

Dynamique des fluides géophysiques, l'expérience Chinoise

par Caroline Muller¹

“

Les travaux de C. Muller portent sur **la dynamique des fluides géophysiques**, et plus particulièrement aux processus nuageux dans l'atmosphère, et aux ondes internes dans l'océan. Son aventure chinoise a duré quatre mois, invitée par l'université de **New York University Shanghai** à venir passer un semestre en tant que chercheure dans le département de mathématiques. Dans le texte qui suit, C. Muller nous relate son expérience.

”



Caroline Muller

C. Muller a gardé des liens forts avec *New York University* où elle a fait son PhD. NYU a depuis ouvert un campus à Shanghai. Après une thèse en mathématiques appliquées obtenue au « *Courant Institute of Mathematical Sciences* » de NYU, elle a travaillé comme postdoctorante au département de « *Earth Atmospheric and Planetary Sciences* » du « *Massachusetts Institute of Technology* » (MIT), puis comme chercheure associée à l'université de Princeton.

Elle est chargée de recherche CNRS au **Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD)** et maître de conférence associée au département de géosciences de l'École Normale Supérieure (ENS).

Le LMD en bref

Le **Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD)** créé en 1968 à l'initiative de Pierre Morel est, depuis 1998, une unité mixte de recherche (**UMR 8539**) implantée sur trois sites universitaires : à l'École Polytechnique à Palaiseau, à l'École Normale Supérieure et à l'Université Pierre et Marie Curie à Paris.

Le LMD a aussi des relations étroites avec le Centre National d'Etudes Spatiales (**CNES**) et il est membre de l'Institut Pierre Simon Laplace (**IPSL**), fédération de neuf laboratoires publics de recherche en sciences de l'environnement en Ile-de-France.

Il étudie le climat, la pollution et les atmosphères planétaires en associant approches théoriques, développements instrumentaux pour l'observation et modélisations numériques. Le laboratoire est à la pointe de la recherche sur les processus dynamiques et physiques permettant l'étude de l'évolution et la prévision des phénomènes météorologiques et climatiques.



New York University Shanghai

NYU Shanghai est le premier établissement sino-américain d'enseignement supérieur approuvé par le ministère de l'Éducation de la République populaire de Chine. C'est un des nombreux campus de NYU à l'étranger. Sur un total de 50 000 étudiants à NYU, plus de 3 000 décident chaque année de partir faire une partie de leurs études à l'étranger.

NYU Shanghai reste un petit campus par rapport au campus principal de New York, et cette petite taille permet une proximité et de nombreux échanges entre chercheurs travaillant dans différents domaines. L'environnement y est très stimulant, avec de nombreux séminaires plusieurs fois par semaine, séminaires internes et externes.

J'ai pu ainsi assister à des séminaires passionnants sur des sujets qui ne sont pas nécessairement directement liés à mes recherches. Pendant mon séjour, les ondes gravitationnelles, oscillations de la courbure de l'espace-temps, ont été détectées pour



> FIG1: Des opportunités mondiales avec NYU, [illustration](#)
Voir également [nyu](#)

la première fois par des instruments américains, suscitant un vif intérêt du public et de la communauté scientifique.

Cette détection est venue confirmer une prédiction d'Albert Einstein vieille d'un siècle. Une chercheure du département de physique, **Glennys Farrar**², a donné un séminaire captivant décrivant les étapes et les retombées de cette découverte majeure.

Il y a également eu un séminaire remarquable par **Leonardo Rolla**³ du département de mathématiques sur la théorie des files d'attente, et sur les stratégies optimales pour éviter les longues files. Ces principes mathématiques d'optimisation s'appliquent aussi bien à l'optimisation d'une file d'attente qu'à la longue liste d'emails que nous recevons chaque jour. NYU Shanghai a notamment des liens forts avec l'Université normale de l'Est de la Chine (ECNU).

D'ailleurs l'université NYU Shanghai a été co-crée par NYU et l'ECNU. L'ECNU fait partie des 39 universités chinoises labellisées « université d'excellence ». J'ai donc pu interagir avec les chercheurs du département de mathématiques d'ECNU, et y donner un séminaire sur **l'application des équations aux dérivées partielles à l'étude de l'océan et de l'atmosphère**.

Ces échanges scientifiques entre collègues de NYU et ECNU, mais également avec les étudiants, rendent l'environnement de recherche enrichissant et dynamique. Les étudiants de NYU Shanghai sont d'origines variées, avec environ la moitié originaire de Chine. Tous les séminaires et échanges sont en anglais, que les étudiants maîtrisent parfaitement. C'est un des prérequis pour entrer dans le programme de NYU Shanghai.



¹[Page personnelle](#). Caroline Muller est chargée de recherche CNRS au Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD, UMR 8539) et maître de conférence associée au département de géosciences de l'École Normale Supérieure (ENS).

²<http://physics.as.nyu.edu/object/GlennysFarrar.html>

³<https://shanghai.nyu.edu/academics/faculty/directory/leonardo-rolla>



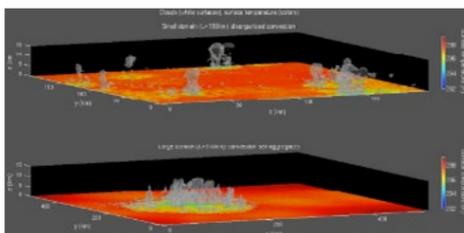
Axes de recherches

Pendant mon séjour à NYU Shanghai, j'ai travaillé sur la **cyclogénèse**, dans des simulations à haute résolution. Le but était d'identifier les processus physiques menant à l'intensification ou non d'un cyclone tropical (également appelé ouragan ou typhon selon les régions) FIG 2.



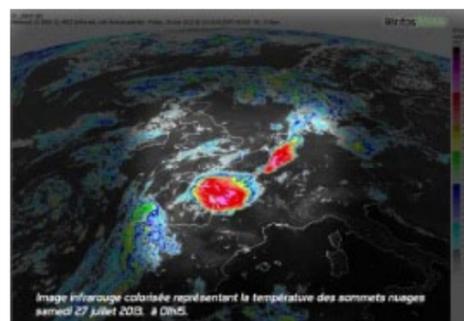
> FIG2 : Image satellitaires de l'ouragan Floyd approchant les côtes de la Floride. Source: NOAA, voir aussi hurricanescience

Les cyclones tropicaux sont parmi les phénomènes météorologiques les plus spectaculaires et les plus dévastateurs. Si les prévisions de la trajectoire des cyclones se sont améliorées ces dernières années, leur intensification (ou non) le long de ces trajectoires reste un défi scientifique majeur. Des résultats récents, obtenus entre autres avec mes collègues du LMD, montrent que dans des simulations à haute résolution en configuration idéalisée, les nuages et pluies peuvent s'organiser spontanément en un agrégat de nuages. Ce phénomène a été appelé l'auto-agrégation de la convection nuageuse FIG 3.



> FIG3 : Auto-agrégation de la convection nuageuse (image adaptée de Muller & Held 2012). L'image du haut montre une simulation dans laquelle les nuages sont relativement aléatoirement distribués dans l'espace. Sous certaines conditions, les nuages se regroupent dans une petite région du domaine (image du bas), phénomène appelé l'auto-agrégation de la convection nuageuse.

Les amas nuageux qui en résultent rappellent les complexes convectifs de mésoéchelle observés dans l'atmosphère FIG 4. Les complexes convectifs de mésoéchelle sont des formations nuageuses de plusieurs centaines de kilomètres de diamètre. Ils peuvent être précurseurs à la genèse d'un cyclone, ce qui a motivé ces travaux, visant à répondre à la question suivante : l'auto-agrégation de la convection nuageuse récemment découverte dans les simulations idéalisées joue-t-elle un rôle dans la cyclogénèse?



> FIG4 : Complexe convectif de mésoéchelle, les couleurs rouges indiquent des nuages hauts (associés aux températures froides de la haute troposphère, source wordpress)

Nos travaux, en collaboration avec un chercheur de NYU et un chercheur de l'université de Californie Berkeley, ont permis de répondre à cette question. Nous trouvons que l'auto-agrégation est pertinente à la cyclogénèse, ces deux phénomènes présentant de nombreux aspects communs, qualitativement et quantitativement. Cela nous a permis d'évaluer l'impact des processus physiques identifiés dans l'auto-agrégation, et de montrer que ces derniers accélèrent significativement l'intensification des cyclones tropicaux.

Nous espérons que ces travaux apporteront une lumière nouvelle sur l'intensification des cyclones. Aujourd'hui, notre collaboration se poursuit, et nous étudions les conséquences de ces résultats sur la réponse des cyclones au réchauffement climatique. ■