



Laure SAINT-RAYMOND

Professeure à l'Université Pierre et Marie Curie
Laboratoire Jacques-Louis Lions et Département de
Mathématiques et Applications de l'École normale supérieure

Adresse :

45 rue d'Ulm
75230 Paris cedex 05
Tél : +33 1 44 32 20 36 – Fax : +33 1 44 34 20 80
laure.saint-raymond@ens.fr

Titres et diplômes :

- Ancienne élève de l'École normale supérieure de Paris (1994-1998)
- Agrégation de Mathématiques (1996)
- Docteur de l'Université Paris 7 (21/01/2000). Sujet de la thèse : *Etude mathématique de comportements asymptotiques en dynamique des gaz et des plasmas*
- Habilitée à diriger des recherches, Université Paris 7 (07/01/2002). Sujet du mémoire : *Méthodes mathématiques pour l'analyse asymptotique de problèmes issus de la mécanique.*

Emplois :

1999-2000 : Agrégée préparatrice, École normale supérieure de Paris.
2000-2002 : Chargée de recherches, CNRS, Laboratoire d'analyse numérique, Université Paris VI
2002-2007 : Professeur, Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire Jacques-Louis Lions (CNRS, UMR 7598)
2007-2010 : Professeur, Université Paris VI et ENS, Dép. de Mathématiques et Applications (CNRS, UMR 8553)

Prix et distinctions :

- Prix Louis Armand, Académie des Sciences (2003).
- Lauréate de la fondation Claude-Antoine Peccot, Collège de France (2004).
- Médaille Pie XI, Académie des Sciences Pontificale (2004).
- Prix "Analysis of Partial Differential Equations" avec François Golse, Society for Industrial and Applied Mathematics (2006).
- Prix "Jeune Scientifique" avec Isabelle Gallagher, Ville de Paris (2006).
- Prix de la Société Européenne de Mathématiques (2008).
- Ruth Lyttle Satter Prize, American Mathematical Society (2009).
- Conférence du cycle "Un texte, un mathématicien", Bibliothèque Nationale de France (2010).
- Invitation au Abel Symposium, Norwegian Mathematical Society (2010).

Autres activités :

- Direction de 3 thèses de doctorat.
- Membre du comité éditorial des journaux *Kinetic and Related Models* et *Archive for Rational Mechanics and Analysis*.
- Directrice des études de mathématiques à l'École normale supérieure
- De nombreuses conférences dans des congrès internationaux et séminaires de prestige
- Une forte implication dans des activités de popularisation des mathématiques pour les jeunes et le grand public.

Publications : 3 livres et une quarantaine d'articles dans les meilleures revues internationales de mathématiques.

Résultats principaux :

Les résultats les plus novateurs obtenus par Laure Saint-Raymond portent sur les limites hydrodynamiques de l'équation de Boltzmann de la théorie cinétique des gaz. Il s'agit d'une question évoquée par Hilbert au Congrès International des Mathématiciens à Paris en 1900, dans le cadre de son 6^{ème} problème portant sur l'axiomatisation de la physique. Hilbert écrivait « Le livre de Boltzmann nous incite à établir et à discuter du point

de vue mathématique d'une manière complète et rigoureuse les méthodes basées sur l'idée de passage à la limite qui, de la conception atomique, nous conduisent aux lois du mouvement des *continua* ». A la suite des travaux de Ronald DiPerna et Pierre-Louis Lions (1990) établissant l'existence globale de solutions de l'équation de Boltzmann en un sens généralisé, un programme visant à obtenir les équations de la mécanique des fluides incompressibles – ou, plus précisément, des écoulements incompressibles – fut proposé par Claude Bardos, François Golse et Charles David Levermore. Après une suite d'améliorations du travail original de Bardos-Golse-Levermore, la justification de ces limites reposait, comme dans l'étude du plasma gyrocinétique, sur une certaine hypothèse visant à contrôler la croissance des particules de très haute énergie cinétique. Cette hypothèse a résisté pendant plus de 10 ans à toute tentative de démonstration. Laure Saint-Raymond a imaginé une stratégie pour en établir la validité. Son idée consistait à combiner d'une part l'effet de relaxation vers l'équilibre local, mesuré par la production d'entropie, et d'autre part l'effet dispersif de l'opérateur d'advection.

Dans une série de quatre articles parus entre 2002 et 2004, Laure Saint-Raymond a démontré que les solutions généralisées de l'équation de Boltzmann dues à DiPerna-Lions tendent : soit vers les solutions des équations d'Euler des fluides incompressibles – solutions classiques lorsque l'existence de ces solutions est connue, ou solutions « dissipatives » au sens de Pierre-Louis Lions dans tous les cas ; soit vers les solutions des équations de Navier-Stokes des fluides incompressibles construites par Jean Leray en 1934. (Ce dernier travail de Laure Saint-Raymond, en collaboration avec François Golse, fait l'objet d'un article de 80 pages à *Inventiones Mathematicae*).

Ces deux résultats constituent une réponse à la question posée par Hilbert en 1900 ; ils sont basés sur l'étude préliminaire d'une version simplifiée de l'équation de Boltzmann, appelée « modèle de BGK ». Bien que ces résultats de limites hydrodynamiques aient toujours été considérés comme plausibles du point de vue physique, il n'était pas clair que le cadre très général des solutions faibles de DiPerna-Lions (pour l'équation de Boltzmann) et de Leray (pour les équations de Navier-Stokes) permette de démontrer cette convergence. On voit donc que le succès obtenu sur ces questions par Laure Saint-Raymond est tout à la fois important et inattendu.

Depuis 2003, Laure Saint-Raymond s'est intéressée à certains modèles de mécanique des fluides intervenant dans le contexte géophysique. On sait que, dans ce contexte, la force de Coriolis venant de la rotation terrestre joue un rôle prépondérant. En collaboration avec Isabelle Gallagher, elle a lancé un programme de recherche ambitieux débouchant sur les premiers résultats significatifs. L'un des effets de la rotation rapide est de minorer l'importance des termes non linéaires dans les équations de la mécanique des fluides ; ce phénomène était bien connu dans le cas d'une rotation constante. En effet, l'écoulement limite est alors bidimensionnel dans le plan orthogonal à l'axe de rotation, et gouverne la propagation d'ondes à haute fréquence qui sont génériquement linéaires. Dans le cas à vitesse de rotation variable non dégénérée – c'est-à-dire dont les points critiques forment un ensemble de mesure nulle – Saint-Raymond et Gallagher démontrent par des arguments de compacité fort ingénieux que les termes non linéaires disparaissent complètement de l'équation limite. Il s'agit là d'un résultat surprenant et tout à fait remarquable. Saint-Raymond et Gallagher ont poursuivi leur étude des écoulements géophysiques par un long mémoire sur un modèle océanique valable dans la zone tropicale – où la vitesse de rotation ne peut en aucun cas être considérée comme constante – et sous une hypothèse de faible profondeur. Elles aboutissent à une description très détaillée de l'interaction des ondes équatoriales piégées dans la zone tropicale.

D'autres contributions importantes de Saint-Raymond ont trait à l'étude de l'influence du vent sur les mouvements océaniques (avec Anne-Laure Dalibard), la détermination des zones de ventilation / recirculation (avec Christophe Cheverry, Isabelle Gallagher et Thierry Paul ou l'étude de l'effet géodynamo (avec David Gérard-Varet).

Laure Saint-Raymond se trouve ainsi à l'origine de plusieurs résultats marquants et difficiles dans le domaine des équations aux dérivées partielles de la physique mathématique.