinaison de médicaments cytotoxiques - qui tuent les cellules - et cytostatiques - qui ne font que ralentir leur prolifération-, agissant sur des cibles fonctionnelles distinctes dans les modèles) ont été développées sous contrainte de limitation de la toxicité pour les cellules saines et d'évitement de l'émergence de sous-populations de cellules tumorales résistantes [348]. Leur amélioration pour les rapprocher de conditions thérapeutiques réelles en clinique des cancers est en discussion avec une équipe de cancérologues cliniciens (J.-P. Lotz).

7.2.4 Biologie cellulaire hors cancer

Oscillations en biologie. Autour de J.-P. Françoise, et en collaboration avec de nombreux biologistes et médecins, des aspects très divers des rythmes biologiques, et plus généralement des modèles à base physiologique construits avec des équations différentielles, souvent à plusieurs échelles de temps, ont été étudiés, produisant quatre thèses en co-direction soutenues et une dizaine d'articles et chapitres de livres, notamment [362].

Biologie de la reproduction. M. Postel, avec F. Coquel et F. Clément, durant la thèse de B. Aymard, ont mis au point une méthode numérique d'ordre élevé combinant les méthodes de maillage adaptatif par multirésolution et le calcul parallèle sur architecture HPC pour simuler un modèle multiéchelle de populations cellulaires structurées rendant compte de la sélection dans les follicules ovariens [45]. Par la suite, les mêmes, avec D. Monniaux, ont calibré le modèle en tenant compte de contraintes exprimées qualitativement et quantitativement sur les observables [46].

Mouvement collectif de bactéries. L'étude du comportement collectif de bactéries par chimiotactisme a fait l'objet de nombreux travaux au LJLL. En particulier N. Vauchelet a été responsable d'un projet PEPS Physique Théorique et Interfaces du CNRS en collaboration avec l'Institut Curie, qui a permis de lancer la thèse de C. Emako Kazianou, codirigée par L. Almeida et N. Vauchelet. L'étude mathématique et numérique de modèles d'équations aux dérivées partielles décrivant a ainsi pu être menée à bien. De plus un travail collaboratif comparant des résultats expérimentaux obtenus à l'Institut Curie, avec une étude mathématique, a abouti à l'article [216].

Modélisation, problèmes inverses et directs pour l'agrégation de protéines. L'agrégation de protéines caractérise les maladies dites amyloïdes (e.g. Alzheimer, Creutzfeldt-Jakob). Ses mécanismes, de part la complexité des réactions possibles, sont encore largement méconnus. Autour de cette application, de nombreux problèmes mathématiques nouveaux s'ouvrent dans des champs variés, problèmes dont l'intérêt dépasse à son tour la seule application à l'agrégation de protéines.

Pour modéliser la nucléation (formation d'un premier polymère stable à partir de monomères), un modèle structuré continu en taille, où la nucléation apparaît comme terme source, a été établi [350] (M. Doumic, P. Gabriel, en collaboration avec l'INRA) et a servi de bases aux travaux qui ont suivi, en collaboration avec H.T. Banks, H. Rezaei - en particulier la thèse d'H.W. Haffaf, co-encadrée par B. Perthame et M. Doumic, et les post-doctorats de C. Kruse et S. Prigent.

De façon complémentaire, une approche probabiliste a été initiée par la thèse de S. Eugène, en collaboration avec Ph. Robert et le biophysicien W.-F. Xue [221]. Ces travaux ouvrent des perspectives inédites sur la compréhension de la variabilité intrinsèque de ces processus, et des modèles plus élaborés sont à présent étudiés par W. Sun (étudiante en thèse de Ph. Robert).

Enfin, la thèse d'A. Armiento (co-encadrée par M. Doumic et Ph. Moireau, et en collaboration toujours avec H. Rezaei) a étudié l'estimation d'état d'un système dépolymérisant [34] et adapté le cadre de l'assimilation de données à l'agrégation d'amyloïdes. Il s'agit là d'une base essentielle qui ouvre de nombreuses perspectives, tant théoriques (à peu près tout reste à démontrer) qu'en terme d'application, grâce à son adaptabilité aux différents protocoles expérimentaux.

Comportement en temps long d'équations structurées. L'étude théorique du comportement asymptotique d'équations structurées et de croissance et fragmentation est un sujet dans lequel le laboratoire a apporté des contributions majeures cette dernière décennie, avec des applications variées : division des bactéries, agrégation des protéines, cancer, neurosciences, etc. Des comportements critiques surprenants de l'équation de fragmentation et de croissance-fragmentation ont été mis à jour (M. Doumic, B. Perthame, en collaboration avec E. Bernard, V. Calvez, M. Escobedo, P. Gabriel [207]). La dépendance du paramètre de Malthus par rapport à la croissance a été étudiée [112], ainsi qu'un des travaux de thèse d'A. Olivier, co-encadrée par M. Doumic et M. Hoffmann.

D'autre part, l'obtention et la validation mathématique et numérique d'un modèle réduit pour la folliculogénèse ont fait l'objet de travaux récents de M. Postel avec F. Coquel et F. Clément [157].

Estimation de la division cellulaire. Une question fondamentale pour comprendre le cycle cellulaire est d'identifier les mécanismes qui provoquent la division. En collaboration avec des statisticiens (M. Hoffmann, N. Krell, P. Reynaud-Bouret, V. Rivoirard), des biologistes (L. Robert), la question de l'estimation du taux de division dans des populations de bactéries en division a été étudiée en mêlant les approches déterministes (équations structurées, à la suite des travaux de B. Perthame et J. Zubelli [103]), probabilistes (processus de Markov déterministes par morceaux [208]) et statistiques (méthode de Goldenschluger-Lepski [209]), et en appliquant ces méthodes aux données expérimentales de L. Robert afin de déterminer la variable structurante, déclenchant la division [357]. Cela a donné lieu à des travaux de thèse de T. Bourgeron (co-encadrée par B. Perthame et M. Doumic) [220] et A. Olivier (co-encadrée par M. Hoffmann et M. Doumic). En termes de perspectives, ces travaux peuvent être adaptés à d'autres modèles, et à des cas où la variable déclenchant la division n'est mesurée que de façon indirecte.

Adhésion cellule-cellule. Un modèle phénoménologique d'adhésion cellulaire reposant au niveau moléculaire sur une représentation de la dynamique des cadhérines a été étudié en collaboration entre S. Mancini, R.-M. Mège et B. Sarels, donnant lieu à une publication [319].

Modélisation fonctionnelle du foie normal et pathologique. Un pipeline d'imagerie, d'analyse d'images [226, 259] et de modélisation a été établi pour simuler les processus spatio-temporels dans le foie à l'échelle histologique [211]. Résultat remarquable, une réaction chimique qui était absente dans le modèle pharmacocinétique-pharmacodynamique consensuel

de détoxification de l'ion ammonium [366] a été prédite par un modèle hybride, puis expérimentalement validée, ce qui initie une perspective de nouveaux traitements potentiels de l'hyperammoniémie [236]. Les perspectives de recherche actuelles étendent ce travail sur la toxicologie du foie aux maladies hépatiques et à la bio-ingénierie de tissus de remplacement du foie, dans le cadre de plusieurs projets subventionnés (>1M $euro$ au total) avec des collaborateurs hospitaliers en France et en Allemagne, des instituts de toxicologie et le DKFZ en Allemagne.

Biologie marine. L'un des thèmes de l'équipe "traduction, cycle cellulaire et développement" de l'UMR 8227 de la Station Biologique de Roscoff est l'étude du contrôle traductionnel de l'expression des gènes, dans le développement précoce de l'embryon d'oursin. Dans ce contexte, des systèmes de réaction-diffusion avec couplage entre onde surfacique et onde volumique sont étudiés dans la thèse de C. Moundoyi, co-encadrée par B. Sarels et P. Cormier. Ce projet bénéficie du soutien de l'institut des sciences du calcul et des données (ISCD) de Sorbonne Universités via une demi-bourse de thèse. L'autre moitié du financement a été obtenue auprès de la région Bretagne.

J. Sainte-Marie et Y. Penel ont établi une collaboration fructueuse avec deux autres équipes de biologie marine de l'UPMC (LOCEAN, LOV) sur la modélisation et la simulation des couplages hydrodynamique-biologie, en particulier à propos de la croissance du phytoplancton [44] et de l'optimisation de la culture des micro-algues [69].

Acupuncture. Un modèle d'acupuncture développé par M. Thiriet avec Y. Deleuze et T.W.H. Sheu a démontré les effets du champ de contraintes sur les mastocytes pendant et après implantation de l'aiguille en un point contenant une population adéquate de cellules. Le processus est auto-entretenu par chimiotaxie [379]. Le transport de cellules immergées repose sur le couplage chimiotaxie-diffusion-convection décrit pour différents régimes selon la prédominance du mécanisme de transport, avec des instabilités de type Bénard pour un régime convectif, tandis que les régimes chimiotaxique et diffusif ont un effet stabilisant.

Cicatrisation. L. Almeida et I. Cheddadi ont étudié la fermeture de trous épithéliaux, une forme de migration collective de cellules très répandue aussi bien pendant le développement que dans la vie adulte. Elle est essentielle à la formation et à la manutention de tissus épithéliaux et a fait l'objet d'un grand nombre d'études en particulier grâce à son importance dans les mouvements morphogénétiques et la cicatrisation.

Ces travaux [356, 382] ont permis de mieux comprendre les processus mécaniques à l'œuvre dans la cicatrisation et la fermeture de trous épithéliaux *in vivo* (en particulier dans les pupes de drosophile) et *in vitro* (monocouches de cellules MDCK et de kératinocytes humains). L. Almeida, I. Cheddadi et leurs collaborateurs ont caractérisé le rôle important joué par la géométrie du bord dans le mécanisme de fermeture. Les similarités entre les cas *in vivo* et *in vitro* indiquent l'existence de mécanismes conservés que doivent être communs à une grande variété d'organismes vivants.

Biologie végétale : croissance racinaire. Le travail effectué dans le cadre de la thèse de P.-H. Tournier a porté sur l'analyse mathématique ainsi que sur la mise en œuvre numérique de modèles mécanistes de l'absorption de l'eau et des nutriments par les racines des plantes, en relation avec le mouvement de l'eau et des nutriments dans le sol, et gouvernés

par des équations aux dérivées partielles non linéaires. Cette étude s’inscrit dans le contexte du développement d’une agriculture durable, l’enjeu étant d’approfondir notre compréhension des interactions complexes entre le système racinaire et le sol. Les modèles proposés prennent en compte explicitement la géométrie du système racinaire, afin d’étudier son influence sur la capacité d’absorption. Une première partie du travail a porté sur l’analyse mathématique d’un modèle d’absorption de phosphore, ainsi que sur la formulation et la résolution numérique 2D d’un problème d’optimisation de forme visant à trouver les formes racinaires qui maximisent l’absorption de phosphore. Dans un deuxième temps, des modèles 3D fins du mouvement et de l’absorption de l’eau et des solutés à l’échelle du système racinaire ont été proposés et mis en œuvre numériquement en tirant avantage des récents progrès du calcul scientifique dans le domaine de l’adaptation de maillage non structuré et du calcul parallèle, notamment avec les méthodes de décomposition de domaine [380]. Ce travail sur la croissance racinaire va se poursuivre dans une thèse en collaboration avec l’INRA.

Réseaux de neurones. Des limites champs moyens ont été proposées par plusieurs physiciens afin de décrire des réseaux de neurones à partir de modèles physiologiques simplifiés de neurones en interaction (via leurs décharges). Ce sont les équations dites ‘intègre-et-tir’ (*integrate-and-fire*). Ces limites en grands nombres de neurones ont été validés par des écoles probabilistes (en particulier au LPMA par M. Thieullen) et les modèles limites s’écrivent sous forme d’EDP avec des non-linéarités singulières déterminées par le bord du domaine. Ces systèmes décrits par des équations de Fokker-Planck paraboliques ou cinétiques, ou des équations structurées ont fait l’objet de plusieurs études par B. Perthame et D. Smets, en collaboration avec M. Cáceres, J. Carrillo, K. Pakdaman, D. Salort. L’un des enjeux est de comprendre les conditions d’apparition de synchronisation du réseau. Voir par exemple [123, 344].

7.2.5 Épidémiologie, sciences humaines et sociales

Optimisation de forme et épidémiologie des maladies à vecteurs. J. Lamboley, A. Laurain, G. Nadin et Y. Privat se sont intéressés à un problème de l’optimisation des forme et position de ressources dans un enclos, afin de maximiser la survie d’une population. Plus précisément, ils ont étudié les ensembles optimaux E minimisant la première valeur propre de l’opérateur $-\Delta - \mathbb{1}_E$ dans un ensemble donné Ω , avec conditions au bord de Robin, lors d’un séjour de professeur invité au laboratoire de A. Laurain [282]. L’ensemble E peut être vu comme l’habitat d’une population biologique, et minimiser la valeur propre permet de maximiser les chances de persistance de la population pour une équation non linéaire associée. Ils ont en particulier démontré que si E ou $\Omega \setminus E$ était radialement symétrique, alors Ω était nécessairement une boule de même centre, contredisant une conjecture antérieure basée sur des simulations numériques. Ce travail ouvre des perspectives, par exemple la caractérisation de l’ensemble optimal quand Ω est une boule avec conditions au bord de Robin : les simulations numériques plaident pour un bout de sphère intersectant $\partial\Omega$ de façon orthogonale, mais ce résultat reste à confirmer ou infirmer.

Contrôle de maladies vectorielles. Dans le cadre d’une collaboration interdisciplinaire et internationale (au LJLL L. Almeida, P.-A. Bliman, B. Perthame, M. Strugarek, N. Vauchelet), l’étude de méthodes innovantes du contrôle d’épidémies de Dengue a été entreprise avec la FioCruz, la FGV et l’IMPA, trois institutions de Rio de Janeiro. Ces collaborations ont été concrétisées par l’obtention d’un financement Capes/Cofecub, d’un financement SU/Faperj et

entrent dans le cadre du projet STIC/MathAmSud ‘MOSTICAW’. Ceci a permis de lancer la thèse de M. Strugarek, co-encadrée par B. Perthame et N. Vauchelet, sur l’étude de l’invasion de la bactérie *Wolbachia* dans une population de moustiques. En effet, les moustiques (*aedes aegypti*, *aedes albopictus*) infectés par cette bactérie ne peuvent pas transmettre la bactérie. Cette étude s’apparente à l’étude de l’invasion d’une population dans une autre et donc à l’étude de fronts de propagation dans des systèmes de réaction-diffusion bistables [374].

Sciences humaines et sociales. Deux approches sont possibles de façon naturelle pour les applications aux sciences sociales et en économie, afin de prendre en compte les questions d’évolution : la théorie cinétique et les systèmes dynamiques multi-agents. Dans [98], L. Boudin et F. Salvarani s’appuient sur un modèle cinétique et des résultats de sondage pour retrouver le comportement de la population écossaise lors du référendum sur l’indépendance en 2014. Dans un travail en cours sur les systèmes non symétriques du premier ordre à coefficients constants pour le consensus, L. Boudin, F. Salvarani et E. Trélat définissent une fonctionnelle de Lyapunov adéquate permettant d’envisager une théorie L^2 qui n’existait jusqu’à maintenant que dans le cas symétrique. Enfin, L. Boudin et L. Trussardi utilisent actuellement les deux points de vue (équations cinétiques et systèmes multi-agents) pour aborder des questions d’économie industrielle et cognitive sur la dynamique de la réputation d’un bien manufacturé complexe, et participent à la mise en place d’un protocole expérimental adapté sur cette question avec des collègues économistes ou/et spécialistes des systèmes complexes.

Ressources humaines. Une collaboration avec Sanofi (ressources humaines) vient d’être initiée par M. Doumic, B. Perthame et D. Salort, visant à optimiser la politique de recrutement de personnel pour l’adapter aux besoins d’une entreprise pharmaceutique. Ainsi, une approche d’optimisation d’un modèle non linéaire de population structurée a été proposée. Sur une base théorique dans le cadre de modèles pour la division cellulaire, un modèle structuré en âge, ensuite enrichi avec l’expérience, a été étudié, et une politique optimale de recrutement mise en évidence. Les perspectives sont d’enrichir le formalisme en prenant en compte : formation, comportement individuel des employés, contraintes sur leur nombre, etc.

7.2.6 Perspectives

Perspectives de recherche en modélisation cardiovasculaire. Les méthodes de résolution en dimension élevée seront développées pour traiter des problèmes de quantification d’incertitudes, des problèmes inverses, et la fusion de données. De même, l’étude des algorithmes traitant du couplage fluide-structure sera poursuivie en mettant l’accent sur les changements de topologie (fracture ou contact). Nous avons aussi pour objectif d’introduire des phénomènes d’échelles temporelles différentes dans nos modèles d’écoulements sanguin, afin d’améliorer la prise en compte de l’autorégulation et du remodelage.

Les collaborations cliniques et industrielles autour de la modélisation de dispositifs cardiaques implantables seront renforcées, et de même pour l’interaction entre simulation et imagerie médicales (ultrasons, produits de contraste, etc.).

La prochaine étape en imagerie vasculaire est d’établir une corrélation entre les données d’IRM de perfusion et l’architecture des vaisseaux dans des coupes histologiques tumorales, pour nous permettre de paramétrer nos modèles de croissance tumorale vasculaire, et de mieux comprendre les modalités d’imagerie de perfusion. Nous avons aussi un projet récent sur les lymphomes non hodgkiniens du système nerveux central avec l’Hôpital Universitaire

de la Pitié-Salpêtrière où l'on utilisera la même stratégie de liaison entre l'analyse micro- et macro-imagée et la modélisation de la croissance tumorale.

Perspectives pour le cancer : hétérogénéité des tumeurs dans leur écosystème.

Ce thème général, exposé dans [141], sous-jacent aux deux précédemment évoqués, a fait l'objet d'un appel d'offres de l'ITMO cancer, géré par l'INSERM, auquel des membres du LJLL ont répondu en s'associant à des équipes de biologistes et cliniciens du cancer qui ont été lauréates dans deux des six projets retenus par l'ITMO cancer pour 2016-2020 : résistances aux traitements du glioblastome (tumeur cérébrale primitive : M. Doumic et L. Almeida, avec F. Vallette, Nantes, et E. Moyal, Toulouse : projet *MoGIImaging*) et interactions tumeur-stroma dans la leucémogénèse précoce de la leucémie aiguë myéloïde (LAM, J. Clairambault et B. Perthame, avec T. Jaffredo et F. Delhommeau : projet *EcoAML*). Le cancer du sein et son écosystème péri-tumoral fait aussi l'objet d'une collaboration active avec le co-encadrement des thèses de C. Pouchol et d'A. Prunet par M. Sabbah. Une question qui se pose à propos de l'hétérogénéité phénotypique des populations de cellules tumorales en rapport avec leur résistance aux traitements est : clone initial pluripotent unique ou *bet hedging* (distribution parcimonieuse optimale des phénotypes de résistance dans la population des cellules) ? L'étude de cette alternative, qui si elle était tranchée pourrait avoir des conséquences en termes de stratégies thérapeutiques, peut être vue comme étant du ressort de l'optimisation de forme, question traitée au LJLL dans un cadre EDP de réaction-diffusion par G. Nadin et Y. Privat (cf. le thème Epidémiologie) avec qui une collaboration a été ébauchée.

Perspectives en biologie cellulaire hors cancer. La modélisation mathématique de la corticogénèse sera continuée, prenant en compte des aspects déterministes et probabilistes (avec S. Schneider-Maunoury et A. Karam, IBPS). Les modèles de réseaux de neurones seront également étendus avec et diverses discussions avec des biologistes sont en cours, sur la communication dans les synapses, des aspect de biologie du développement et la consolidation de notre compréhension mathématiques de ces réseaux. Plus généralement, la combinaison de méthodes statistiques, EDP et probabilistes pour les modèles de dynamique des populations n'en est qu'à ses débuts ; M. Doumic continuera à développer des méthodes de sélection de modèles/analyse de données pour les aspects moléculaires et ces méthodes se développeront certainement pour les réseaux de neurones.

Perspectives en épidémiologie : questions et outils de théorie des systèmes. L'épidémiologie mathématique s'intéresse aux modèles de la dynamique des maladies infectieuses, se fixant pour but de prédire, comprendre et contrôler ces processus. Il s'agit de questions "modélisation, analyse, synthèse de commande" pour lesquelles la théorie du contrôle a fourni des résultats puissants pour résoudre des problèmes d'ingénierie. Nos travaux, débutés récemment au LJLL, examinent l'intérêt et la pertinence de ces idées et techniques pour l'épidémiologie, plus spécifiquement pour étudier des questions d'observation (comment déterminer la fraction de susceptibles, typiquement essentielle pour la prévision d'une épidémie ?), d'identification (comment estimer à partir de données d'incidence - le nombre de nouveaux infectés par unité de temps - la valeur du taux de transmission, cruciale pour comprendre la dynamique de l'infection ?), et d'analyse de systèmes complexes (rendant compte par exemple de l'hétérogénéité spatiale ou des déplacements d'une population, ou décrivant la rétroaction sur la dynamique de l'infection des mesures de lutte ou campagnes d'information).

Par ailleurs, en particulier avec M. Postel, le LJLL participe à l'élaboration de plusieurs projets pluridisciplinaires en lien avec des collègues philosophes, littéraires, médecins et mathématiciens de Sorbonne Universités dont l'origine est le concept de contagion (des idées aux maladies).

7.2.7 Auto-analyse

L'auto-analyse ci-dessous mêle des traits généraux communs aux laboratoires de recherche de la région parisienne à des traits propres aux interactions du LJLL avec les sciences du vivant.

Forces : - Fortes interactions mathématiques-biologie, qui sont de deux ordres : fondamentales (ou directes), lorsqu'une question biologique est interactivement transformée en un problème mathématique, et d'autre part appliquées à la bio-ingénierie (ou indirectes), lorsqu'une question de bio-ingénierie liée à une méthode d'observation biologique ou médicale - par exemple en imagerie cardio-vasculaire ou du cancer - donne lieu à un problème mathématique.

- Un lien organique avec l'INRIA existe sous la forme de 2 équipes de mathématiques appliquées orientées vers la biologie et la médecine : REO et MAMBA.

- Fortes interactions avec des questions majeures de société : le Laboratoire Jacques-Louis Lions attire de nombreux jeunes mathématiciens doués qui, commençant par une formation en master organisée par ses membres dans la filière du parcours mathbio, veulent faire de la recherche en mathématiques appliquées à la biologie et à la médecine.

Faiblesses : De façon générale, questions récurrentes de l'insuffisante parité et du support insuffisant à l'installation de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs, qui sont de ce fait facilement rebutés par le coût de la vie en région parisienne.

Opportunités : - Le Laboratoire Jacques-Louis Lions est partie intégrante de la première université scientifique et médicale située dans la plus forte zone de concentration scientifique d'Europe, l'Île de France. Les interactions de nombreux membres du LJLL entre mathématiques et biologie/médecine qui existent déjà au sein de plusieurs organismes, affiliés à l'UPMC (Institut Universitaire de Cancérologie, antenne de biologie marine de Roscoff) ou non (ITMO gérés par l'INSERM, notamment ITMO Cancer et ITMO TecSan), sont appelées à se développer avec l'intérêt croissant des membres du LJLL pour les applications à la biologie.

- L'insertion géographique du laboratoire au cœur de Paris, carrefour international d'échanges scientifiques et culturels, à proximité immédiate de nombreux nœuds de communication, en fait un argument de poids pour l'organisation de conférences internationales pluridisciplinaires.

Menaces : - La fusion Paris IV - Paris VI ne va-t-elle pas faire planer une menace de disparition du LJLL du petit noyau de recherche en SHS qui s'y est constitué ?

- L'ouverture du LJLL à la recherche en mathématiques appliquées à la biologie et à la médecine, telle qu'elle est personnalisée en partie actuellement par les quelques chercheurs à l'interface qui ont pu bénéficier d'une double formation, mathématique et biologique ou médicale, pourrait se voir réduite avec leur prochain retrait du service actif (J. Clairambault, M. Thiriet). Comment pérenniser ce trait original du laboratoire par le recrutement de chercheurs et d'enseignants-chercheurs bi-appartenants, typiquement PhD (maths) - MD ? À défaut, au minimum, par quels moyens favoriser des co-encadrements de stages et de thèses de jeunes médecins - ou internes en médecine - en mathématiques et en sciences de l'ingénieur ?

Chapitre 8

Annexes

8.1 Devenir des doctorants

AGROUM RAHMA, Université de Tunis El Manar
AISSIOUENE NORA, Postdoc Tremplin Carnot
ALOUÏ FAOUZIA, maître-assistante à l'Université de Kairouan
ARBIA GREGORY, Ingénieur Sorin group
ARGUILLERE SYLVAIN, CR CNRS Lyon
ARMIENTO AURORA, Volontaire humanitaire au Pérou
AUBOIN-LAHUTTE MARION, Radiologue dans un Hôpital Universitaire
AUDEBERT CHLOE, Postdoc
AULIAC SYLVAIN, Ingénieur de recherche Metrolab
AYMARD BENJAMIN, Postdoc Londres
BADSI MEHDI, Postdoc Toulouse
BARRAL NICOLAS, Research associate Imperial College
BELJADID ABDELAZIZ, postdoc MIT
BERTAUX FRANCOIS, Postdoc John Hopkins University
BERTOGLIO BELTRAN CRISTOBAL ANDRES, Postdoc Groningen (Pays-Bas)
BOUHOURS JULIETTE, Postdoc
BOULANGER ANNE-CELINE, Ingénieure TNG Munich
BOURFIA YOUSSEF, Postdoc Marrakech
BOURGERON THIBAUT, Postdoc l'ENS-Lyon
BURTSCHER ANNEGRET YVONNE, Postdoc Bonn
CANEVARI GIACOMO, Postdoc BCAM
CARRENO-GODOY NICOLAS-ANTONIO, Academic Instructor Universidad Técnica Federico Santa María Valparaíso (Chili)
CAZEAUX PAUL, Postdoc Minneapolis
CERF MAX, Ingénieur de recherche Airbus Safran
CHKIFA MOULAY ABDELLAH, Professeur Université Mohammed 6 Polytechnique Maroc
CHUPIN MAXIME, Ingénieur de recherche CNRS
COLLIN ANNABELLE, Mdc Bordeaux
COQUAN SOPHIE, Ingénieur d'étude Thales
CZIMEK STEFAN, postdoctorant a l'université de Toronto
DAKROUB JAD, Mdc université Saint-Joseph (Beyrouth), faculté des ingénieurs

DANIEL JEAN-PAUL, postdoc Dresde
DAPOGNY CHARLES, CR CNRS Grenoble
DELEUZE YANNICK, Ingénieur de recherche Veolia
DIMITRIO LUNA,
EGLOFFE ANNE-CLAIRE, PRAG (IUT Cachan)
EL-HADDAD MIREILLE, Postdoc Philadelphie
ELIAS JAN, Postdoc Université de Graz (Autriche)
EMAKO KAZIANOU CASIMIR, JP Morgan (Londres)
EUGENE SARAH, Goldman Sachs (Londres)
FABRINI GIULIA, Postdoc Constance
FOUCHET-INCAUX JUSTINE, Professeure en Lycée
FRANCHITTI ALEXANDRA, Professeure en lycée
FRANCK EMMANUEL, CR Inria
GAGNON LUDOVICK, Postdoc Nice
GERALD SOPHIE, Ingénieure CEA
GIRARDIN MATHIEU, Ingénieur CEA
GOLDMAN DORIAN, Postdoc Cambridge
GRUBIC NASTASIA, Postdoc Madrid
GUERRIER CLAIRE, Postdoc UCB Vancouver
GUEYE MAMADOU, Postdoc Chili
GUILLERON JEAN-PHILIPPE, Professeur de lycée
HADDAOUI KHALIL, HSBC Pologne
HAFERSSAS RYADH MOHAMED, Postdoc MIT
HAFFAF HADJER WAFAA, MdC Tlemcen
HEINRY-WIDMER CAROLE, Ingénieur Michelin
HU LONG, Assistant Professor à Shandong University, Jinan, Chine
IMBERT GERARD LISE-MARIE, Assistant Professor Maryland
JAGIELLA NICK, Chercheur Munich
JOLIVET PIERRE, CR CNRS Toulouse
JOUNIEAUX PIERRE, professeur en classe préparatoire
KAZERANI DENA, Postdoc Inria
KOKSAL ELIF, Postdoc Inria Nice-Sophia
KONATE ABOUBACAR
KOWALSKI NICOLAS, Ingénieur de recherche Synopsys
KRAY MARIE, Postdoc UBC Vancouver
LANDAJUELA LARMA MIKEL, Postdoc MOX Milan
LAURIERE MATHIEU, Postdoc NYU Shanghai
LEBLE THOMAS, Postdoc Courant Institute
LEPOULTIER GUILHEM, Ingénieur d'études
LEROY THOMAS, Ingénieur de recherche CEA
LIARD THIBAUT, Postdoc Rutgers Camden
LIPP TOBIAS, Ingénieur R&D Bosch
LISSY PIERRE, MdC Paris-Dauphine
LUU THI HIEU, Postdoc Orsay
MA YUE, Assistant Professor Xian
MAAROUF SARRA, MdC Tunis
MAKHLOF HASAN, Assistant Professor Damas

MARBACH FREDERIC, postdoc à l'ENS Rennes
 MAURY AYMERIC, Postdoc Québec
 MEGRET LUCILE, Postdoc UPMC (Biologie)
 MENIER VICTORIEN, Postdoc Stanford
 MIFSUD CLEMENT, ATER puis enseignant CPGE
 MOHAMAD HAIDAR, postdoc Jacobs University Bremen
 MOUFAWAD SOPHIE, Assistant Professor American University of Beirut
 MULA HERNANDEZ OLGA, MdC Paris-Dauphine
 MULLAERT JIMMY, Interne en médecine
 NGUYEN VAN QUANG, postdoc EPFL
 POULON EUGENIE, Professeure CPGE
 QU LONG, Ingénieur de recherche Total
 QUININAO CRISTOBAL, Assistant Professor Chili
 RIAHI MOHAMED KAMEL, Assistant Professor Khalifa university (EAU)
 SALEH KHALED, MdC Lyon
 SCHENONE ELISA, Ingénieure Moxoff
 SCHWARTZ-COTE DELPHINE, professeure en classe préparatoire
 SHANG PEIPEI, Assistant Professor Shanghai
 SMALDONE SAVERIO, Ingénieur R&D Evolution Energie
 SPILLANE NICOLE, CR CNRS École Polytechnique
 TA THI THANH MAI, MdC à Hanoi
 TOULOUGOUSSOU ANGE BARTHELEMY, Postdoc
 TOURNIER PIERRE-HENRI, Ingénieur de recherche
 TOURNUS MAGALI, MdC Marseille
 VERGEZ GUILLAUME, PRAG
 VILCHES KARINA, Postdoc Chili
 VU BANG CONG, postdoc EPFL
 WEENS WILLIAMS, Ingénieur
 XING KANG ZHENG
 YOUSEF SOLEIMAN, Ingénieur de recherche IFPen
 ZHU JIAMIN, Ingénieur de recherche Sup-aero (Toulouse)

8.2 Évènements organisés au Laboratoire

8.2.1 Évènements récurrents

Séminaire hebdomadaire du laboratoire.

[Programme disponible ici](#)

Leçons Jacques-Louis Lions. Visent à faire le point sur des sujets émergents et participent à notre politique de prospective :

- Emmanuel Candès (Université de Stanford)
 “Statistics for the big data era”, 14 au 17 mars 2017,
- Eitan Tadmor (Université du Maryland)
 “Collective dynamics : flocking, emergence of patterns and social hydrodynamics”, 13 au 17 juin 2016,

- Felix Otto (Max-Planck Institute for Mathematics in the Sciences)
“A quantitative approach to stochastic homogenization”, 24 au 27 novembre 2015.

Journées Internes du Laboratoire Jacques-Louis Lions. Visent à faire connaître nos activités de recherche récentes aux membres du LJLL (communication interne) : 19 avril 2017, 16 novembre 2016, 18 mai 2016, 18 novembre 2015, 8 avril 2015, 16 octobre 2014, 27 novembre 2013, 23 avril 2013.

Journées de la Fédération. Vie scientifique de la **Fédération de Recherche en Mathématiques de Paris Centre**

- Journée “Graphe et Réseau”, octobre 2016
- Journée “Risque”, 2014
- Journée “Tarantola”, 9 septembre 2013



8.2.2 Conférences organisées par le Laboratoire

Outre le congrès **SMAI 2013**, porté pour le LJLL par François Murat et Yohan Penel, et organisé sous l’égide de la FSMP, notons les conférences suivantes :

- Waves in fusion plasma (WAFU), du 3 au 7 juillet 2017, organisé par M. Campos-Pinto et B. Després
- Journée “Mathématiques et cancer”, le 5 juillet 2017, organisée par L. Almeida
- Journée “Biomaths, contrôle et optimisation” (Programme Émergence de la Ville de Paris), le 22 juin 2017, organisée par Y. Privat
- Conférence en l’honneur de G. Francfort pour ses 60 ans, les 15-16 juin 2017 à l’IHP, organisateurs du LJLL J.-F. Babadjian et F. Murat
- Conference in honor of Yvon Maday for his 60th birthday, Roscoff, 2 au 5 mai 2017
- Journées Maths et Chimie (GDR CORREL), du 3 au 7 janvier 2017
- Workshop “Modeling and Computation of Shocks and Interfaces”, du 6 au 8 décembre 2016 au LJLL, organisateurs Ph. LeFloch, J. Smilivici et J. Szeftel
- Fourth workshop on thin structures, du 8 au 10 septembre 2016 à Naples, organisateur du LJLL F. Murat
- Congrès en l’honneur de Jean-Michel Coron, du 20 au 24 juin 2016 à l’IHP, organisateurs du LJLL F. Béthuel et E. Trélat
- Inauguration du Séminaire “Séminaire Itinérant de Mathématiques, Biologie et Applications des Doctorants”, le 24 mai 2016
- Second meeting on mathematical modeling and control in epidemic spread, le 23 mai 2016, organisé par L. Almeida, B. Perthame et N. Vauchelet

- SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing, du 12 au 15 avril 2016 à l'UPMC, organisateurs locaux du LJLL X. Claeys, J.-F. Gerbeau, F. Hecht, Y. Maday et F. Nataf; L. Grigori était co-présidente du congrès
- Recent advances in kinetic theory and applications, le 1er juin 2016, organisateurs L. Boudin, F. Golse et F. Salvarani
- Workshop “Complex systems of reaction-diffusion”, les 24 et 25 mars 2016, organisé par L. Desvillettes, A. Moussa et T. Lepoutre
- Workshop Micro-Macro Model, Simulation of Liquid-Vapour-Flows, du 2 au 4 mars 2016, organisé par P. LeFloch
- 8èmes journées FreeFem++, les 8 et 9 décembre 2016, organisées par F. Hecht
- Modeling and Computation of Shocks and Interfaces, du 6 au 8 décembre 2016, organisé par P. LeFloch et C. Makridakis
- 7èmes Journées Freefem++, les 15 et 16 décembre 2015, organisées par F. Hecht
- Journée sur les couplages entre modèles atomique et continu, le 2 octobre 2015
- Congrès “Challenges in optimization for data science”, les 1er et 2 juillet 2015, organisé par P.-L. Combettes et V. Perchet
- Secondes Journées Lions-Magenes, les 13 et 14 avril 2015 à Pavie
- Workshop on hybrid and multiscale modelling in cell and cell population biology, du 16 au 18 mars 2015, organisé par J. Clairambault et V. Volpert
- Workshop “Modèles mathématiques en sciences sociales”, le 15 décembre 2014
- 6èmes Journées Freefem++ , du 9 au 11 décembre 2014, organisées par F. Hecht
- Journées autour de la collaboration LJLL-Shanghai, du 7 au 9 juillet 2014
- Congrès en l'honneur de Haïm Brézis, du 30 au 4 juillet 2014 à l'IHP, organisateur du LJLL J.-M. Coron
- Modeling Tissue Dynamics and Repair, les 16 et 17 juin 2014, organisé par L. Almeida
- Journée de lancement du LRC Manon II, le 12 juin 2014, organisée par E. Godlewski, B. Perthame et J. Segré
- Mathematics and Biology : 2nd Young Inverstigators International Workshop, les 3 et 4 avril 2014
- Journée Jeunes Contrôleurs, le 13 février 2014
- Conférence en l'honneur de L. Tartar pour ses 70 ans, du 16 au 20 septembre 2013 à Shanghai, organisateur du LJLL F. Murat
- Third workshop on thin structures, du 5 au 7 septembre 2013 à Naples, organisateur du LJLL F. Murat
- 5èmes Journées Freefem++, du 10 au 12 décembre 2013, organisées par F. Hecht
- Model Adaptation and Coupling days, les 11 et 12 décembre 2013, organisé par C. Cancès, F. Charles, S. Dellacherie, E. Godlewski et N. Seguin
- Journée scientifique en l'honneur de Sun-Yung Alice Chang et Conjeeveram Srirangachari Seshadri, Docteurs Honoris Causa en mathématiques de l'UPMC, le 14 novembre 2013
- Colloque “Modélisation multi-échelle multi-physique du système respiratoire”, les 26 et 27 Juin 2013
- Journées EDPs, Contrôle et Musique, les 16 et 17 mai 2013, organisées par J.-M. Coron et B. d'Andréa-Novel
- Journées autour de la théorie de la mesure géométrique et ses applications, les 10 et 11 avril 2013, organisateurs du LJLL A. Lemenant et V. Millot
- Journées Freefem++ , les 6 et 7 décembre 2012, organisées par F. Hecht

- Mini-cours “Uncertainty quantification for random ordinary differential equations” par F. Augustin (TU Munich), les 8 et 15 octobre 2012
- Journée en l’honneur de Rémi Sentis, le 28 septembre 2012, organisateurs B. Després et M. Doumic
- Demi-journée “New Perspectives in Approximation Theory and Applications” (avec le LPMA), le 15 juin 2012, organisateurs A. Cohen et D. Picard
- Matinée sur le thème Mathématiques et Biologie, organisée avec le LPMA, le 3 avril 2012

8.3 Tous les ouvrages (sauf vulgarisation)

2017

Després B., Numerical Methods for Eulerian and Lagrangian Conservation Laws, Birkhauser (2017).

Bauschke H. H., Combettes P.-L., Convex analysis and monotone operator theory in Hilbert spaces, Springer (2017).

2016

Bastin G., Coron J.-M., Stability and boundary stabilization of 1-D hyperbolic systems, Birkhäuser (2016).

Cioranescu D., Girault V., Rajagopal K.R., Mechanics and Mathematics of Fluids of the Differential Type, Springer (2016).

Garnier J., Papanicolaou G., Passive Imaging with Ambient Noise, Cambridge University Press (2016).

Le Dret H., Lucquin-Desreux B., Partial Differential Equations : Modeling, Analysis and Numerical Approximation, Birkhäuser (2016).

Penot J.-P., Analysis. From Concepts to Applications, Springer (2016).

2015

Haraux, A., Jendoubi, M.A., The convergence problem for dissipative autonomous systems. Classical methods and recent advances, Springer (2015).

Ammari H., Bretin E., Garnier J., Kang H., Lee H., Wahab A., Mathematical Methods in Elasticity Imaging, Princeton University Press (2015).

David C., Gosselet P., Équations aux dérivées partielles, Dunod (2015).

Hesthaven J.S., Rozza G., Stamm B., Certified Reduced Basis Methods for Parametrized Partial Differential Equations, Springer (2015).

Perthame B., Parabolic equations in biology, Springer (2015).

Serfaty S., Coulomb gases and Ginzburg-Landau vortices, European Mathematical Society Publishing House (2015).

Thiriet M., Diseases of the Cardiac Pump, Springer (2015).

Dolean V., Jolivet P., Nataf F., An Introduction to Domain Decomposition Methods : algorithms, theory and parallel implementation, SIAM (2015).

2014

David C., Mustapha S., Mathématiques L1, Dunod (2014).

David C., Mustapha S., Viens F., Capron N., Mathématiques pour les sciences de la vie, Dunod (2014).

Thiriet M., Anatomy and Physiology of the Circulatory and Ventilatory Systems, Springer (2014).

2013

Le Dret H., Équations aux dérivées partielles elliptiques non linéaires, SMAI, Springer (2013).

Penot J.-P., Calculus Without Derivatives, Springer (2013).

Thiriet M., Tissue Functioning and Remodeling in the Circulatory and Ventilatory Systems, Springer (2013).

Thiriet M., Intracellular Signaling Mediators in the Circulatory and Ventilatory Systems, Springer (2013).

2012

David C., Calcul vectoriel, Dunod (2012).

David C., Gosselet P., Équations aux dérivées partielles, Cours et exercices corrigés, Dunod (2012).

Thiriet M., Signaling at the Cell Surface in the Circulatory and Ventilatory Systems, Springer (2012).

Thiriet M., Control of Cell Fate in the Circulatory and Ventilatory Systems Springer (2012).

8.4 Formulaire signé

1 – Informations administratives sur l'unité au 30 juin 2017

Intitulé complet de l'unité de recherche
intitulé en français : Laboratoire Jacques-Louis LIONS
intitulé en anglais : LJLL

Responsable
M. / Mme :
Monsieur : PERTHAME
o J'autorise la diffusion de mon nom sur internet (annuaire des unités de recherche)

Prénom : Benoît
Corps : professeur des universités PU
Établissement d'enseignement supérieur d'affectation ou organisme d'appartenance : Université Pierre et Marie Curie

Label(s) et n°
UMR 7596 0 199712644L

Établissement(s) et organisme(s) de rattachement de l'unité (tutelles)
Tout dossier déposé doit être préalablement validé par l'ensemble des tutelles de l'unité.

Établissement / Établissement supérieur et de recherche (sélectionner l'établissement souhaité dans les menus déroulants)	Organisme(s) de recherche (sélectionner l'organisme souhaité dans les menus déroulants)
U PARIS 6	INRIA
U PARIS 7	CEA
0	0

organismes de recherche
(sélectionner l'organisme souhaité dans les menus déroulants)
organisme : CNRS
Institut, département, commission de rattachement :

préciser l'établissement ou organisme responsable du dépôt du dossier :
(sauf exception, le dossier est déposé par l'hébergeur de l'unité de recherche)
U PARIS 6

préciser le cas échéant le délégataire unique de gestion :
DGG U PARIS 6

Autres partenaires de l'unité (hors tutelles)
(sélectionner l'établissement ou l'organisme souhaité dans les menus déroulants)
établissement(s) d'enseignement supérieur et de recherche : INRIA
organisme(s) de recherche : CEA
autres :

École(s) doctorale(s) de rattachement au 30 juin 2017 (n°, intitulé, responsable, établissement support)
ED 386 : Sciences mathématiques de Paris C 0 0 0 0

Participation à une ou plusieurs structures fédératives au 30 juin 2017 (label et n°, intitulé, responsable, établissement support)
Fédération de recherche Mathématiques Paris FR 2830 Directeur Marc Rosso, Université Paris Diderot

Périmètre scientifique de l'unité
(sélectionner le domaine souhaité dans les menus déroulants situés sous les intitulés)
Indiquer les domaines disciplinaires par ordre décroissant d'importance

Domaine scientifique	Domaine scientifique 1	Domaine scientifique 2	Domaine scientifique 3
Mathématiques	Mathématiques appliquées	Domaine scientifique 2	Domaine scientifique 3

mots-clés
libres (5 maximum) : Analyse des EDP,
Contrôle et optimisation, Méthode numériques innovantes, Applications des mathématiques.

Coordonnées de l'unité
Localisation et établissement :
Numéro, voie : Tour 15/16, 3e étage
Boîte postale : Boîte courrier 187
Code Postal et ville : 75252 Paris cedex 05

Date et signature du responsable de l'unité
(Document complet à imprimer, à signer, à numériser et à insérer en annexe du dossier de l'unité)
07/09/17



Téléphone : 144274298
Adresse électronique : benoit

Chapitre 9

Glossaire

AMIES : [Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société](#)
COMUE : Communauté d'universités et établissements
DIM Math-Innov : [Domaine d'intérêt majeur en mathématiques](#)
DGG : Délégation générale de gestion
EPU : Ecole Polytechnique Universitaire
ERC : European Research Council
EUR : École Universitaire de Recherche
FRMPC : [Fédération de Recherche en Mathématiques de Paris Centre](#)
FSMP : [Fondation Sciences Mathématiques de Paris](#)
INSMI : [Institut des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions](#)
ICS : Institut du Calcul et de la Simulation (est devenu l'ISCD)
ISCD : [Institut des Sciences du Calcul et des Données](#) (fait suite à l'ICS)
IUC : Institut Universitaire du Cancer
IUIS : [Institut Universitaire d'Ingénierie en Santé](#) (un Institut de la Comue Sorbonne Université)
JILL : Journées Internes du Laboratoire Lions
LJLL : [Laboratoire Jacques-Louis Lions](#)
LRC : Laboratoire de Recherche Conventionné, voir MANON
MAIN : [Mathématiques Appliquées et Informatique Numérique](#), filière de l'École Polytechnique Universitaire Polytech Paris-UPMC
MANON [Laboratoire de Recherche Conventionné avec le CEA-Saclay](#)
SATT Lutech : [Société d'Accélération du Transfert de Technologies Lutech](#)
SESAME : [Soutien aux projets de recherche, investissement matériel important](#)
SMAI : [Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles](#)
SMILES : [Tremplin Carnot](#) "Sciences Mathématiques pour l'Innovation, Label d'Excellence Stratégique"
SPC : [Sorbonne Paris Cité \(Comue de Université Paris-Diderot Paris 7\)](#)
SU : [Sorbonnes Universités](#) (Comue réunissant notamment l'UPMC et Inria de Paris). Noter que Sorbonnes Université (sans s final à Université) désigne la nouvelle université fusionnée Paris 4 + 6 créée au 1er janvier 2018
UPD : Université Paris-Diderot (Paris 7)
UPMC : Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)
USPC : Voir SPC

Bibliographie

- [1] Thomas Abballe, Marc Albertelli, Grégoire Allaire, Axelle Caron, Philippe Conraux, Luca Dall'olio, Charles Dapogny, Cecile Dobrzynski, Benoit Jeannin, François Jouve, Damien Lachouette, Thierry Le Sommer, Kevin Maquin, Georgios Michailidis, Maximilien Siavelis, and Vassili Srithammavanh. RODIN project, Topology Optimization 2.0? working paper or preprint, March 2015.
- [2] Mama Abdelli, María Anguiano, and Alain Haraux. Existence, uniqueness and global behavior of the solutions to some nonlinear vector equations in a finite dimensional Hilbert space. working paper or preprint, December 2016.
- [3] Mama Abdelli and Alain Haraux. Global behavior of the solutions to a class of nonlinear, singular second order ODE. *Nonlinear Analysis : Theory, Methods and Applications*, 96 :18–37, 2014.
- [4] Mathieu Achdou, Yves and Laurière. Mean Field Type Control with Congestion (II) : An Augmented Lagrangian Method. working paper or preprint, 2016.
- [5] Yves Achdou, Francisco J Buera, Jean-Michel J Lasry, Pierre-Louis Lions, and Benjamin Moll. PDE Models in Macroeconomics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and physical sciences*, 2014.
- [6] Yves Achdou, Fabio Camilli, and Italo Capuzzo-Dolcetta. Mean Field Games : Convergence of a Finite Difference Method. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 51 :2585 – 2612, 2013.
- [7] Yves Achdou, Fabio Camilli, and Lucilla Corrias. On numerical approximation of the Hamilton-Jacobi-transport system arising in high frequency approximations. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B*, 19 :629 – 650, 2014.
- [8] Yves Achdou, Pierre-Noel Giraud, Jean-Michel Lasry, and Pierre-Louis Lions. A Long-Term Mathematical Model for Mining Industries. *Applied Mathematics and Optimization*, December 2016.
- [9] Yves Achdou and Mathieu Laurière. Mean field type control with congestion. working paper or preprint, April 2015.
- [10] Yves Achdou and Mathieu Laurière. On the system of partial differential equations arising in mean field type control. working paper or preprint, March 2015.
- [11] Yves Achdou, Salomé Oudet, and Nicoletta Tchou. Asymptotic behavior of Hamilton-Jacobi equations defined on two domains separated by an oscillatory interface. working paper or preprint, July 2015.
- [12] Yves Achdou and Alessio Porretta. Convergence of a finite difference scheme to weak solutions of the system of partial differential equation arising in mean field games. working paper or preprint, March 2015.

- [13] Yves Achdou and Nicoletta Tchou. Hamilton-Jacobi equations on networks as limits of singularly perturbed problems in optimal control : dimension reduction. *Communications in Partial Differential Equations*, 40(4) :652–693, 2015.
- [14] Nina Aguillon and Franck Boyer. Error estimate for the upwind scheme for the linear transport equation with boundary data. A paraître dans IMA Journal on Numerical Analysis, June 2016.
- [15] Nora Aissiouene, Marie-Odile Bristeau, Edwige Godlewski, and Jacques Sainte-Marie. A combined finite volume - finite element scheme for a dispersive shallow water system. *Networks and Heterogeneous Media*, 11(1) :1–27, January 2016.
- [16] Fatiha Alabau-Boussouira, Jean-Michel Coron, and Guillaume Olive. Internal controllability of first order quasilinear hyperbolic systems with a reduced number of controls. working paper or preprint, April 2015.
- [17] Frédéric Alauzet, Benoit Fabrèges, Miguel Angel Fernández, and Mikel Landajuela. Nitsche-XFEM for the coupling of an incompressible fluid with immersed thin-walled structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 301 :300–335, January 2016.
- [18] Matteo Aletti, Jean-Frédéric Gerbeau, and Damiano Lombardi. Modeling autoregulation in three-dimensional simulations of retinal hemodynamics. *Journal for Modeling in Ophthalmology*, 1, December 2015.
- [19] Maryam A. Alghamdi, Abdullah Alotaibi, Patrick Louis Combettes, and Naseer Shahzad. A Primal-Dual Method of Partial Inverses for Composite Inclusions. *Optimization Letters*, 8(8) :2271–2284, December 2015.
- [20] Grégoire Allaire, François Jouve, and Georgios Michailidis. Thickness control in structural optimization via a level set method. working paper or preprint, April 2014.
- [21] Grégoire Allaire, François Jouve, and Georgios Michailidis. Molding direction constraints in structural optimization via a level-set method. working paper or preprint, December 2015.
- [22] Abdullah Alotaibi, Patrick Louis Combettes, and Naseer Shahzad. Solving coupled composite monotone inclusions by successive Fejér approximations of their Kuhn-Tucker set. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 24(4) :2076–2095, December 2014.
- [23] Faouzia Aloui, Imen Ben Hassen, and Alain Haraux. Compactness of trajectories to some nonlinear second order evolution equations and applications. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 100(3) :295–326, 2013.
- [24] Faouzia Aloui and Alain Haraux. Sharp ultimate bounds of solutions to a class of second order linear evolution equations with bounded forcing term. *Journal of Functional Analysis*, 265(10) :2204–2225, 2013.
- [25] Albert Altarovici, Olivier Bokanowski, and Hasnaa Zidani. A general Hamilton-Jacobi framework for nonlinear state-constrained control problems. *ESAIM : Control, Optimization and Calculus of Variations*, 19(2) :337–357, 2013.
- [26] Habib Ammari, Thomas Boulier, Josselin Garnier, and Han Wang. Shape recognition and classification in electro-sensing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(32) :11652–11657, 2014.
- [27] Habib Ammari, Elie Bretin, Josselin Garnier, Hyeonbae Kang, Hyundae Lee, and Abdul Wahab. *Mathematical Methods in Elasticity Imaging*. Princeton University Press, 2015.

- [28] Habib Ammari, Josselin Garnier, and Laure Giovangigli. Mathematical modeling of fluorescence diffuse optical imaging of cell membrane potential changes. *Quarterly of Applied Mathematics*, 72(1) :137–176, 2014.
- [29] Cherif Amrouche, Philippe G. Ciarlet, and Cristinel Mardare. Remarks on a lemma by Jacques-Louis Lions. *Comptes Rendus Mathématique*, 352(9) :691–695, 2014.
- [30] Boris Andreianov and Clément Cancès. On interface transmission conditions for conservation laws with discontinuous flux of general shape. *Journal of Hyperbolic Differential Equations*, 12(2) :343–384, July 2015.
- [31] Dominique Anne-Archard, Robin Chatelin, Marlène Murriss-Espin, David Sanchez, Marc Thiriet, Alain Didier, and Philippe Poncet. Modeling Cystic Fibrosis and Mucociliary Clearance. In Sid M. Becker, editor, *Modeling of microscale transport in biological processes*, pages 113–154. Academic Press, 2017.
- [32] Grégory Arbia, Chiara Corsini, Catriona Baker, Giancarlo Pennati, Tain-Yen Hsia, and Irene Vignon-Clementel. Pulmonary hemodynamics simulations before stage 2 single ventricle surgery : patient-specific parameter identification and clinical data assessment. *Cardiovascular Engineering and Technology*, page 18, 2015.
- [33] J. P. Argaud, B. Bouriquet, H. Gong, Y. Maday, and O. Mula. Stabilization of (G)EIM in presence of measurement noise : application to nuclear reactor physics. working paper or preprint, November 2016.
- [34] Aurora Armiento, Marie Doumic, Philippe Moireau, and Human Rezaei. Estimation from Moments Measurements for Amyloid Depolymerisation. *Journal of Theoretical Biology*, March 2016.
- [35] Mohamed Assellaou, Olivier Bokanowski, and Hasnaa Zidani. Error Estimates for Second Order Hamilton-Jacobi-Bellman Equations. Approximation of Probabilistic Reachable Sets. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A (DCDS-A)*, 35(9) :3933 – 3964, September 2015.
- [36] Franck Assous, Marie Kray, and Frédéric Nataf. Time Reversed Absorbing Condition in the Partial Aperture Case. *Wave Motion*, 49(7) :617–631, 2012.
- [37] Chloe Audebert, Petru Bucur, Mohamed Bekheit, Eric Vibert, Irene Vignon-Clementel, and Jean-Frédéric Gerbeau. Kinetic scheme for arterial and venous blood flow, and application to partial hepatectomy modeling. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 314 :102–125, February 2017.
- [38] Corentin Audiard. On the non-homogeneous boundary value problem for Schrödinger equations. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A*, 33(9) :3861–3884, September 2013.
- [39] Corentin Audiard. On the boundary value problem for the Schrödinger equation : compatibility conditions and global existence. *Analysis & PDE*, 8(5) :1113–1143, July 2015.
- [40] Corentin Audiard. Small energy traveling waves for the Euler-Korteweg system. working paper or preprint, December 2016.
- [41] Corentin Audiard and Boris Haspot. Global well-posedness of the Euler-Korteweg system for small irrotational data. *Communications in Mathematical Physics*, January 2017. 45 pages.

- [42] Emmanuel Audusse, François Bouchut, Marie-Odile Bristeau, and Jacques Sainte-Marie. Kinetic entropy inequality and hydrostatic reconstruction scheme for the Saint-Venant system. *Mathematics of Computation*, 85 :2815–2837, November 2016.
- [43] Félix Aviat, Antoine Levitt, Benjamin Stamm, Yvon Maday, Pengyu Ren, Jay W. Ponder, Louis Lagardere, and Jean-Philip Piquemal. Truncated Conjugate Gradient (TCG) : an optimal strategy for the analytical evaluation of the many-body polarization energy and forces in molecular simulations. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 13(1) :180–190, January 2017.
- [44] Sakina-Dorotheé Ayata, Marina Lévy, Olivier Aumont, Antoine Sciandra, Jacques Sainte-Marie, Alessandro Tagliabue, and Olivier Bernard. Phytoplankton growth formulation in marine ecosystem models : should we take into account photo-acclimation and variable stoichiometry in oligotrophic areas? *Journal of Marine Systems*, 125 :29–40, September 2013.
- [45] Benjamin Aymard, Frédérique Clément, Frédéric Coquel, and Marie Postel. Numerical simulation of the selection process of the ovarian follicles. *ESAIM : Proc.*, 38 :99–117, 2012.
- [46] Benjamin Aymard, Frédérique Clément, Danielle Monniaux, and Marie Postel. Cell-Kinetics Based Calibration of a Multiscale Model of Structured Cell Populations in Ovarian Follicles. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 76(4) :1471–1491, 2016.
- [47] Jean-François Babadjian. Traces of functions of bounded deformation. *Indiana University Mathematics Journal*, 64 :1271–1290., 2015.
- [48] Jean-François Babadjian, Antonin Chambolle, and Antoine Lemenant. Energy release rate for non smooth cracks in planar elasticity. *Journal de l'École polytechnique - Mathématiques*, 2 :117–152, 2015.
- [49] Jean-François Babadjian and Alessandro Giacomini. Existence of strong solutions for quasi-static evolution in brittle fracture. *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze*, 13 :925–974, 2014. Accepté dans Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze.
- [50] Jean-François Babadjian and Duvan Henao. Reduced models for linearly elastic thin films allowing for fracture, debonding or delamination. *Interfaces and Free Boundaries*, 18(4) :545–578, 2016.
- [51] Jean-François Babadjian and Clément Mifsud. Hyperbolic structure for a simplified model of dynamical perfect plasticity. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 223(2) :761–815, 2017.
- [52] Jean-François Babadjian, Clément Mifsud, and Nicolas Seguin. Relaxation approximation of Friedrich's systems under convex constraints. *Networks and Heterogeneous Media*, 11(2) :223 – 237, 2016.
- [53] Jean-François Babadjian and Vincent Millot. Unilateral gradient flow of the Ambrosio-Tortorelli functional by minimizing movements. *Annales de l'Institut Henri Poincaré (C) Non Linear Analysis*, 31(4) :779–822, 2014.
- [54] Jean-François Babadjian and Maria Giovanna Mora. Approximation of dynamic and quasi-static evolutions in elasto-plasticity by cap models. *Quarterly of Applied Mathematics*, 73 :265–316, 2015.

- [55] Mehdi Badsì, Martin Campos Pinto, and Bruno Desprès. A minimization formulation of a bi-kinetic sheath. *Kinetic and Related Models*, 9(4), December 2016.
- [56] Jean-Bernard Baillon, Patrick Louis Combettes, and Roberto Cominetti. There is no variational characterization of the cycles in the method of periodic projections. *Journal of Functional Analysis*, 262(1) :400–408, 2012.
- [57] Jean-Bernard Baillon, Patrick Louis Combettes, and Roberto Cominetti. Asymptotic behavior of compositions of under-relaxed nonexpansive operators. *Journal of Dynamics and Games (JDG)*, 1(3) :331–346, July 2014.
- [58] Georges Bastin and Jean-Michel Coron. *Stability and boundary stabilization of 1-D hyperbolic systems*, volume 88 of *Progress in Nonlinear Differential Equations and their Applications*. August 2016.
- [59] Karine Beauchard, Jean-Michel Coron, and Holger Teismann. Minimal time for the bilinear control of Schrödinger equations. *Systems and Control Letters*, 71 :1–6, September 2014.
- [60] Karine Beauchard and Camille Laurent. Local exact controllability of the 2D-Schrödinger-Poisson system. working paper or preprint, June 2016.
- [61] Stephen Becker and Patrick Louis Combettes. An Algorithm for Splitting Parallel Sums of Linearly Composed Monotone Operators, with Applications to Signal Recovery. *Journal of Nonlinear and Convex Analysis*, 15(1) :137–159, 2014.
- [62] Abdelaziz Beljadid, Philippe G LeFloch, Siddhartha Mishra, and Carlos Parés. Schemes with well-controlled dissipation. Hyperbolic systems in nonconservative form. working paper or preprint, December 2016.
- [63] Abdelaziz Beljadid, Philippe G LeFloch, and Abdolmajid Mohammadian. A second-order geometry-preserving finite volume method for conservation laws on the sphere. working paper or preprint, December 2016.
- [64] Peter Bella, Michael Goldman, and Barbara Zwicknagl. Study of island formation in epitaxially strained films on unbounded domains. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 2015.
- [65] Imen Ben Arbi and Alain Haraux. A sufficient condition for slow decay of a solution to a semilinear parabolic equation. *Analysis and Applications*, 10(4) :363–371, 2012.
- [66] Faker Ben Belgacem and Sidi-Mahmoud Kaber. Ill-Conditioning versus Ill-Posedness for the Boundary Controllability of the Heat Equation. *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*, Volume 23(4), July 2014. Accepted for publications in Journal of Inverse and Ill posed problems.
- [67] Faker Ben Belgacem and Sidi-Mahmoud Kaber. Cauchy Matrices in the Observation of Diffusion Equations. *journal of mathematical studies*, 48(4), September 2015.
- [68] Saad Benjelloun, Laurent Desvillettes, and Ayman Moussa. Existence theory for a kinetic-fluid coupling when small droplets are treated as part of the fluid. *Journal of Hyperbolic Differential Equations*, 2014.
- [69] Olivier Bernard, Anne-Céline Boulanger, Marie-Odile Bristeau, and Jacques Sainte-Marie. A 2D model for hydrodynamics and biology coupling applied to algae growth simulations. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 47(5) :1387–1412, September 2013.

- [70] Christine Bernardi, Martin Costabel, Monique Dauge, and Vivette Girault. Continuity properties of the inf-sup constant for the divergence. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 48(2) :1250–1271, 2016.
- [71] Christophe Berthon, Christophe Chalons, and Rodolphe Turpault. Asymptotic-preserving Godunov-type numerical schemes for hyperbolic systems with stiff and non-stiff relaxation terms. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, vol 29(4) :pp 1149–1172, October 2012.
- [72] Cristobal Bertoglio, Dominique Chapelle, Miguel Angel Fernández, Jean-Frédéric Gerbeau, and Philippe Moireau. State observers of a vascular fluid-structure interaction model through measurements in the solid. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 256 :149–168, 2013.
- [73] Fabrice Bethuel, Philippe Gravejat, and Didier Smets. Asymptotic stability in the energy space for dark solitons of the Gross-Pitaevskii equation. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, November 2015.
- [74] Fabrice Bethuel and Didier Smets. Slow motion for equal multiple-well gradient systems : the degenerate case. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A*, January 2013.
- [75] Fabrice Bethuel and Didier Smets. On the motion law of fronts for scalar reaction-diffusion equations with equal depth multiple-well potentials . *Chinese Annals of Mathematics - Series B*, January 2017.
- [76] Florian Beyer and Philippe G. LeFloch. Dynamics of self-gravitating fluids in Gowdy-symmetric spacetimes near cosmological singularities. *none*, December 2015.
- [77] Frédérique Billy, Jean Clairambault, Olivier Fercoq, Stéphane Gaubert, Thomas Lepoutre, Thomas Ouillon, and Shoko Saito. Synchronisation and control of proliferation in cycling cell population models with age structure. *Mathematics and Computers in Simulation*, 96 :66–94, February 2014.
- [78] Peter Binev, Albert Cohen, Wolfgang Dahmen, Ronald Devore, Guergana Petrova, and Przemyslaw Wojtaszczyk. Data Assimilation in Reduced Modeling. *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, June 2016.
- [79] Xavier Blanc, Ronan Costaouec, Claude Le Bris, and Frédéric Legoll. Variance reduction in stochastic homogenization using antithetic variables. *Markov Processes and Related Fields*, 18(1) :31–66, 2012.
- [80] Xavier Blanc, B Ducomet, and S Nečasová. On some singular limits in damped radiation hydrodynamics. *Journal of Hyperbolic Differential Equations*, 2016.
- [81] Xavier Blanc and Bernard Ducomet. Weak and strong solutions of equations of compressible magnetohydrodynamics. In *Handbook of Mathematical Analysis in Mechanics of Viscous Fluids*. 2016.
- [82] Xavier Blanc and Emmanuel Labourasse. A positive scheme for diffusion problems on deformed meshes. *ZAMM*, 2014.
- [83] Xavier Blanc, C Le Bris, and P.-L Lions. Local profiles for elliptic problems at different scales : defects in, and interfaces between periodic structures. *Communications in Partial Differential Equations*, August 2015.

- [84] Xavier Blanc and Mathieu Lewin. The Crystallization Conjecture : A Review. *EMS Surveys in Mathematical Sciences*, 2(2) :255–306, 2015. Final version to appear in EMS Surv. Math. Sci.
- [85] Xavier Blanc and Benjamin-Edouard Peigney. Homogenization of heat diffusion in a cracked medium. *Multiscale Modeling and Simulation : A SIAM Interdisciplinary Journal*, 2014.
- [86] O Bokanowski, E Bourgeois, Anna Desilles, and Hasnaa Zidani. HJB approach for a multi-boost launcher trajectory optimization problem *. In *20th IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace - ACA 2016*, Proceeding IFAC, Sherbrooke, Quebec, Canada, August 2016.
- [87] Olivier Bokanowski, Eric Bourgeois, A Désilles, and Hasnaa Zidani. Global optimization approach for the climbing problem of multi-stage launchers . working paper or preprint, February 2015.
- [88] Olivier Bokanowski, Jochen Garcke, Michael Griebel, and Irene Klomp maker. An adaptive sparse grid semi-lagrangian scheme for first order Hamilton-Jacobi Bellman equations. *Journal of Scientific Computing*, 55 :pp. 575–605, 2013.
- [89] Olivier Bokanowski, Athena Picarelli, and Christoph Reisinger. High-order filtered schemes for time-dependent second order HJB equations. working paper or preprint, November 2016.
- [90] Olivier Bokanowski, Athena Picarelli, and Hasnaa Zidani. Dynamic Programming and Error Estimates for Stochastic Control Problems with Maximum Cost. *Applied Mathematics and Optimization*, 71(1) :125–163, 2015.
- [91] Matthieu Bonnivard, Anne-Laure Dalibard, and David Gérard-Varet. Computation of the effective slip of rough hydrophobic surfaces via homogenization. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 24(11) :2259–2285, 2014.
- [92] Matthieu Bonnivard, Antoine Lemenant, and Vincent Millot. ON A PHASE FIELD APPROXIMATION OF THE PLANAR STEINER PROBLEM : EXISTENCE, REGULARITY, AND ASYMPTOTIC OF MINIMIZERS. working paper or preprint, November 2016.
- [93] Matthieu Bonnivard, Antoine Lemenant, and Filippo Santambrogio. Approximation of length minimization problems among compact connected sets. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 2015.
- [94] Laurent Boudin, Céline Grandmont, Alexander Lorz, and Ayman Moussa. Modeling and numerics for respiratory aerosols. *Communications in Computational Physics*, 18(3) :723–756, September 2015.
- [95] Laurent Boudin, Céline Grandmont, and Ayman Moussa. Global existence of solutions to the incompressible Navier-Stokes-Vlasov equations in a time-dependent domain. *Journal of Differential Equations*, February 2017.
- [96] Laurent Boudin, Bérénice Grec, and Vincent Pavan. The Maxwell-Stefan diffusion limit for a kinetic model of mixtures with general cross sections. *Nonlinear Analysis : Theory, Methods and Applications*, February 2017.
- [97] Laurent Boudin and Julien Mathiaud. A numerical scheme for the one-dimensional pressureless gases system. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 28(6) :1729–1746, September 2012.

- [98] Laurent Boudin and Francesco Salvarani. Opinion dynamics : kinetic modelling with mass media, application to the Scottish independence referendum. *Physica A*, 444 :448–457, 2016.
- [99] Emeric Bouin, Vincent Calvez, and Grégoire Nadin. Propagation in a kinetic reaction-transport equation : travelling waves and accelerating fronts. *Archives of rational mechanics and analysis*, 217(2) :571–617, 2015.
- [100] Muriel Boulakia, Anne-Claire Egloffé, and Céline Grandmont. Stability estimates for the unique continuation property of the Stokes system. Application to an inverse problem. *Inverse Problems*, November 2013.
- [101] Muriel Boulakia and Sergio Guerrero. On the interaction problem between a compressible fluid and a Saint-Venant Kirchhoff elastic structure. *Advances in Differential Equations*, 22(1-2), January 2017.
- [102] Muriel Boulakia, Elisa Schenone, and Jean-Frédéric Gerbeau. Reduced-order modeling for cardiac electrophysiology. Application to parameter identification. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 28 :727–744, 2012.
- [103] Thibault Bourgeron, Marie Doumic, and Miguel Escobedo. Estimating the Division Rate of the Self-Similar Growth-Fragmentation Equation. *Inverse Problems*, 30(2) :025007, 28, January 2014.
- [104] Benjamin Boutin, Frédéric Coquel, and Philippe G. LeFloch. Coupling techniques for nonlinear hyperbolic equations. I. Self-similar diffusion for thin interfaces. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh : Section A Mathematics*, 141 :921–956, 2011. 32 pages.
- [105] Konstantin Brenner, Mayya Groza, Cindy Guichard, Gilles Lebeau, and Roland Masson. Gradient Discretization of Hybrid Dimensional Darcy Flows in Fractured Porous Media. working paper or preprint, December 2014.
- [106] Konstantin Brenner, Mayya Groza, Cindy Guichard, and Roland Masson. Vertex Approximate Gradient Scheme for Hybrid Dimensional Two-Phase Darcy Flows in Fractured Porous Media. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, pages 49 2 (2015) 303–330, August 2014. eFirst.
- [107] Marie-Odile Bristeau, Cindy Guichard, Bernard Di Martino, and Jacques Sainte-Marie. Layer-averaged Euler and Navier-Stokes equations. *CMS*, 2016.
- [108] Marie-Odile Bristeau, Anne Mangeney, Jacques Sainte-Marie, and Nicolas Seguin. An energy-consistent depth-averaged Euler system : derivation and properties. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B*, 20(4) :28, 2015.
- [109] Renata Bunoiu, Philippe G. Ciarlet, and Cristinel Mardare. Existence theorem for a nonlinear elliptic shell model. *Journal of Elliptic and Parabolic Equations*, 1 :31–48, 2015.
- [110] Erik Burman and Miguel Angel Fernández. An unfitted Nitsche method for incompressible fluid-structure interaction using overlapping meshes. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 279 :497–514, July 2014.
- [111] Nicolas Cagniard, Yvon Maday, and Benjamin Stamm. Model Order Reduction for Problems with large Convection Effects. working paper or preprint, October 2016.
- [112] Vincent Calvez, Marie Doumic-Jauffret, and Pierre Gabriel. Self-similarity in a General Aggregation-Fragmentation Problem ; Application to Fitness Analysis. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 98(1), 2012.

- [113] Martin Campos Pinto. Towards smooth particle methods without smoothing. *Journal of Scientific Computing*, 65, 2015. Fully revised version.
- [114] Martin Campos Pinto and Frédérique Charles. From particle methods to forward-backward Lagrangian schemes. working paper or preprint, October 2016.
- [115] Martin Campos Pinto and Frédérique Charles. Uniform convergence of a linearly transformed particle method for the Vlasov-Poisson system. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 54, 2016.
- [116] Martin Campos Pinto and Bruno Després. Constructive formulations of resonant Maxwell's equations. working paper or preprint, February 2016.
- [117] Martin Campos Pinto and Eric Sonnendrücker. Compatible Maxwell solvers with particles I : conforming and non-conforming 2D schemes with a strong Ampere law. working paper or preprint, April 2016.
- [118] Martin Campos Pinto and Eric Sonnendrücker. Gauss-compatible Galerkin schemes for time-dependent Maxwell equations. *Mathematics of Computation*, 85, November 2016.
- [119] Clément Cancès and Cindy Guichard. Convergence of a nonlinear entropy diminishing Control Volume Finite Element scheme for solving anisotropic degenerate parabolic equations. *Mathematics of Computation*, 85(298) :549–580, 2016.
- [120] Clément Cancès, Hélène Mathis, and Nicolas Seguin. Error estimate for time-explicit finite volume approximation of strong solutions to systems of conservation laws. working paper or preprint, March 2013.
- [121] Eric Cancès, Yvon Maday, and Benjamin Stamm. Domain decomposition for implicit solvation models. *The Journal of Chemical Physics*, 139 :054111, 2013.
- [122] Marco Caponigro, Massimo Fornasier, Benedetto Piccoli, and Emmanuel Trélat. Sparse stabilization and control of the Cucker-Smale model. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 25(3) :521–564, 2015.
- [123] José Carrillo, Benoît Perthame, Delphine Salort, and Didier Smets. Qualitative Properties of Solutions for the Noisy Integrate & Fire model in Computational Neuroscience. *Nonlinearity*, 28(9) :3365, August 2015.
- [124] Paul Cazeaux and Céline Grandmont. Homogenization of a Multiscale Viscoelastic Model with Nonlocal Damping, Application to the Human Lungs. *Math. Mod. Meth. Appl. Sci. (M3AS)*, 25(6) :1125, February 2015.
- [125] Thierry Cazenave, Flavio Dickstein, and Fred B. Weissler. Finite-time blowup for a complex Ginzburg-Landau equation. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 45(1) :244–268, 2013.
- [126] Thierry Cazenave, Flávio Dickstein, and Fred B. Weissler. Non-regularity in Hölder and Sobolev spaces of solutions to the semilinear heat and Schrödinger equations. *Nagoya Mathematical Journal*, 2016.
- [127] Thierry Cazenave, Daoyuan Fang, and Zheng Han. Local well-posedness for the H^2 -critical nonlinear Schrödinger equation. *Transactions of the American Mathematical Society*, 368(11) :7911–7934, November 2016.
- [128] Thierry Cazenave and Ivan Naumkin. Local existence, global existence, and scattering for the nonlinear Schrödinger equation. *Communications in Contemporary Mathematics*, 2016.

- [129] Eduardo Cerpa and Jean-Michel Coron. Rapid stabilization for a Korteweg-de Vries equation from the left Dirichlet boundary condition. working paper or preprint, June 2012.
- [130] Tuba Ceylan, Philippe G. LeFloch, and Bayer Okutmustur. The relativistic Burgers equation on a FLRW background and its finite volume approximation. working paper or preprint, December 2015.
- [131] T. Chacón Rebollo, V. Girault, F. Murat, and O. Pironneau. Analysis of a Coupled Fluid-Structure Model with Applications to Hemodynamics. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 54(2) :994 – 1019, April 2016.
- [132] Tomas Chacon-Rebollo, Frédéric Hecht, Macarena Gómez Marmol, Giordano Orzetti, and Samuele Rubino. Numerical approximation of the Smagorinsky turbulence model applied to the primitive equations of the ocean. *Mathematics and Computers in Simulation*, 99 :54–70, May 2014.
- [133] Antonin Chambolle, Michael Goldman, and Matteo Novaga. Plane-like minimizers and differentiability of the stable norm. *Journal of Geometric Analysis*, 2014. Accepted in J. Geometric Analysis.
- [134] Antonin Chambolle, Jimmy Lamboley, Antoine Lemenant, and Eugene Stepanov. Regularity for the optimal compliance problem with length penalization. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 2017.
- [135] Dominique Chapelle, Annabelle Collin, and Jean-Frédéric Gerbeau. A surface-based electrophysiology model relying on asymptotic analysis and motivated by cardiac atria modeling. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 23(14) :2749–2776, 2013.
- [136] Gilles Chardon, Albert Cohen, and Laurent Daudet. Sampling and reconstruction of solutions to the Helmholtz equation. *Sampling Theory in Signal and Image Processing*, 13 :67–90, 2014.
- [137] Robin Chatelin, Dominique Anne-Archard, Marlene Murriss-Espin, Marc Thiriet, and Philippe Poncet. Numerical and experimental investigation of mucociliary clearance breakdown in cystic fibrosis. *Journal of Biomechanics*, page 8, 2017.
- [138] Jean-Yves Chemin and Claire David. Sur la construction de grandes solutions pour des équations de Schrödinger de type " masse critique ". *Séminaire Laurent Schwartz "EDP et applications"*, December 2013.
- [139] Jean-Yves Chemin and Claire David. From an initial data to a global solution of the nonlinear Schrödinger equation : a building process. *International Mathematics Research Notices*, 2016(8) :2376–2396, 2015.
- [140] Jean-Yves Chemin and Ping Zhang. On the critical one component regularity for 3-D Navier-Stokes system. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 49(1) :131–167, 2016.
- [141] Rebecca H Chisholm, Tommaso Lorenzi, and Jean Clairambault. Cell population heterogeneity and evolution towards drug resistance in cancer : Biological and mathematical assessment, theoretical treatment optimisation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1860 :2627 – 2645, June 2016.

- [142] Rebecca H. Chisholm, Tommaso Lorenzi, Alexander Lorz, Annette K. Larsen, Luís Neves de Almeida, Alexandre Escargueil, and Jean Clairambault. Emergence of Drug Tolerance in Cancer Cell Populations : An Evolutionary Outcome of Selection, Nongenetic Instability, and Stress-Induced Adaptation. *Cancer Research*, 75(6) :930–939, March 2015.
- [143] Abdellah Chkifa, Albert Cohen, and Christoph Schwab. High-Dimensional Adaptive Sparse Polynomial Interpolation and Applications to Parametric PDEs. *Foundations of Computational Mathematics*, 14(4) :601–633, 2014.
- [144] Jixun Chu, Jean-Michel Coron, and Peipei Shang. Asymptotic stability of a nonlinear Korteweg-de Vries equation with a critical length. *Journal of Differential Equations*, 259(8) :4045–4085, June 2015.
- [145] Monique Chyba, Jean-Michel Coron, Pierre Gabriel, Alain Jacquemard, Geoffrey Patterson, Gautier Picot, and Peipei Shang. Optimal Geometric Control Applied to the Protein Misfolding Cyclic Amplification Process. *Acta Applicandae Mathematicae*, 135(1) :145–173, February 2015.
- [146] Philippe G. Ciarlet, Maria Malin, and Cristinel Mardare. New nonlinear estimates for surfaces in terms of their fundamental forms. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series I - Mathematics., Paris*, 355 :226–231, 2017.
- [147] Philippe G. Ciarlet and Cristinel Mardare. Nonlinear Korn inequalities. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 104 :1119–1134, 2015.
- [148] Philippe G. Ciarlet and Cristinel Mardare. A mathematical model of Koiter’s type for a nonlinearly elastic “almost spherical” shell. *Comptes Rendus Mathématique*, 354 :1241–1247, 2016.
- [149] Philippe G. Ciarlet, Gogu Radu, and Cristinel Mardare. Orientation-preserving condition and polyconvexity on a surface : Application to nonlinear shell theory. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 99 :704–725, 2013.
- [150] Xavier Claeys. Quasi-local multi-trace boundary integral formulations. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 31(6) :2043–2062, November 2015. published online.
- [151] Xavier Claeys. Essential spectrum of local multi-trace boundary integral operators. *IMA Journal of Applied Mathematics*, May 2016.
- [152] Xavier Claeys and Ralf Hiptmair. Integral Equations on Multi-Screens. *Integral Equations and Operator Theory*, 77(2) :pp 167–197, August 2013.
- [153] Xavier Claeys and Ralf Hiptmair. Integral Equations for Acoustic Scattering by Partially Impenetrable Composite Objects. *Integral Equations and Operator Theory*, 81(2) :151–189, February 2015.
- [154] Xavier Claeys and Ralf Hiptmair. Integral Equations for Electromagnetic Scattering at Multi-Screens. *Integral Equations and Operator Theory*, 84(1) :36, January 2016.
- [155] Xavier Claeys, Ralf Hiptmair, and Elke Spindler. A Second-Kind Galerkin Boundary Element Method for Scattering at Composite Objects. *BIT Numerical Mathematics*, 55(1) :33–57, March 2015.
- [156] Jean Clairambault and Olivier Fercoq. Physiologically structured cell population dynamic models with applications to combined drug delivery optimisation in oncology.

- Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, page 22, 2016. V2 d'un dépôt précédemment effectué sous la référence clairambault :hal-01321536v1.
- [157] Frédérique Clément, Frédéric Coquel, Marie Postel, and Kim Long Tran. Dimensional reduction of a multiscale model based on long time asymptotics. *Multiscale Modeling and Simulation : A SIAM Interdisciplinary Journal*, 15(3) :1198–1241, June 2017.
- [158] Albert Cohen, Moulay Abdellah Chkifa, and Christoph Schwab. Breaking the curse of dimensionality in sparse polynomial approximation of parametric PDEs. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 103(2) :400–428, 2015.
- [159] Albert Cohen, Mark A. Davenport, and Leviatan Dany. On the stability and accuracy of least-squares approximations. *Foundations of Computational Mathematics*, 13 :819–834, 2013.
- [160] Albert Cohen and Ronald Devore. Approximation of high-dimensional parametric PDEs. *Acta Numerica*, 24 :1–159, 2015.
- [161] Yves Colin de Verdière, Luc Hillairet, and Emmanuel Trélat. Quantum ergodicity and quantum limits for sub-Riemannian Laplacians. In *Séminaire Laurent Schwartz - EDP et applications*, Palaiseau, France, 2015.
- [162] Patrick Louis Combettes. Systems of Structured Monotone Inclusions : Duality, Algorithms, and Applications. *SIAM Journal on Optimization*, 23(4) :2420–2447, 2013.
- [163] Patrick Louis Combettes and Jean-Christophe Pesquet. Primal-dual splitting algorithm for solving inclusions with mixtures of composite, Lipschitzian, and parallel-sum type monotone operators. *Set-Valued and Variational Analysis*, 20(2) :307–330, June 2012.
- [164] Patrick Louis Combettes and Jean-Christophe Pesquet. Stochastic Quasi-Fejér Block-Coordinate Fixed Point Iterations with Random Sweeping. *SIAM Journal on Optimization*, 25(2) :1221–1248, 2015.
- [165] Patrick Louis Combettes and Jean-Christophe Pesquet. Stochastic Approximations and Perturbations in Forward-Backward Splitting for Monotone Operators. *Pure and Applied Functional Analysis*, 1(1) :13–37, 2016.
- [166] Patrick Louis Combettes and Bang Cong Vu. Variable metric forward-backward splitting with applications to monotone inclusions in duality. *Applied Mathematics and Optimization*, 63(9) :1289–1318, September 2014.
- [167] Frédéric Coquel, Edwige Godlewski, Khalil Haddaoui, Claude Marmignon, and Florent Renac. Choice of measure source terms in interface coupling for a model problem in gas dynamics. *Mathematics of Computation*, 85 :2305–2339, 2016.
- [168] Frédéric Coquel, Edwige Godlewski, and Nicolas Seguin. Relaxation of fluid systems. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 22(8) :52, August 2012.
- [169] Jean-Michel Coron and Georges Bastin. Dissipative boundary conditions for one-dimensional quasi-linear hyperbolic systems : Lyapunov stability for the C^1 -norm. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 53(3) :1464–1483, June 2015.
- [170] Jean-Michel Coron, Sylvain Ervedoza, Shyam Sundar Ghoshal, Olivier Glass, and Vincent Perrollaz. Dissipative boundary conditions for 2×2 hyperbolic systems of conservation laws for entropy solutions in BV. *Journal of Differential Equations*, 262 :1–30, January 2017.

- [171] Jean-Michel Coron, Pierre Gabriel, and Peipei Shang. Optimization of an Amplification Protocol for Misfolded Proteins by using Relaxed Control. *Journal of Mathematical Biology*, 70(1) :289–327, 2015.
- [172] Jean-Michel Coron and Jean-Philippe Guilleron. Control of three heat equations coupled with two cubic nonlinearities. working paper or preprint, November 2016.
- [173] Jean-Michel Coron, Long Hu, and Guillaume Olive. Stabilization and controllability of first-order integro-differential hyperbolic equations. working paper or preprint, November 2015.
- [174] Jean-Michel Coron and Pierre Lissy. Local null controllability of the three-dimensional Navier-Stokes system with a distributed control having two vanishing components. *Inventiones Mathematicae*, Volume 198(3) :<http://link.springer.com/article/10.1007>
- [175] Jean-Michel Coron and Qi Lü. Local rapid stabilization for a Korteweg-de Vries equation with a Neumann boundary control on the right. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 102(6) :1080–1120, December 2014.
- [176] Jean-Michel Coron and Qi Lü. Fredholm transform and local rapid stabilization for a Kuramoto-Sivashinsky equation. *Journal of Differential Equations*, 259(8) :3683–3729, May 2015.
- [177] Jean-Michel Coron, Frédéric Marbach, and Franck Sueur. On the controllability of the Navier-Stokes equation in spite of boundary layers. working paper or preprint, May 2017.
- [178] Jean-Michel Coron and Hoai-Minh Nguyen. Dissipative boundary conditions for nonlinear 1-D hyperbolic systems : sharp conditions through an approach via time-delay systems. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 47(3) :2220–2240, June 2015.
- [179] Jean-Michel Coron, Ivonne Rivas, and Shengquan Xiang. Local exponential stabilization for a class of Korteweg-de Vries equations by means of time-varying feedback laws. working paper or preprint, February 2017.
- [180] Jean-Michel Coron, Rafael Vazquez, Miroslav Krstic, and Georges Bastin. Local exponential H^2 stabilization of a 2×2 quasilinear hyperbolic system using backstepping. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 51(3) :2005–2035, May 2013.
- [181] Cesare Corrado, Jean-Frédéric Gerbeau, and Philippe Moireau. Identification of weakly coupled multiphysics problems. Application to the inverse problem of electrocardiography. *Journal of Computational Physics*, 283 :271–298, February 2015.
- [182] Filipe Da Silva, Martin Campos Pinto, Bruno Després, and Stephane Heuraux. Stable coupling of the Yee scheme with a linear current model. *Journal of Computational Physics*, 295 :24–45, 2015.
- [183] X. Dai, Claude Le Bris, Frédéric Legoll, and Yvon Maday. Symmetric parareal algorithms for Hamiltonian systems. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 47(3) :717–742, 2013.
- [184] Xiaoying Dai and Yvon Maday. STABLE PARAREAL IN TIME METHOD FOR FIRST AND SECOND ORDER HYPERBOLIC SYSTEM. Technical report, December 2011.
- [185] Anne-Laure Dalibard and David Gérard-Varet. Nonlinear boundary layers for rotating fluids. *Analysis & PDE*, January 2017.

- [186] Anne-Laure Dalibard and Nader Masmoudi. Phénomène de séparation pour l'équation de Prandtl stationnaire. In *Séminaire Laurent Schwartz*, Palaiseau, France, December 2014.
- [187] Anne-Laure Dalibard and Laure Saint-Raymond. Mathematical study of degenerate boundary layers. *Memoirs of the American Mathematical Society*, November 2015.
- [188] Aris Daniilidis, Guy David, Estibalitz Durand-Cartagena, and Antoine Lemenant. Rectifiability of Self-contracted curves in the Euclidean space and applications. *Journal of Geometric Analysis*, 2015.
- [189] Claire David and Nizare Riane. Formes de Dirichlet et fonctions harmoniques sur le graphe de la fonction de Weierstrass. working paper or preprint, 2016.
- [190] Thierry De Pauw, Antoine Lemenant, and Vincent Millot. On sets minimizing their weighted length in uniformly convex separable Banach spaces. *Advances in Mathematics*, 305, January 2017.
- [191] James W. Demmel, Laura Grigori, Mark Hoemmen, and Julien Langou. Communication-optimal parallel and sequential QR and LU factorizations. *SIAM J. Sci. Comput.*, 34(1) :206–239, 2012.
- [192] Bruno Després. Polynomials with bounds and numerical approximation. working paper or preprint, September 2016.
- [193] Bruno Després. *Numerical Methods for Eulerian and Lagrangian Conservation Laws*. 2017.
- [194] Bruno Després and Christophe Buet. The structure of well-balanced schemes for Friedrichs systems with linear relaxation. *Applied Mathematics and Computation*, 272(2) :440–459, 2016.
- [195] Bruno Després and Lise-Marie Imbert-Gérard. A generalized plane-wave numerical method for smooth nonconstant coefficients. *IMA Journal of Numerical Analysis*, 2014.
- [196] Bruno Després and Emmanuel Labourasse. Angular Momentum preserving cell-centered Lagrangian and Eulerian schemes on arbitrary grids. *Journal of Computational Physics*, 290 :28–54, 2015.
- [197] Bruno Després, Frédéric Lagoutière, and Nicolas Seguin. Weak solutions to Friedrichs systems with convex constraints. Technical report, February 2011.
- [198] Bruno Després, Didier Lucor, and Gaël Poëtte. Robust uncertainty propagation in systems of conservation laws with the entropy closure method. In *Uncertainty quantification in computational fluid dynamics*. Springer, Heidelberg, 2013.
- [199] Bruno Després and Benoît Perthame. Uncertainty propagation ;intrusive kinetic formulations of scalar conservation laws. *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, 4(1) :980–1013, 2016.
- [200] L Desvillettes, Th Lepoutre, Ayman Moussa, and A Trescases. On the entropic structure of reaction-cross diffusion systems. *Communications in Partial Differential Equations*, 2015.
- [201] Laurent Desvillettes, Thomas Lepoutre, and Ayman Moussa. Entropy, Duality and Cross Diffusion. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 46(1), 2014.
- [202] Séréna Dib, Toni Sayah, Vivette Girault, François Murat, Christine Bernardi, and Frédéric Hecht. Finite element method for Darcy's problem coupled with the heat equation. working paper or preprint, December 2016.

- [203] Victorita Dolean, Pierre Jolivet, Frédéric Nataf, Nicole Spillane, and Hua Xiang. Two-Level Domain Decomposition Methods for Highly Heterogeneous Darcy Equations. Connections with Multiscale Methods. *Oil & Gas Science and Technology - Revue d'IFP Energies nouvelles*, 69(4) :731–752, 2014.
- [204] Victorita Dolean, Frédéric Nataf, Robert Scheichl, and Nicole Spillane. Analysis of a two-level Schwarz method with coarse spaces based on local Dirichlet-to-Neumann maps. *computer methods in applied mathematics*, 12(4) :391–414, 2012.
- [205] Patrick W Dondl, Antoine Lemenant, and Stephan W Wojtowytsch. Phase Field Models for Thin Elastic Structures with Topological Constraint. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 223(2) :693–736, 2017.
- [206] Roland Donniger, Joachim Krieger, Jérémie Szeftel, and Willie Wong. Codimension one stability of the catenoid under the vanishing mean curvature flow in Minkowski space. *Duke Mathematical Journal*, 165(4) :723–791, March 2016.
- [207] Marie Doumic, Sarah Eugene, and Philippe Robert. Asymptotics of Stochastic Protein Assembly Models. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 76(6) :20, November 2016.
- [208] Marie Doumic, Marc Hoffmann, Nathalie Krell, and Lydia Robert. Statistical estimation of a growth-fragmentation model observed on a genealogical tree. *Bernoulli*, 21(3) :1760–1799, 2015. 46 pages, 4 figures.
- [209] Marie Doumic-Jauffret, Marc Hoffmann, Patricia Reynaud-Bouret, and Vincent Rivoirard. Nonparametric estimation of the division rate of a size-structured population. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 50(2) :925–950, April 2012.
- [210] Dirk Drasdo and Stefan Hoehme. Modeling the impact of granular embedding media, and pulling versus pushing cells on growing cell clones. *New Journal of Physics*, 14 :055025 (37pp), May 2012.
- [211] Dirk Drasdo, Stefan Hoehme, and Jan G. Hengstler. How predictive quantitative modeling of tissue organization can inform liver disease pathogenesis. *Journal of Hepatology*, 61(4) :951–956, October 2014.
- [212] Mitia Duerinckx. Mean-field limits for some Riesz interaction gradient flows. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 48(3) :2269–2300, 2016.
- [213] Mitia Duerinckx and Sylvia Serfaty. Mean-field dynamics for Ginzburg-Landau vortices with pinning and applied force. working paper or preprint, February 2017.
- [214] Mohamed El Bouajaji, Bertrand Thierry, X Antoine, and C Geuzaine. A quasi-optimal domain decomposition algorithm for the time-harmonic Maxwell's equations. *Journal of Computational Physics*, 294(1) :38–57, 2015.
- [215] Jan Elias, Luna Dimitrio, Jean Clairambault, and Roberto Natalini. Dynamics of p53 in single cells : physiologically based ODE and reaction-diffusion PDE models. *Physical Biology*, page 22, July 2014. Phys. Biol. 11 (2014) 045001.
- [216] Casimir Emako, Charlène Gayraud, Axel Buguin, Luís Neves De Almeida, and Nicolas Vauchelet. Traveling Pulses for a Two-Species Chemotaxis Model. *PLoS Computational Biology*, 12(4) :e1004843, April 2016.
- [217] Sylvain Ervedoza, Olivier Glass, and Sergio Guerrero. Local exact controllability for the 2 and 3-d compressible Navier-Stokes equations. *Communications in Partial Differential Equations*, 41(11) :1660–1691, 2016.

- [218] Sylvain Ervedoza, Olivier Glass, Sergio Guerrero, and Jean-Pierre Puel. Local Exact Controllability for the One-Dimensional Compressible Navier-Stokes Equation. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 206 :189–238, 2012.
- [219] Mahdi Esmaily Moghadam, Irene Vignon-Clementel, Richard S. Figliola, Alison L. Marsden, and For The Modeling Of Congenital Hearts Alliance (mocha) Investigators. A modular numerical method for implicit 0D/3D coupling in cardiovascular finite element simulations. *Journal of Computational Physics*, 244 :63–79, July 2013.
- [220] Sarah Eugene, Thibault Bourgeron, and Zhou Xu. Effects of initial telomere length distribution on senescence onset and heterogeneity. *Journal of Theoretical Biology*, 413 :8, January 2017.
- [221] Sarah Eugene, Wei-Feng Xue, Philippe Robert, and Marie Doumic-Jauffret. Insights into the variability of nucleated amyloid polymerization by a minimalistic model of stochastic protein assembly. *Journal of Chemical Physics*, 144(17) :12, May 2016.
- [222] Miguel Angel Fernández, Mikel Landajuela, and Marina Vidrascu. Fully decoupled time-marching schemes for incompressible fluid/thin-walled structure interaction. *Journal of Computational Physics*, 297 :156–181, May 2015.
- [223] Miguel Angel Fernández, Jimmy Mullaert, and Marina Vidrascu. Explicit Robin-Neumann schemes for the coupling of incompressible fluids with thin-walled structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 267 :566–593, 2013.
- [224] Alessio Figalli, Nicola Fusco, Francesco Maggi, Vincent Millot, and Massimiliano Morini. Isoperimetry and stability properties of balls with respect to nonlocal energies. *Communications in Mathematical Physics*, 336(1), December 2014.
- [225] Cyrine Fitouri and Alain Haraux. Boundedness and stability for the damped and forced single well Duffing equation. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A*, 33(1) :211–223, 2012.
- [226] Adrian Friebel, Johannes Neitsch, Tim Johann, Seddik Hammad, Dirk Drasdo, and Stefan Hoehme. TiQuant : software for tissue analysis, quantification and surface reconstruction. *Bioinformatics*, 31(19) :3234–3236, June 2015.
- [227] Ludovick Gagnon. Lagrangian controllability of the Korteweg–de Vries equation with a higher order velocity field for the N-solitons solution. In *European Control Conference*, Linz, Austria, July 2015.
- [228] Ludovick Gagnon. Lagrangian Controllability of the 1-Dimensional Korteweg–de Vries Equation. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 2016.
- [229] Ludovick Gagnon. Qualitative description of the particle trajectories for the N-solitons solution of the Korteweg–de Vries equation. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A*, 2016.
- [230] Josselin Garnier and G. Papanicolaou. *Passive Imaging with Ambient Noise*. . Cambridge University Press, January 2016.
- [231] Josselin Garnier and George Papanicolaou. Passive synthetic aperture imaging. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 8 :2683–2705, 2015.
- [232] Josselin Garnier and Knut Sølna. Fourth-moment analysis for beam propagation in the white-noise paraxial regime. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 220 :37–81, 2016.

- [233] Antonio Gaudiello, Olivier Guibé, and François Murat. Homogenization of the Brush Problem with a Source Term in L1. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 225 :1 – 64, 2017.
- [234] Jean-Frédéric Gerbeau and Damiano Lombardi. Approximated Lax Pairs for the Reduced Order Integration of Nonlinear Evolution Equations. *Journal of Computational Physics*, 265 :246–269, May 2014.
- [235] Jean-Frédéric Gerbeau, Damiano Lombardi, and Elisa Schenone. Reduced order model in cardiac electrophysiology with approximated Lax pairs. *Advances in Computational Mathematics*, 41(5) :1103–1130, 2015.
- [236] Ahmed Ghallab, Geraldine Celliere, Sebastian Henkel, Dominik Driesch, Stefan Hoehme, Ute Hofmann, Sebastian Zellmer, Patricio Godoy, Agapios Sachinidis, Meinolf Blaszkewicz, Raymond Reif, Rosemarie Marchan, Lars Kuepfer, Dieter Häussinger, Dirk Drasdo, G Gebhardt, and Jan G. Hengstler. Model-guided identification of a therapeutic strategy to reduce hyperammonemia in liver diseases. *Journal of Hepatology*, 64(4) :860–871, November 2015.
- [237] Marina Ghisi, Massimo Gobbino, and Alain Haraux. A description of all possible decay rates for solutions of some semilinear parabolic equations. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 103(4) :868–899, 2015.
- [238] Marina Ghisi, Massimo Gobbino, and Alain Haraux. A concrete realization of the slow-fast alternative for a semi linear heat equation with homogeneous Neumann boundary conditions. working paper or preprint, July 2016.
- [239] Marina Ghisi, Massimo Gobbino, and Alain Haraux. Finding the exact decay rate of all solutions to some second order evolution equations with dissipation. *Journal of Functional Analysis*, 271(9) :2359–2395, 2016.
- [240] Marina Ghisi, Massimo Gobbino, and Alain Haraux. Optimal decay estimates for the general solution to a class of semi-linear dissipative hyperbolic equations. *J. Eur. Math. Soc. (JEMS)* 6, 18(9) :1961–1982, 2016.
- [241] Marina Ghisi, Massimo Gobbino, and Alain Haraux. Quantization of energy and weakly turbulent profiles of the solutions to some damped second order evolution equations. working paper or preprint, January 2017.
- [242] Daniela Giachetti, Pedro J. Martínez-Aparicio, and François Murat. A semilinear elliptic equation with a mild singularity at $u=0$: Existence and homogenization. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 107(1) :41 – 77, April 2015.
- [243] Daniela Giachetti, Pedro J. Martínez-Aparicio, and François Murat. Advances in the Study of Singular Semilinear Elliptic Problems. In M.V. Redondo Neble F. Ortegon Gallego and J.R. Rodriguez Galvan, editors, *Trends in differential equations and applications*, volume 8 of *Trends in differential equations and applications*, pages 221 – 241. Springer International Publishing Switzerland, 2016.
- [244] Daniela Giachetti, Pedro J. Martinez-Aparicio, and François Murat. Definition, existence, stability and uniqueness of the solution to a semilinear elliptic problem with a strong singularity at $u = 0$. *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa*, 2017.
- [245] Daniela Giachetti, Pedro J. Martinez-Aparicio, and François Murat. Homogenization of a Dirichlet semilinear elliptic problem with a strong singularity at $u = 0$ in a domain with many small holes. working paper or preprint, May 2017.

- [246] Vivette Girault, R.H. Nochetto, and R. Scott. Maximum-norm stability of the finite element Stokes projection. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, (9) 84-3 :279–330, 2005.
- [247] Pierre Gosselet, Daniel Rixen, François-Xavier Roux, and Nicole Spillane. Simultaneous-FETI and Block-FETI : robust domain decomposition with multiple search directions. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 104(10) :905–927, 2015.
- [248] Kirill Gostaf and Olivier Pironneau. Pressure Boundary Conditions for Blood Flows. Technical report, September 2013.
- [249] Céline Grandmont and Matthieu Hillairet. Existence of global strong solutions to a beam-fluid interaction system. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 2016.
- [250] Philippe Gravejat and Didier Smets. Asymptotic stability of the black soliton for the Gross-Pitaevskii equation. working paper or preprint, June 2014.
- [251] Andreea Grigoriu, Herschel Rabitz, and Gabriel Turinici. Controllability Analysis of Quantum Systems Immersed within an Engineered Environment. *Journal of Mathematical Chemistry*, 51(6) :1548–1560, 2013.
- [252] Marcus J. Grote, Marie Kray, Frédéric Nataf, and Franck Assous. Time-dependent wave splitting and source separation. *Journal of Computational Physics*, 330 :981–996, 2017.
- [253] Nastasia Grubic, Philippe G. LeFloch, and Cristinel Mardare. The equations of elastostatics in a Riemannian manifold. *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 102 :1121–1163, 2014. 43 pages.
- [254] Olivier Guéant. Mean field games on graphs. NETCO 2014, 2014. Parallel session.
- [255] Olivier Guéant. General Intensity Shapes in Optimal Liquidation. *Mathematical Finance*, 25(3) :457–495, 2015.
- [256] Olivier Guéant, Charles-Albert Lehalle, and Joaquin Fernandez Tapia. Dealing with the Inventory Risk. working paper or preprint, September 2011.
- [257] Olivier Guéant and Jiang Pu. Option pricing and hedging with execution costs and market impact. *Mathematical Finance*, 2015.
- [258] Ryadh Haferssas, Pierre Jolivet, and Frédéric Nataf. A robust coarse space for optimized Schwarz methods : SORAS-GenEO-2. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série I, Mathématique*, 353(10) :959–963, 2015.
- [259] Seddik Hammad, Stefan Hoehme, Adrian Friebel, Iris von Recklinghausen, Amnah Othman, Brigitte Begher-Tibbe, Raymond Reif, Patricio Godoy, Tim Johann, Amruta Vartak, Klaus Golka, Petru O. Bucur, Eric Vibert, Rosemarie Marchan, Bruno Christ, Steven Dooley, Christoph Meyer, Iryna Ilkavets, Uta Dahmen, Olaf Dirsch, Jan Böttger, Rolf Gebhardt, Dirk Drasdo, and Jan G. Hengstler. Protocols for staining of bile canalicular and sinusoidal networks of human, mouse and pig livers, three-dimensional reconstruction and quantification of tissue microarchitecture by image processing and analysis. *Archives of Toxicology*, 88(5) :1161–1183, May 2014.
- [260] Alain Haraux. Some applications of the Łojasiewicz gradient inequality. *Communications in Pure and Applied Analysis*, 11(6) :2417–2427, 2012.
- [261] Alain Haraux. On the strong oscillatory behavior of all solutions to some second order evolution equations. *Portugaliae Mathematica (NS)*, 72(2-3) :193–206, 2015.

- [262] Alain Haraux and Mohamed Ali Jendoubi. The Lojasiewicz gradient inequality in the infinite dimensional Hilbert space framework. working paper or preprint, May 2010.
- [263] Alain Haraux and Mohamed Ali Jendoubi. The convergence problem for dissipative autonomous systems : classical methods and recent advances. working paper or preprint, February 2015.
- [264] Alain Haraux and Mohamed Ali Jendoubi. A Liapunov function approach to the stabilization of second order coupled systems. working paper or preprint, April 2016.
- [265] Alain Haraux and Tien Son Pham. On the Lojasiewicz exponents of quasi-homogeneous functions. *Journal of Singularities*, 11 :52–66, 2015.
- [266] Patrice Hauret and Frédéric Hecht. A Discrete Differential Sequence for Elasticity Based upon Continuous Displacements. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 35(1) :24, February 2013.
- [267] Frédéric Hecht, Sylvain Auliac, Faker Ben Belgacem, and Z. Belhachmi. Quadratic finite elements with non-matching grids for the unilateral boundary contact. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 47(4) :1185–1205, June 2013.
- [268] Frédéric Hecht, Ionut Danaila, Moglan Raluca, and Stéphane Le Masson. A Newton method with adaptive finite elements for solving phase-change problems with natural convection. *Journal of Computational Physics*, 274(1) :826–840, August 2014.
- [269] Frédéric Hecht, Pascal Ventura, and Duflilié Pierre. Original coupled FEM/BIE numerical model for analyzing infinite periodic surface acoustic wave transducers. *Journal of Computational Physics*, 246(1) :10, August 2013.
- [270] Long Hu, Florent Di Meglio, Rafael Vasquez, and Miroslav Krstic. Control of Homodirectional and General Heterodirectional Linear Coupled Hyperbolic PDEs. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 61(11) :3301 – 3314, November 2016.
- [271] Long Hu, Florent Di Meglio, Rafael Vazquez, and Miroslav Krstic. Control of Homodirectional and General Heterodirectional Linear Coupled Hyperbolic PDEs. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 61(11) :3301 – 3314, 2016.
- [272] Nick Jagiella, Benedikt Müller, Margareta Müller, Irene E. Vignon-Clementel, and Dirk Drasdo. Inferring growth control mechanisms in growing multi-cellular spheroids of nscic cells from spatial-temporal image data. *PLoS Computational Biology*, 12(2) :e1004412, 2016.
- [273] Robert Jerrard and Didier Smets. On the motion of a curve by its binormal curvature. *Journal of the European Mathematical Society*, 17(6) :1487 – 1515, 2015.
- [274] Robert L. Jerrard and Didier Smets. On Schrödinger maps from T^1 to S^2 . . *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 45(4) :637–680, 2013.
- [275] Robert L. Jerrard and Didier Smets. Vortex dynamics for the two-dimensional non-homogeneous Gross-Pitaevskii equation. . *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze, Serie V*, 14(3) :729–766, 2015.
- [276] Robert L. Jerrard and Didier Smets. Leapfrogging vortex rings for the three dimensional Gross-Pitaevskii equation. 39 pages, 2 figures, March 2017.
- [277] Pierre Jolivet, Victorita Dolean, Frédéric Hecht, Frédéric Nataf, Christophe Prud'Homme, and Nicole Spillane. High performance domain decomposition methods on massively parallel architectures with FreeFEM++. *Journal of Numerical Mathematics*, 20(3-4) :287–302, December 2012.

- [278] Pierre Jolivet, Frédéric Hecht, Frédéric Nataf, and Christophe Prud'Homme. Scalable Domain Decomposition Preconditioners for Heterogeneous Elliptic Problems. In *SC13 - International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, pages 80 :1–80 :11, Denver, United States, November 2013. ACM.
- [279] Pierre Jolivet and Pierre-Henri Tournier. Block Iterative Methods and Recycling for Improved Scalability of Linear Solvers. In *SC16 - International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, Proceedings of SC16 : International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, Salt Lake City, Utah, United States, November 2016.
- [280] Kayyunnapara T. Joseph and Philippe G. LeFloch. Singular limits in phase dynamics with physical viscosity and capillarity. working paper or preprint, December 2006.
- [281] Louis Lagardere, Filippo Lipparini, Etienne Polack, Benjamin Stamm, Eric Cancès, Michael Schnieders, Pengyu Ren, Yvon Maday, and Jean-Philip Piquemal. Scalable Evaluation of Polarization Energy and Associated Forces in Polarizable Molecular Dynamics : II. Towards Massively Parallel Computations using Smooth Particle Mesh Ewald. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 11(6) :2589–2599, June 2015.
- [282] Jimmy Lamboley, Antoine Laurain, Grégoire Nadin, and Yannick Privat. Properties of optimizers of the principal eigenvalue with indefinite weight and Robin conditions. *Calculus of Variations and Partial Differential Equations*, 55(6), December 2016.
- [283] Mikel Landajuela, Marina Vidrascu, Dominique Chapelle, and Miguel Angel Fernández. Coupling schemes for the FSI forward prediction challenge : comparative study and validation. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, June 2016.
- [284] Camille Laurent and Matthieu Léautaud. Quantitative unique continuation for operators with partially analytic coefficients. Application to approximate control for waves. working paper or preprint, June 2015.
- [285] Camille Laurent, Felipe Linares, and Lionel Rosier. Control and Stabilization of the Benjamin-Ono Equation in $L^2(\mathbb{T})$. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 218(3) :1531 – 1575, January 2015.
- [286] Mathieu Laurière and Olivier Pironneau. Dynamic Programming for Mean-field type Control. working paper or preprint, April 2014.
- [287] Hervé Le Dret, Christine Bernardi, Frédéric Hecht, and Adel Blouza. A posteriori analysis of a finite element discretization of a Naghdi shell model. *IMA Journal of Numerical Analysis*, 33(1) :190–211, 2012.
- [288] Thomas Leblé and Sylvia Serfaty. Large deviation principle for empirical fields of Log and Riesz gases. working paper or preprint, February 2015.
- [289] Philippe G. LeFloch and Yue Ma. The global nonlinear stability of Minkowski space for self-gravitating massive fields. The Wave-Klein-Gordon Model. working paper or preprint, December 2015.
- [290] Philippe G. LeFloch and Yue Ma. The hyperboloidal foliation method for nonlinear wave equations. working paper or preprint, December 2015.
- [291] Philippe G LeFloch and Yue Ma. The global nonlinear stability of Minkowski space for self-gravitating massive fields. working paper or preprint, December 2016.

- [292] Philippe G. LeFloch and Yue Ma. The mathematical validity of the $f(r)$ theory of modified gravity. working paper or preprint, December 2016.
- [293] Philippe G. LeFloch and Jacques Smulevici. Future asymptotics and geodesic completeness of polarized T2-symmetric spacetimes. 34 pages, 2014.
- [294] Philippe G LeFloch and Changhua Wei. Boundedness of the total energy of relativistic membranes evolving in a curved spacetime. working paper or preprint, December 2016.
- [295] Philippe G. LeFloch and Shuyang Xiang. Weakly regular fluid flows with bounded variation on a Schwarzschild background. working paper or preprint, December 2015.
- [296] Philippe G LeFloch and Shuyang Xiang. Weakly regular fluid flows with bounded variation on the domain of outer communication of a Schwarzschild blackhole spacetime. A numerical study. working paper or preprint, December 2016.
- [297] Antoine Lemenant. A rigidity result for global Mumford-Shah minimizers in dimension three. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 2015.
- [298] Antoine Lemenant. A selective review on Mumford-Shah minimizers. *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, 9 :69 – 113, 2016.
- [299] Antoine Lemenant. Rectifiability of non Euclidean planar self-contracted curves. *Confluentes Mathematici*, 2017.
- [300] Antoine Lemenant and Filippo Santambrogio. A Modica-Mortola approximation for the Steiner Problem. working paper or preprint, March 2014.
- [301] Andrés Alessandro León Baldelli, Jean-François Babadjian, Blaise Bourdin, Duvan Henao, and Corrado Maurini. A variational model for fracture and debonding of thin films under in-plane loadings. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 70 :320–348, 2014.
- [302] Thomas Lepoutre and Ayman Moussa. Entropic structure and duality for multiple species cross-diffusion systems. working paper or preprint, September 2016.
- [303] Mathieu Lewin, Phan Thành Nam, Sylvia Serfaty, and Jan Philip Solovej. Bogoliubov spectrum of interacting Bose gases. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 68(3) :413–471, 2015. Final version to appear in *Comm. Pure Appl. Math.*
- [304] Pierre-Louis Lions, Benoît Perthame, and Panagiotis E. Souganidis. Stochastic averaging lemmas for kinetic equations. In *Stochastic averaging lemmas for kinetic equations*, volume 2011-2012, page 17pp, Palaiseau, France, January 2012. cedram.org.
- [305] Pierre-Louis Lions, Benoît Perthame, and Panagiotis E. Souganidis. Scalar conservation laws with rough (stochastic) fluxes. *Stochastic partial differential equations : analysis and computations*, 1(4) :664–686, November 2013.
- [306] Pierre-Louis Lions, Benoît Perthame, and Panagiotis E. Souganidis. Scalar conservation laws with rough (stochastic) fluxes; the spatially dependent case. *Stochastic Partial Differential Equations : Analysis and Computations*, 2(4) :517–538, December 2014.
- [307] Filippo Lipparini, Louis Lagardère, Christophe Raynaud, Benjamin Stamm, Eric Cancès, Benedetta Mennucci, Michael Schnieders, Pengju Ren, Yvon Maday, and Jean-Philip Piquemal. Polarizable Molecular Dynamics in a Polarizable Continuum Solvent. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 11(2) :623–634, January 2015.

- [308] Filippo Lipparini, Louis Lagardère, Giovanni Scalmani, Benjamin Stamm, Eric Cancès, Yvon Maday, Jean-Philip Piquemal, Michael J. Frisch, and Benedetta Mennucci. Quantum Calculations in Solution for Large to Very Large Molecules : A New Linear Scaling QM/Continuum Approach. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 5 :953–958, February 2014.
- [309] Filippo Lipparini, Yvon Maday, Benjamin Stamm, Eric Cancès, and Benedetta Mennucci. Fast Domain Decomposition Algorithm for Continuum Solvation Models : Energy and First Derivatives. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 9 :3637–3648, July 2013.
- [310] Pierre Lissy. A link between the cost of fast controls for the 1-D heat equation and the uniform controllability of a 1-D transport-diffusion equation. *C. R.Acad.Sci.Paris Ser. I*, 2012.
- [311] Damiano Lombardi. Inverse problems in 1D hemodynamics on systemic networks : a sequential approach. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, September 2013.
- [312] Alexander Lorz, Tommaso Lorenzi, Jean Clairambault, Alexandre Escargueil, and Benoît Perthame. Modeling the effects of space structure and combination therapies on phenotypic heterogeneity and drug resistance in solid tumors. *Bulletin of Mathematical Biology*, 77(1) :1–22, January 2015.
- [313] Alexander Lorz, Tommaso Lorenzi, Michael E. Hochberg, Jean Clairambault, and Benoît Perthame. Populational adaptive evolution, chemotherapeutic resistance and multiple anti-cancer therapies. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, page 23, March 2013.
- [314] amine loumi, Sidi-Mahmoud Kaber, and Philippe Parnaudeau. Parallel Solutions of Linear Systems. *East Asian journal on Applied Mathematics*, August 2016.
- [315] Thi Hieu Luu, Yvon Maday, Matthieu Guillo, and Pierre Guérin. A new method for reconstruction of cross-sections using Tucker decomposition. working paper or preprint, March 2017.
- [316] Yvon Maday and Olga Mula. A generalized empirical interpolation method : application of reduced basis techniques to data assimilation. In Springer, editor, *Analysis and Numerics of Partial Differential Equations*, Springer INdAM Series, pages 221–235. Springer, January 2013.
- [317] Yvon Maday, Olga Mula, Anthony T. Patera, and Masayuki Yano. The generalized Empirical Interpolation Method : stability theory on Hilbert spaces with an application to the Stokes equation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 287 :310 – 334, April 2015.
- [318] Yvon Maday, Olga Mula, and Gabriel Turinici. A priori convergence of the Generalized Empirical Interpolation Method. In *10th international conference on Sampling Theory and Applications (SampTA 2013)*, pages 168–171, Bremen, Germany, Germany, July 2013.
- [319] Simona Mancini, René-Marc Mège, Benoit Sarels, and Pierre-Olivier Strale. A phenomenological model of cell-cell adhesion mediated by cadherins. *Journal of Mathematical Biology*, 2016.

- [320] Frédéric Marbach. Small time global null controllability for a viscous Burgers' equation despite the presence of a boundary layer. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 102(2) :364–384, 2014.
- [321] Frédéric Marbach. An obstruction to small time local null controllability for a viscous Burgers' equation. working paper or preprint, November 2015.
- [322] Gilles Marck, Grégoire Nadin, and Yannick Privat. What is the optimal shape of a fin for one dimensional heat conduction? *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 74(4) :1194–1218, August 2014.
- [323] Aymeric Maury, Grégoire Allaire, and François Jouve. Shape optimisation with the level set method for contact problems in linearised elasticity. working paper or preprint, January 2017.
- [324] Florian Méhats, Yannick Privat, and Mario Sigalotti. On the controllability of quantum transport in an electronic nanostructure. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 74(6) :1870–1894, December 2014.
- [325] Frank Merle, Pierre Raphaël, and Jeremie Szeftel. On collapsing ring blow up solutions to the mass supercritical NLS. *Duke Math. J.*, 163(2) :369–431, 2014.
- [326] Clément Mifsud, Bruno Després, and Nicolas Seguin. Dissipative formulation of initial boundary value problems for Friedrichs' systems. *Communications in Partial Differential Equations*, 41(1), January 2016.
- [327] Vincent Millot and Yannick Sire. On a fractional Ginzburg-Landau equation and $1/2$ -harmonic maps into spheres. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 215(1), August 2014. To appear in Arch. Rational Mech. Anal.
- [328] Vincent Millot, Yannick Sire, and Kelei Wang. ASYMPTOTICS FOR THE FRACTIONAL ALLEN-CAHN EQUATION AND STATIONARY NONLOCAL MINIMAL SURFACES. working paper or preprint, October 2016.
- [329] Olivia Miraucourt, Stéphanie Salmon, Marcela SZOPOS, and Marc Thiriet. Blood flow in the cerebral venous system : modeling and simulation. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 2016.
- [330] Ayman Moussa, Olivier Glass, and Daniel Han-Kwan. The Vlasov-Navier-Stokes system in a 2D pipe : existence and stability of regular equilibria. working paper or preprint, January 2017.
- [331] Olga Mula Hernandez. *Some contributions towards the parallel simulation of time dependent neutron transport and the integration of observed data in real time*. Theses, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, September 2014.
- [332] Benedikt Müller, Michael Bovet, Yi Yin, Damian Stiche, Mona Malz, Margarita González-Vallinas, Alistair Middleton, Volker Ehemann, Jennifer Schmitt, Thomas Muley, Michael Meister, Esther Herpel, Stephan Singer, Arne Warth, Peter Schirmacher, Dirk Drasdo, Franziska Matthäus, and Kai Breuhahn. Concomitant expression of far upstream element (FUSE) binding protein (FBP) interacting repressor (FIR) and its splice variants induce migration and invasion of non-small cell lung cancer (NSCLC) cells. *Journal of Pathology*, 237(3) :390–401, September 2015.
- [333] Grégoire Nadin and Yannick Privat. An extremal eigenvalue problem arising in heat conduction. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 105(6) :845–872, 2016.

- [334] Grégoire Nadin and Luca Rossi. Propagation phenomena for time heterogeneous KPP reaction–diffusion equations. *Journal Africain de Mathématiques pures et Appliquées*, 98 :633 – 653, 2012.
- [335] Grégoire Nadin and Luca Rossi. Generalized transition fronts for one-dimensional almost periodic Fisher-KPP equations. *Archives for rational mechanics and analysis*, 2016.
- [336] Frédéric Nataf, Ryadh Haferssas, and Pierre Jolivet. An ASM type theory for P.L. Lions algorithm – Optimized Schwarz Methods. In *DD XXIII International Conference on Domain Decomposition Methods*, Jeju, South Korea, July 2015.
- [337] Jessica M. Oakes, Alison Marsden, Céline Grandmont, Chantal Darquenne, and Irene Vignon-Clementel. Distribution of Aerosolized Particles in Healthy and Emphysematous Rat Lungs : Comparison Between Experimental and Numerical Studies. *Journal of Biomechanics*, 48(6) :1147–57, April 2015.
- [338] Jessica M. Oakes, Shawn C. Shadden, Céline Grandmont, and Irene Vignon-Clementel. Aerosol Transport Throughout Inspiration and Expiration in the Pulmonary Airways. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 2016.
- [339] Hitay Ozbay, Catherine Bonnet, Houda Benjelloun, and Jean Clairambault. Stability Analysis of Cell Dynamics in Leukemia. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 7(1) :203–234, January 2012.
- [340] Gilles Pages, Olivier Pironneau, and Guillaume Sall. Vibrato and Automatic Differentiation for High Order Derivatives and Sensitivities of Financial Options. working paper or preprint, November 2015.
- [341] Sanjay Pant, Chiara Corsini, Catriona Baker, Tain-Yen Hsia, Giancarlo Pennati, and Irene Vignon-Clementel. Inverse problems in reduced order models of cardiovascular haemodynamics : aspects of data-assimilation and heart-rate variability. *Journal of the Royal Society Interface*, 2017.
- [342] Benoît Perthame, Fernando Quirós, Min Tang, and Nicolas Vauchelet. Derivation of a Hele-Shaw type system from a cell model with active motion. *Interfaces and Free Boundaries*, 14(4) :489–508, October 2014.
- [343] Benoît Perthame, Fernando Quirós, and Juan-Luis Vázquez. The Hele-Shaw asymptotics for mechanical models of tumor growth. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 212 :93–127, 2014.
- [344] Benoît Perthame and Delphine Salort. On a voltage-conductance kinetic system for integrate and fire neural networks. *Kinetic and Related Models* , 6(4) :841–864, December 2013.
- [345] Benoît Perthame, Min Tang, and Nicolas Vauchelet. Traveling wave solution of the Hele-Shaw model of tumor growth with nutrient. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 24(13) :2601–2626, 2014. 25 pages.
- [346] Benoît Perthame and Nicolas Vauchelet. Incompressible limit of mechanical model of tumor growth with viscosity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences (1934–1990)*, 373 :20140283, 2015. 16 pages.
- [347] Benedetto Piccoli, Francesco Rossi, and Emmanuel Trélat. Control to flocking of the kinetic Cucker-Smale model. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 47(6) :4685–4719, 2015.

- [348] Camille Pouchol, Jean Clairambault, Alexander Lorz, and Emmanuel Trélat. Asymptotic analysis and optimal control of an integro-differential system modelling healthy and cancer cells exposed to chemotherapy. working paper or preprint, December 2016.
- [349] Camille Pouchol and Emmanuel Trélat. Global asymptotic stability of coexistence steady-states in integro-differential Lotka-Volterra systems. working paper or preprint, February 2017.
- [350] Stephanie Prigent, Annabelle Ballesta, Frédérique Charles, Natacha Lenuzza, Pierre Gabriel, Léon Matar Tine, Human Rezaei, and Marie Doumic. An efficient kinetic model for assemblies of amyloid fibrils and its application to polyglutamine aggregation. *PLoS ONE*, 7(11) :e43273, 2012.
- [351] Yannick Privat, Emmanuel Trélat, and Enrique Zuazua. Optimal location of controllers for the one-dimensional wave equation. *Annales de l'Institut Henri Poincaré (C) Non Linear Analysis*, 30(6) :1097–1126, 2013. To appear in *Annales de l'Institut Henri Poincaré, Analyse Non Linéaire*.
- [352] Yannick Privat, Emmanuel Trélat, and Enrique Zuazua. Optimal observation of the one-dimensional wave equation. *Journal of Fourier Analysis and Applications*, 19(3) :514–544, 2013.
- [353] Yannick Privat, Emmanuel Trélat, and Enrique Zuazua. Complexity and regularity of maximal energy domains for the wave equation with fixed initial data. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series A*, 35(12) :6133–6153, December 2015.
- [354] Yannick Privat, Emmanuel Trélat, and Enrique Zuazua. Optimal shape and location of sensors for parabolic equations with random initial data. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 216(3) :921–981, 2015.
- [355] Yannick Privat, Emmanuel Trélat, and Enrique Zuazua. Optimal observability of the multi-dimensional wave and Schrödinger equations in quantum ergodic domains. *Journal of the European Mathematical Society*, 18(5) :1043–1111, 2016. to appear in *Journal of the European Mathematical Society (JEMS)*, in 2015.
- [356] Andrea Ravasio, Ibrahim CHEDDADI, Tianchi Chen, Telmo Pereira, Hui Ting Ong, Cristina Bertocchi, Agusti Brugues, Antonio Jacinto, Alexandre J. Kabla, Yusuke Toyama, Xavier Trepas, Nir Gov, Luís Neves de Almeida, and Benoit Ladoux. Gap geometry dictates epithelial closure efficiency. *Nature Communications*, 6 :NATURE COMMUNICATIONS | 6 :7683 | DOI : 10.1038/ncomms8683, July 2015.
- [357] Lydia Robert, Marc Hoffmann, Nathalie Krell, Stéphane Aymerich, Jérôme Robert, and Marie Doumic. Division in *Escherichia coli* is triggered by a size-sensing rather than a timing mechanism. *BMC Biology*, 12(1) :17, 2014.
- [358] N Rougerie and Sylvia Serfaty. Higher Dimensional Coulomb Gases and Renormalized Energy Functionals. Structure has slightly changed, details and corrections have been added to some of the proofs., January 2015.
- [359] Nicolas Rougerie, Sylvia Serfaty, and Jakob Yngvason. Quantum Hall phases and plasma analogy in rotating trapped Bose gases. *Journal of Statistical Physics*, pages DOI 10.1007/s10955–013–0766–0, May 2013. Minor modifications.
- [360] Nicolas Rougerie, Jakob Yngvason, and Sylvia Serfaty. Quantum Hall states of bosons in rotating anharmonic traps. *Physical Review A*, 87 :023618, May 2013.

- [361] Gasmi Sana and Alain Haraux. N-cyclic functions and multiple subharmonic solutions of Duffing's equation. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 97(5) :411–423, 2012.
- [362] E. Sanchez-Palencia and Françoise Jean-Pierre. Constrained evolution processes and emergence of organized diversity. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 39(1) :104 – 133, January 2016.
- [363] Etienne Sandier and Sylvia Serfaty. 2D Coulomb Gases and the Renormalized Energy. Technical report, February 2012.
- [364] Etienne Sandier and Sylvia Serfaty. 1D Log Gases and the Renormalized Energy : Crystallization at Vanishing Temperature . *Probability Theory and Related Fields*, page 000, 2014.
- [365] Elisa Schenone, Annabelle Collin, and Jean-Frédéric Gerbeau. Numerical simulation of electrocardiograms for full cardiac cycles in healthy and pathological conditions. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 32(5), May 2016. In press (in International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering).
- [366] Freimut Schliess, Stefan Hoehme, Sebastian Henkel, Ahmed Ghallab, Dominik Driesch, Jan Böttger, Reinhard Guthke, Michael Pfaff, Jan Hengstler, Rolf Gebhardt, Dieter Häussinger, Dirk Drasdo, and Sebastian Zellmer. Integrated metabolic spatial-temporal model for the prediction of ammonia detoxification during liver damage and regeneration. *Hepatology*, 60(6) :2040–2051, December 2014.
- [367] Sylvia Serfaty. Mean Field Limits of the Gross-Pitaevskii and Parabolic Ginzburg-Landau Equations. *Journal of the American Mathematical Society*, October 2016.
- [368] Sylvia Serfaty, Thomas Leblé, and Ofer Zeitouni. Large deviations for the two-dimensional two-component plasma. *Communications in Mathematical Physics*, August 2016.
- [369] Sylvia Serfaty and Mircea Petrache. Next Order Asymptotics and Renormalized Energy for Riesz Interactions. *Journal de l'Institut de Mathématiques de Jussieu*, 2015.
- [370] Sylvia Serfaty, Etienne Sandier, and Leonid Berlyand. A Two scale Γ -convergence Approach for Random Non-Convex Homogenization. working paper or preprint, October 2016.
- [371] Maxim Solovchuk, Tony Sheu, and Marc Thiriet. Image-based computational model for focused ultrasound ablation of liver tumor. *Journal of Computational Surgery*, 1(1) :4, 2014.
- [372] Nicole Spillane, Victorita Dolean, Hauret Patrice, Frédéric Nataf, Clemens Pechstein, and Robert Scheichl. Abstract robust coarse spaces for systems of PDEs via generalized eigenproblems in the overlaps. *Numerische Mathematik*, 2014.
- [373] Benjamin Stamm, Eric Cancès, Filippo Lipparini, and Yvon Maday. A new discretization for the polarizable continuum model within the domain decomposition paradigm. *The Journal of Chemical Physics*, 144(5), February 2016.
- [374] Martin Strugarek and Nicolas Vauchelet. Reduction to a single closed equation for 2 by 2 reaction-diffusion systems of Lotka-Volterra type. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 76(5) :2060–2080, 2016.
- [375] Jeremie Szeftel. The bounded L2 curvature conjecture. *Inventiones Mathematicae*, 202 :91–216, 2015.

- [376] Marcela SZOPOS, Nicole Poussineau, Yvon Maday, Carla Canniffe, David S Celermajer, Damien Bonnet, and Phalla Ou. Computational modeling of blood flow in the aorta—insights into eccentric dilatation of the ascending aorta after surgery for coarctation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 148(4), 2014.
- [377] Bertrand Thierry, Xavier Antoine, Chokri Chniti, and Hasan Alzubaidi. μ -diff : an open-source Matlab toolbox for computing multiple scattering problems by disks. *Computer Physics Communications*, 192 :348–362, July 2015.
- [378] Bertrand Thierry, Alexandre Vion, Simon Tournier, Mohamed El Bouajaji, David Collignon, Nicolas Marsic, Xavier Antoine, and Christophe Geuzaine. GetDDM : an open framework for testing Schwarz methods for time-harmonic wave problems. *Computer Physics Communications*, 203 :309–330, 2016.
- [379] Marc Thiriet, Yannick Deleuze, and Tony W.H. Sheu. A Biological Model of Acupuncture and its Derived Mathematical Modeling and Simulations. *Communications in Computational Physics*, 18(4) :831–849, October 2015.
- [380] Pierre-Henri Tournier, Frédéric Hecht, and Myriam Comte. Finite Element Model of Soil Water and Nutrient Transport with Root Uptake : Explicit Geometry and Unstructured Adaptive Meshing. *Transport in Porous Media*, 106(2) :487–504, January 2015.
- [381] Emmanuel Trélat and Enrique Zuazua. The turnpike property in finite-dimensional nonlinear optimal control. *Journal of Differential Equations*, 258 :81–114, 2015.
- [382] Sri Ram Krishna Vedula, Grégoire Peyret, Ibrahim CHEDDADI, Tianchi Chen, Agustí Brugués, Hiroaki Hirata, Horacio Lopez-Menendez, Yusuke Toyama, Luís Neves De Almeida, Xavier Trepas, Chwee Teck Lim, and Benoit Ladoux. Mechanics of epithelial closure over non-adherent environments. *Nature Communications*, 6 :Article number : 6111, 2015.
- [383] Dolean Victorita, Pierre Jolivet, and Frédéric Nataf. *An introduction to domain decomposition methods. Algorithms, theory, and parallel implementation*. 2015.
- [384] Jiamin Zhu, Emmanuel Trélat, and Max Cerf. Minimum time control of the rocket attitude reorientation associated with orbit dynamics. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 54(1) :391–422, 2016.