Curiculum Vitae

Nom : Hauray
Prénom : Maxime
Né le 27/12/1978 à Paris XXème.
De nationalité Française.

courriel : maxime.hauray@univ-amu.fr

Poste actuel : Maître de Conférences à l'Université d'Aix-Marseille, rattaché à l'Institut de Mathématiques de Marseille.

Curiculum Vitae

12/09/2014 : Soutenance d'Habilitation à Diriger des recherches, intitulée :

Limite de champ moyen et propagation du chaos pour des systèmes de particules.
Limites gyro-cinétique et quasi-neutre pour les plasmas.

soutenue à l'Université d'Aix-Marseille devant le Jury composé de :
- Yann Brenier (Rapporteur)
- Eric Carlen (Rapporteur excusé)
- Jose Carrillo
- Philippe Ghendrih
- François Golse
- Arnaud Guillin
- Anne Nouri
- Mario Pulvirenti (Rapporteur non présent)

Depuis Septembre 2009 : Maître de Conférences à l'Université d'Aix-Marseille, au sein de l'Institut de Mathématiques de Marseille.

09/2005-08/2009 : Maître de Conférences à l'Université Paris 7 (René Diderot).

10/2004-01/2005 : Post-doc à l'Université de Rome La Sapienza sous la direction de Mario Pulvirenti.

09/2001-10/2004 : Thèse de mathématiques sous la direction de Pierre-Louis Lions, intitulée

équations de Liouville et limites en grand nombre de particules

soutenue le 7 Octobre 2004 à l'Université Paris-Dauphine devant le Jury composé de :
- Cédric Villani (Rapporteur)
- Maria Esteban
- Benoît Perthame
- Pierre-Louis Lions (Directeur)
- Luigi Ambrosio (Rapporteur non présent)

1998-2002 : élève de l'ENS Paris.

Activités d'enseignement :

2009- présent : Maître de Conférence à l'Université d'Aix-Marseille :

- Trois cours de spécialité en M2 (25h chacun) "équations différentielles ordinaires et les équations de transport", "Introduction aux équations cinétiques" et “Inégalités de réarrangement et introduction à l'interpolation”,
- Cours, TD et TP, d'EDO en L3 Maths,
- Cours/TD de Mathématiques Générales en L1 de la filière Polytech Marseille, de Maths pour la bio en L1 Biologie,
- Cours et TD de Probabilités et Statistiques en L2 Math/Info, en L2 Biologie.
- (A venir) Cours de M2 : “Mouvement Brownien et Laplacien”.

2005-2009 : Maître de Conférence à l'Université Paris 7 :

- TD d'Analyse Numérique Matricielle, d'Intégration, d'EDO, de Topologie et Calcul Différentiel en L3 de Mathématiques, de Mathématiques pour physiciens en L2 de Physique.
- TP d'EDO et d'Analyse Numérique (sous Scilab) en L3 de Mathématiques Appliquées.
- Préparation à l'agrégation externe : Cours et TP pour l'option modélisation.

2002-2005 : Moniteur à l'Université Paris Dauphine :
TD d'Analyse-Algèbre, d'Optimisation et d'équations Différentielles Ordinaires en DEUG et Licence MASS (avec encadrement de projets).

Activités d'encadrement :

10/2017-09/2020 : Encadrement avec Claudia Negulescu (Toulouse), de la thèse de Nissa Kassis sur des "modèles simplifiés pour la décohérence quantique".
10/2014-09/2017 : Encadrement de la thèse de Samir Salem, sur la propagation du chaos pour des "systèmes stochastiques de particules en interaction singulière", à la suite de son stage de M2. Samir Salem est actuellement en post-doc pour deux ans à Paris Dauphine sous la direction de Stéphane Mischler.
10/2013- 09-2016 : Co-encadrement avec Mihaï Bostan de la thèse d'Aurélie Finot, sur les limites gyro-cinétiques pour les plasmas.
09/2014-02/2015 : Encadrement d'un stage de 6 mois entre M1 et M2 de Pierre Mériguet, étudiant de Supélec, sur *l'approximation d'opérateur de scattering pour la décohérence par interaction avec l'environnement.*
Divers : Encadrement de 4 stages de M2, Encadrement de plusieurs TER en M1 (étudiants d'AMU, un étudiant de l'ENS Lyon), du stage de seconde année d'un étudiant de l'école Centrale Marseille.

Publications :

[20] (pré-publication) C. Gomez, M. Hauray, *Rigorous derivation of Lindblad equations from quantum jumps processes in 1D* , 25p, https ://arxiv.org/abs/1603.07969.

[19] (pré-publication) M. Hauray, S. Salem, *Propagation of chaos for the Vlasov-Poisson-Fokker-Planck system in 1D* , 30p., to appear in Kin. Rel. Mod. `http://arxiv.org/abs/1510.06260`.

[18] (pré-publication) J. Carrillo, J.P. Choi, M. Hauray, S. Salem, *Mean-field limit for collective behaviour models with sharp sensitivity regions* , 40p., to appear in Journ. Eur. Math. Soc. `http://www.ems-ph.org/journals/forthcoming.php?jrn=jems`, `http://arxiv.org/abs/1510.02315`.

[17] M. Hauray, *Uniform Contractivity in Wasserstein Metric for the Original 1D Kac's Model*, Journ. of Stat. Phys. 2016, 162 (6), pp.1566–1570.

[16] M. Bostan, A. Finot, M. Hauray, *The effective Vlasov-Poisson system for strongly magnetized plasmas*, Comptes Rendus Math. Vol. 354, No. 8 (2016), pp.771–777.

[15] N. Fournier, M. Hauray, *Propagation of chaos for some Landau equation*, Ann. Probab. Vol. 44, Number 6 (2016), 3581–3660.

[14] R. Adami, M. Hauray, C. Negulescu, *Decoherence for a heavy particle interacting with a light one : new analysis and numerics*, Comm. Math. Sci. 14 (2016), no. 5, 1373–1415.

[13] M. Hauray, D. Han-Kwan, *Stability issues in the quasineutral limit of the one-dimensional Vlasov-Poisson equation*, Comm. Math. Phy. 334 (2015), 1101–1152.

[12] M. Hauray, P.-E. Jabin, *Propagation of chaos for particles approximations of Vlasov equations with singular forces*, Ann. Sci. éc. Norm. Supér. 48 (2015), 891–940.

[11] N. Fournier, M. Hauray, S. Mischler, *Propagation of chaos for the 2D viscous Vortex Model*, in J. Eur. Math. Soc. 16, (2014), Issue 7, 1423–1466.

[10] M. Hauray, S. Mischler, *On Kac's Chaos and related problems*, in J. Funct. Anal. 266 (2014), Issue 10, 6055–6157.

[9] M. Hauray, A. Nouri, *Well-posedness of a diffusive gyro-kinetic model*, in Ann. IHP (C) Non Linear Analysis 28 (2011), 529–550.

[8] J. Barré, M. Hauray and P.-E. Jabin, *Stability of trajectories for N-particles dynamics with singular potential* , J. Stat. Mech. (2010), P07005, 21 p.

[7] M. Hauray, C. Le Bris, *A new proof of the uniqueness of the flow for ordinary differential equations with BV vector fields*, in Ann. Mat. Pura Appl. 190 (2011), 91–103.

[6] P. Ghendrih, M. Hauray, A. Nouri. *Derivation of a gyrokinetic model. Existence and uniqueness of specific stationary solutions*, in Kinet. Relat. Models 2 (2009), 707–725.

[5] M. Hauray. *Approximation of Euler type equations by vortex systems*, Math. Models Methods Appl. Sci. 19 (2009), 1357–1384.

[4] M. Hauray, C. Le Bris, P.-L. Lions, *Deux remarques sur les flots généralisés d'équations différentielles ordinaires*, in C. R. Math. Acad. Sci. Paris 344 (2007), 759–764.

[3] M. Hauray, P.-E. Jabin *N-particles approximation of the Vlasov equations with singular potential*, in Arch. Rach. Mech. Anal. 183 (2007), no. 3, 489–524.

[2] M. Hauray, *On Liouville transport equation with force field in BV_{loc}* in Comm. Partial Differential Equations 29 (2004), pp. 207–217.

[1] M. Hauray, *On two-dimensional Hamiltonian transport equations with L^p_{loc} coefficients*, Ann. IHP Anal. Non Linéaire 20 (2003), 625–644.

Actes

[A3] J.A. Carrillo, Y.-P. Choi et M. Hauray, *Local well-posedness of the generalized Cucker-Smale model with singular kernels*, ESAIM : Proceedings & Surveys 47 (2014), 17–35.

[A2] J. Carrillo, Y.-P. Choi et M. Hauray, *The derivation of Swarming models : Mean-Field Limit and Wasserstein distances*, Collective dynamics from bacteria to crowds, 1–46, CISM course and Lectures 553, Springer (2014).

[A1] M. Hauray, *Mean field limit for the one dimensional Vlasov-Poisson equation*, in Séminaire Laurent Schwartz (2012-2013), `http://arxiv.org/abs/1304.5776`

Toutes les versions libres des ces articles sont consultables sur arXiv
Les plus importantes sont dans l'ordre : 12, 11, 10, 13 et 20.

Exposés (Exposés et conférences en tant qu'invité).

— Décembre 2017 : Conférence PSPDE VI "From Particle Systems to Partial Differential Equations", Nice.
— Novembre 2017 : Workshop "Kinetic Theory and Fluid Mechanics : theoretical and computational aspects", Toulouse.
— Octobre 2017 : Workshop "Dynamics in multi-component systems : mathematical and physical aspects", Laboratoire Paul Painlevé, Lille.
— Septembre 2017 : Workshop "Singular McKean-Vlasov equations and their application", INRIA Sophia-Antipolis.
— Juin 2017 : Séminaire du LPMA, Univ. Paris 6.
— Mai 2017 : Advanced School & Workshop on Nonlocal Partial Differential Equations and Applications to Geometry, Physics and Probability, ICTP, Trieste.

— Avril 2017 : Conference "PDE/Probability Interactions : Kinetic Equations, Long time and Propagation of Chaos", CIRM, Marseille, France.
— Avril 2017 : Séminaire de probabilités et Statistiques, ENS Lyon et Univ. Lyon 1.
— Février 2016 : Séminaire “Analyse Numérique et E.D.P.” du département de mathématiques de l’Université d’Orsay.
— Janvier 2016 : Conférence en l’honneur de Carlo Marchioro, Université de la Sapienza, Rome.
— Décembre 2015 : Workshop “Vlasov-Poisson equations for plasmas and cosmology”, Wolgang Pauli Institute, Vienne.
— Novembre 2015 : Séminaire “Géométrie, EDP et physique mathématique”, Université de Cergy-Pontoise.
— Octobre 2015 : Applied Analysis seminar at Imperial College, Londres.
— Septembre 2015 : Workshop “Modelling and Numerics for Quantum Systems”, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
— Mai 2015 : Workshop “Modeling Aspects and Mathematical Problems in Kinetic Theory”, au Lebesgue Mathematical Center, Rennes.
— Janvier 2015 : Séminaire Analyse et Probabilités du CEREMADE, Université Paris Dauphine.
— Octobre 2014 : Workshop “Multiscale kinetic and fluid problems : asymptotic analysis, modelling and numerical simulation”, à l’Institut d’études Scientifiques de Cargèse.
— Septembre 2014 : Workshop “Scaling Limits and effective theories in classical and quantum mechanics”, à l’Erwin Schrdinger Institute, Vienne.
— Décembre 2013 : Workshop “Classical and Quantum Mechanical Models of Many-Particle System”, Oberwolfach.
— Novembre 2013 : Workshop “Dynamics & Kinetic theory of self-gravitating system”, dans le cadre du semestre GRAVASCO, IHP, Paris.
— Juin 2013 : Rencontres Niçoises de Physique Théorique et de Probabilités, Laboratoire Dieudonné, Nice.
— Juin 2013 : Workshop “Asymptotic and Multiscale methods”, (organisé par par les laboratoires de mathématiques des universités de Toulouse, Lille et Rennes I), Porquerolles.
— Avril 2013 : Séminaire Laurent Schwartz, école Polytechnique, Paris.
— Avril 2013 : Conférence “Perspectives in Analysis and Probability” pour l’ouverture du Centre Lebesgue, Rennes.
— Avril 2013 : “Journées Cinétiques”, au laboratoire MIP, Toulouse.
— Septembre 2012 : Séminaire modélisation mathématique et calcul scientifique de l’Institut Camille Jordan, Lyon.
— Mai 2012 : Workshop "Asymptotic-Preserving schemes", Porquerolles.
— Janvier 2012 : Séminaire de l’équipe MIP à l’université de Toulouse.
— Janvier 2012 : Séminaire d’Analyse Numérique de l’IRMAR à l‘université de Rennes 1.
— Novembre 2011 : Journées “Systèmes de particules avec interactions à longue portée, limite continue et effets discrets” à l’université de Nice.
— Juin 2011 : Séminaire de mathématiques appliquées du Laboratoire de Mathématiques de l’université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand).
— Juillet 2010 : école d’été Franco-asiatique à l’IHES “Singularités dans les équations aux dérivées partielles”.
— Mars 2009 : Séminaire d’Analyse Appliquée du Laboratoire d’Analyse, Probabilités et Topologie de Marseille.
— Mars 2008 : Séminaire d’Analyse Appliquée du Laboratoire d’Analyse, Probabilités et Topologie de Marseille.
— Février 2008 : Séminaire EDP du laboratoire Dieudonnée, Nice.
— Octobre 2007 : Journée *Probabiliste malgré-moi* du Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, Université Paris 6 et 7.
— Juillet 2006 : Sessions parallèles à la conférence de mathématiques appliquées franco-italienne, Turin, Italie.
— Juin 2006 : Séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions, de l’Université Paris 6.
— Juillet 2005 : Workshop “Optimal transportation, transport equations, hydrodynamics”, au Maxwell Institute, Edimbourg.
— Décembre 2004 : Journées Simulation Numérique pour les plasmas 2004 à l’INRIA Sophia-Antipolis.

— Novembre 2004 : Séminaire du département de physique mathématique de l'Université de Rome La Sapienza.
— Octobre 2004 : "Oberseminar Analysis und Numerik" du Mathematisches Institut de la Ludwig-Maximilian Universitat, München.
— Mai 2004 : Workshop "Systèmes à grand nombre de particules, quantiques et classiques : Descriptions stochastiques et déterministes" à l'Université de Rennes 1.
— Février 2004 : Séminaire d'Analyse Non-Linéaire du CEREMADE.
— Septembre 2003 : Séminaire EDP et Applications de l'ENS Lyon.
— Février 2003 : Séminaire EDP de l'ENS Paris.

Autres Activités :

— Membre de l'ANR EFI, "Entropy, Flows, Inequalities" coordonnée par Jean Dolbeault,
— Responsable adjoint du futur parcours de master 2 "Mathématiques appliquées CEPS",
— Responsable de l'UE "Math pour la Biologie 1", en licence de Sciences de la Vie, multisite (18 groupes de TD en 2018),
— Co-organisateur des "Mean-Field Days" en Mars 2017 (FRUMAM), Marseille,
— Responsable du séminaire de l'équipe d'analyse appliquée du LATP (début 2010 - fin 2011),
— Membre de trois comités de sélection à l'université d'Aix-Marseille, d'un à Paris 7,
— Co-organisateur, avec Anne Nouri et Mihaï Bostan, de la conférence "Kinetic Equations", au CIRM en Novembre 2014,
— Rapporteur pour différentes revues : CPDE, M3AS, JSP, KRM, JMPA, SIMA, ACAP, LNM, AAP, PTRF, ARMA, Nonlinearity,
— Membre du jury de thèse de Cyril Rigault (directeurs M. Lemou et F. Méhats) et C. Caldini (directeur M. Bostan), et de Liping Xu (dir N. Fournier et S. Seuret).

Divers :

— Programmation : Scilab, python.
— Langues : Anglais (lu, écrit, parlé), Italien (lu, parlé).

Activités de recherche.

EDO et équations de transport pour des champs peu réguliers. (articles 1,2,4 et 7)

Dans ma thèse, j'ai étendu la méthode développée par R. DiPerna et P.-L. Lions pour résoudre les EDO à coefficients peu réguliers à divers cas particuliers. D'abord en dimension 2 (art. 1), où j'ai montré que la méthode s'adaptait pour des champs L^2 vérifiant une autre condition technique importante, condition affaiblie depuis par G. Crippa, S. Bianchini et G. Alberti. Ensuite, j'ai traité certains cas d'équations de Liouville avec interaction singulière (art. 2). Après ces travaux de thèse, Pierre-Louis Lions, Claude Le Bris et moi-même avons donné une preuve "directe" d'unicité des flots solutions d'EDO à coefficients BV (art. 4 et 7), directe au sens où cette preuve ne repose pas sur le passage par la résolution des équations de transport associées. Par rapport aux travaux antérieurs de G. Crippa et C. De Lellis qui utilisent la même approche pour des champs $W^{1,p}$, avec $p > 1$, nos résultats sont plus généraux, mais ne donnent ni estimations ni existence.

Propagation du chaos pour des systèmes de particules en interaction.

Des particules déterministes vers l'équation de Vlasov. (article 3 et 12) Depuis ma thèse, je travaille avec Pierre-Emmanuel Jabin sur les systèmes de particules en interaction. L'objectif est de montrer la convergence en grand nombre de particules vers l'équation de Vlasov, pour des potentiels singuliers (au sens ou ils présentent une singularité attractive ou répulsive lorsque deux particules s'approchent). La convergence dans le cas de potentiels réguliers est connue depuis la fin des années 70 et les travaux de W. Braun et K. Hepp, R.L. Dobrushin, H. Neunzert et J. Wick. Il existe aussi depuis la fin des années 80 des résultats de H. D. Victory et ses collaborateurs pour le potentiel de Coulomb (ou gravitationnel) mais avec cut-off de la singularité et pour des données initiales de type numérique : des particules bien placées sur une grille.

En 2007 (article 3), nous avons obtenu un premier résultat de convergence pour des potentiels présentant une singularité du type $|x|^{-\alpha}$, avec $\alpha < 1$, en dimension 2 ou supérieure. En 2012, nous avons amélioré notre résultat (article 12). En simplifiant la démonstration, nous avons obtenu la convergence des systèmes de particules vers Vlasov pour les mêmes potentiels, mais avec une condition beaucoup moins restrictive sur les données initiales. Grâce à cela, notre résultat contient maintenant en dimension 3 ce qu'on appelle la propagation du chaos : il s'applique à des positions initiales choisies aléatoirement et indépendamment selon un profil donné. Dans les actes de conférence $A2$ et $A3$, J.A. Carrillo, Y.P. Choi et moi-même avons expliqué comment appliquer les techniques utilisées dans l'article 12 pour d'autres modèles avec interaction singulière : de type Cucker-Smale (modélisant des essaims d'oiseaux et autres animaux sociaux) et l'équation d'agrégation (comportement de bactéries).

Récemment, dans l'acte de séminaire $A1$, j'ai simplifié la preuve d'un résultat connu : la propagation du chaos pour l'équation de Vlasov-Poisson $1D$. Cette nouvelle preuve repose sur une inégalité de stabilité fort-faible pour VP1D. Dans la pré-publication 18, cette méthode à été fortement généralisé et adapté à des dimensions supérieures, pour des modèles d'essaims.

Vers des singularités plus importantes. (article 8) Les choses se compliquent quand on augmente la singularité. Avec Julien Barré et Pierre-Emmanuel Jabin, nous avons obtenus un résultat de stabilité des systèmes de particules autour d'un profil d'équilibre Maxwellien dans un tore, pour des force d'interaction avec une singularité du type $|x|^{-\alpha}$ avec $1 < \alpha < 2$ en dimension 3. Les positions initiales des particules sont choisies selon les mesures de Gibbs associées. Notre résultat dit que si on perturbe légérement la position initial des particules, avec des perturbations en moyenne plus petites que les fluctuations de la mesure de Gibbs autour de l'équilibre, l'ordre de la distance entre le système perturbé et l'original est en moyenne préservé par la dynamique pour des temps fini.

Ce résultat est donc un raffinement de la stabilité autour de l'équilibre Maxwellien, et ne s'applique pas malheureusement pas pour d'autres type de distributions. Ceci est dû au fait qu'il nécessite de bonnes propriétés sur la distribution des N particules. Propriétés qu'on ne sait démontrer que dans très peu de cas : distribution de Gibbs, microcanonique...

Le cas stochastique (pré-publication 19) àvec Samir Salem, étudiant en thèse sous ma direction, nous avons montré la propagation du chaos pour l'équation de Vlasov-Poisson-Fokker-Planck 1D : nous avons utilisé les techniques introduites pour le cas déterministe dans l'acte de séminaire $A1$, pour montrer que N particules en interaction via la force de Coulomb (en dim 1) et soumises à des bruits Browniens indépendants suivaient asymptotiquement (quand N tends vers l'infini) les trajectoires de l'EDS non linéaire limite, de type McKean-Vlasov. Nous obtenons un résultat de propagation du chaos en moyenne, ainsi qu'un résultat plus fin de concentration exponentielle du système d particule autour des solutions de l'équation limite.

Des vortex vers les équation d'Euler et Navier-Stokes 2D (article 5 et 11) Les techniques utilisées pour Vlasov s'adaptent aussi à des systèmes de types Vortex approchant l'équation d'Euler 2D, qui en formulation tourbillon est bien une équation de champ moyen. Dans ce cadre, j'ai obtenu la convergence de systèmes de vortex en interaction (singulière) vers une équation de type tourbillon, et ce jusqu'à la singularité en $1/|x|$ du noyau de Biot-Savard, non incluse (art 5). Ce résultat se situe entre ceux de J. Goodman et T. Hou, qui approchent des solutions régulières sans utiliser de cut-off, mais en choisissant des vortex placés initialement aux sommets d'une grille, et celui de S. Schochet valable pour le noyau de Biot-Savard et pour des conditions initiales aléatoires, mais ne montrant qu'un résultat de convergence faible vers une solution $L \log L$ de l'équation d'Euler en formulation tourbillon.

Plus récemment, nous avons développé avec Nicolas Fournier et Stéphane Mischler une preuve de la propagation du chaos (au sens trajectoriel) dans le cas ou les vrais vortex sont aussi perturbés aléatoirement par des Browniens indépendants (article 11). Notre résultat est valable pour des tourbillons initiaux dans $L \log L$, sans condition de signe, pour une viscosité arbitraire (mais non nulle) et la convergence est forte au sens ou la propagation du chaos est entropique : sommairement, cela veut dire qu'il n'y a pas de perte d'entropie lorsque l'on passe à la limite. Cela étend un résultat précédemment obtenu par Osada dans les années 80 pour des tourbillons bornées, et une viscosité suffisamment grande.

La méthode est assez générale. Elle a par exemple été utilisé pour démontrer la propagation du chaos moléculaire pour des modèles d'agrégation-diffusion (similaires à Keller-Segel, mais avec une singularité un petit peu moins forte) par D. Godinho et C. Quininao, deux doctorants encadrés par mes collaborateurs.

Des outils pour la propagation du chaos (article 10). Dans l'article 10 écrit en collaboration avec Stéphane Mischler, nous développons des outils utiles pour les problèmes de propagation du chaos moléculaire. Dans une première partie, nous avons donné une version quantifiée de l'équivalence entre les différentes définitions possibles de la propagation du chaos (au sens de Sznitmann) de systèmes de particules échangeables. Cela est très utile dans le travail de S. Mischler et C. Mouhot sur la propagation du chaos entropique pour le modèle de Kac. Dans une seconde partie, nous avons également donné une quantification possible pour cette notion de propagation du chaos entropique introduite par M. Kac. Ensuite, nous avons appliqué cette quantification au cas de probabilités portées par la sphère de Kac. Enfin, nous avons donné également quelques propriétés valables pour les états mélangés, en commençant par une nouvelle preuve du théorème de De Finetti-Hewitt et Savage, reposant pour une fois sur un argument de complétude et non de compacité. La propriété la plus intéressante démontrée dans cette section sur le mélange est peut-être que l'information de Fisher est affine sur les états mélangés. Cette propriété avait été démontré rigoureusement pour l'entropie par Robinson et Ruelle, mais n'était moins ou peu connue pour l'information de Fisher. Elle implique une sorte de Γ-semi-continuité inférieure de l'information de Fisher lorsque l'on passe à la limite en grand nombre de particules, qui a des conséquences intéressantes. C'est par exemple un point clé de la preuve de la propagation du chaos pour les vortex "stochastiques" donnée dans la pré-publication 12.

Propagation du chaos pour l'équation de Landau (article 15) Dans ce travail avec Nicolas Fournier, nous démontrons deux résultats :

- un résultat quantitatif de convergence d'un système de particules (non symétrique) vers l'équation de Landau, pour des potentiels modérément mous ($\gamma \in (-1, 0)$). Celui-ci est basé sur une inégalité de stabilité fort-faible, similaire à celle obtenue dans la prépublication 10. Cela permet d'obtenir des taux de convergence (des systèmes de particules vers les solutions de l'équation limite) d'un ordre raisonnable : $N^{(1+\gamma)/3}$ en distance de Wasserstein d'ordre deux ;
- un résultat qualitatif de propagation du chaos, pour des potentiels un peu plus mous ($\gamma \in (-2, -1]$). Celui-ci repose sur les techniques introduites pour NS2D dans l'article 11, avec toutefois une nouvelle difficulté à prendre en compte : l'ellipticité non-uniforme de la diffusion dans le cas de l'équation de Landau. Pour se ramener au cas uniformément elliptique, on introduit un système approché, avec une diffusion supplémentaire qui s'allume lorsque la diffusion dans le système original devient trop faible. Pour ce système modifié et uniformément elliptique, on montre avec les techniques de l'article 11 la propagation du chaos. Grâce à des estimations d'ellipticité sur l'équation limite, on montre ensuite que la diffusion additionnelle ne sert presque jamais quand N est grand, ce qui permet de dire que le système original est asymptotiquement égal au système modifié, et donc que la propagation du chaos a lieu aussi pour le système original.

Modèles gyro-cinétiques pour les plasmas fortement magnétisées.

J'ai collaboré sur ce thème avec Anne Nouri (I2M) et Philippe Ghendrih (Institut de Recherche en Fusion Magnétique du CEA Cadarache) depuis 2009. En 2011-2013, j'ai co-encadré avec Anne Nouri dans le cadre de l'ANR GYPSI un post-doctorant CNRS, Aurélien Klak.

Dérivation rigoureuse d'un modèle gyro-cinétique. (article 6) Dans un premier temps, nous avons donné une dérivation simple du modèle gyro-cinétique dit "rayon de Larmor fini", utilisé pour modéliser le coeur de plasmas de fusion, par exemple dans le code Gysela. Cette dérivation est plus simple, mais bien sûr moins précise que celle donnée précédemment par E. Frénod et E. Sonnëndrucker.

Régularisation grâce à des opérateurs de collisions adaptés. (article 9) Ensuite, nous avons montré formellement que l'ajout d'un terme de Fokker-Planck linéaire (sur les vitesses) dans l'équation de Vlasov se traduisait dans la limite de fort champ magnétique par l'apparition d'un opérateur elliptique dans toutes les directions de vitesse et d'espace, exceptée dans la direction d'espace parallèle au champ magnétique. Nous avons utilisé ce gain de régularité, et celui donné par les opérateurs de gyro-moyenne qui apparaissent dans l'équation pour montrer le caractère bien posé d'un modèle gyro-cinétique "rayon de Larmor fini" quasi-neutre avec diffusion sur les vitesses. Ici, les deux sources de régularités permettent de compenser le manque de régularité de l'équation de quasi-neutralité utilisée pour fermer l'équation de Vlasov gyro-cinétique.

Stabilité des plasmas dans la limite quasi-neutre.

Dans un travail avec Daniel Han-Kwan (article 14), nous nous sommes intéressés à la limite quasi-neutre (quand la longueur de Debye tends vers 0), de l'équation de Vlasov-Poisson unidimensionnelle (dans le tore). Plus particulièrement, nous avons étudié la stabilité des distributions homogènes, (*i.e.* qui ne dépendent pas de la position), qui sont toujours des équilibres pour l'équation de Vlasov-Poisson. Pour des équilibres qui vérifient le critère d'instabilité de Penrose - un fameux critère utilisé pour l'équation de Vlasov-Poisson dans tout l'espace - on montre que ceux-ci sont très instables dans la limite quasi-neutre, dans le sens ou les instabilités apparaissent "instantanément". Par contre, nous montrons que les équilibres symétriques à une seule bosse (connus pour être stable dans l'équation de VP) restent stables dans la limite quasi-neutre, à condition de filtrer les oscillations plasmas - aussi appelées ondes de Langmuir.

Un modèle de collision quantique simple pour étudier la décohérence.

Description simple d'une collision quantique (article 13**).** Dans un travail avec Claudia Negulescu et Riccardo Adami , nous étudions un modèle quantique de collision très simple : une particule dite lourde interagit avec une particule légère, et donc beaucoup plus rapide. Dans la limite ou le ratio de masse tends vers 0, et où la particule légère vient de l'infini, on obtient un modèle très limite : si on ne s'intéresse qu'à la matrice de densité de la particule lourde, la collision se décrit en multipliant le noyau de cette matrice de densité à l'instant de la collision par une fonction donné (qui s'exprime simplement en fonction de l'opérateur de scattering).

Des résultats similaires était déjà connu, mais par rapport à ceux-ci, notre "nouvelle" hypothèse d'une particule légère qui vient de l'infini permet d'obtenir un modèle limite beaucoup plus explicite. Cela permet donc d'utiliser ce modèle limite pour des simulations numériques (économes en temps de calcul), qui mettent bien en évidence le phénomène de décohérence.

Un processus de sauts quantique 1D convergent vers une équation de Lindblad (pré-publication 20**)** Dans un travail avec Christophe Gomez, nous utilisons les modèles simples de collision obtenus précédemment pour construire des processus de sauts quantiques. en particulier en dimension un car on a alors des formules explicites pour les opérateurs de collisions. L'environnement est vu comme un bain thermique, et les collisions sont modélisées par un Processus de Poisson Ponctuel. Malheureusement, en dimension un l'effet des collisions ne décroît pas avec l'éloignement des particules, ce qui nous oblige à tronquer l'environnement en espace. Lorsque le nombre de collisions par unité de temps tends vers l'infini, et que l'effet de chaque collision est mis à l'échelle de manière adéquate, les processus de sauts tendent vers un processus de diffusion quantique, qui vérifie une équation de Lindblad stochastique (le terme diffusif est constant mais un terme de potentiel aléatoire apparaît).

Ce résultat semble être un des premiers résultats de convergence vers l'équation de Lindblad, en partant certes d'un modèle "jouet".