

# Benjamin MARCHETTI

Né le 15 Décembre 1992 à Marseille (28 ans)

127 Rue Paul Langevin  
22 Les bastides de la tour  
13013 Marseille, France

 +336 775 126 47  
 +334 910 524 15  
 marchetti.benjamin@gmail.com

---

## Formation

---

2019-2020 : Master 2 métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) – Option Maths-Sciences - INSPE de l'Université Nice Sophia Antipolis

Mots clés : enseignement, expérimentations, programmation, enseignement numérique

2018-2019 : Préparation au concours de l'agrégation de Physique Chimie option Physique spécial docteur - Aix-Marseille Université

Mots clés : notions théoriques et expérimentales sur la physique et chimie, enseignement numérique.

2015 - 2018 : Thèse - Sédimentation de nuages de particules et objets flexibles, Soutenance prévue pour Septembre 2018, Laboratoire IUSTI – CNRS UMR 7343, Aix-Marseille Université

Financement ministériel + monitorat

Encadrantes : Laurence Bergougnoux et Élisabeth Guazzelli

Ecole doctorale n°353 Sciences pour l'ingénieur

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de l'ANR CoDSPiT (ANR-12-BS09-0017).

Mots clés : Hydrodynamique, Sédimentation, Suspensions, Milieu diphasique, Mécanique des fluides, Objets flexibles

2014 – 2015 : Master 2 Recherche : “Écoulements Diphasiques, Énergétique et Combustion”- Aix-Marseille Université - Mention Très Bien

Mots clés : Milieux granulaires, Diagnostics optiques en mécanique des fluides, Méthodes Numériques en mécanique des fluides

2012 – 2015 : Diplôme d'ingénieur Polytech Marseille – Mécanique et Énergétique (Option Simulation Avancée)

Mots clés : Transferts Thermiques, Mécanique des fluides (Appliqué, Compressible et Hydraulique), Machine thermique

2010 - 2012 : DEUG de Physique, Aix-Marseille Université, France

2009 – 2010 : Baccalauréat Scientifique au Lycée A. Artaud (Marseille)

Mention Assez Bien

## Quelques mots à mon sujet

Après avoir obtenu mon diplôme d'ingénieur à Polytech Marseille et un Master Recherche à Aix-Marseille Université, j'ai décidé de poursuivre mes études et de faire une thèse en Mécanique des fluides au laboratoire IUSTI. La thèse était le meilleur moyen pour moi de m'ouvrir au monde de la recherche.

Durant ma formation, j'ai pu acquérir des connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides et plus précisément sur la sédimentation de suspensions et d'objets flexibles. Les différentes approches expérimentales et numériques m'ont permis d'appréhender à des problèmes physiques sous différents angles.

Le monitorat que j'ai exercé pendant mes trois années de thèse m'a convaincu de mon attrait envers l'enseignement. Je garde un très bon souvenir de cette activité qui m'a apporté une grande satisfaction personnelle. D'autant plus que j'ai pu varier le type d'enseignements avec notamment des TD de mesure de Pression-Débit-Niveau-Température, des TP de mécanique des fluides et de thermiques et des participations à plusieurs jurys de soutenance de projet.

## Activités de recherche

---

2015 - 2018 : Thèse - Sédimentation de nuage de particules et objets flexibles, Soutenance prévue pour Septembre 2018, Laboratoire IUSTI – CNRS UMR 7343, Aix-Marseille Université

Financement ministériel + monitorat

Encadrantes : Laurence Bergougnoux et Élisabeth Guazzelli

Ecole doctorale n°353 Sciences pour l'ingénieur

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de l'ANR CoDSPiT (ANR-12-BS09-0017)

Ce travail de thèse m'a permis d'aborder des problèmes liés à la sédimentation d'objets à bas nombre de Reynolds, dans des fluides au repos ou en mouvement. J'ai pu voir à la fois l'influence des effets collectifs (nuage de particules) et de la flexibilité (fibres flexibles) sur le comportement des objets et leurs interactions avec l'écoulement environnant.

La partie expérimentale m'a apporté des connaissances sur le diagnostic des écoulements en utilisant des techniques de PIV et de tracking de suspensions plus au moins diluées ou d'objets flexibles. En plus des deux dispositifs présentés, un banc expérimental annexe a été mis en place pour la mesure de module d'Young de fibres.

La partie numérique m'a permis de modéliser des milieux diphasiques dans lesquels sédimentaient des objets et où les interactions hydrodynamiques étaient les forces prépondérantes. Ces modèles construits avec des ingrédients simples ont été améliorés pour intégrer un vrai écoulement obtenu expérimentalement ou bien ajouter des conditions de mur représentatif des parois des dispositifs expérimentaux.

Dans plusieurs processus naturels ou industriels, des particules sont transportées au travers d'écoulements complexes. La structure des écoulements peut permettre le déplacement et la dispersion de particules. Un exemple issu du domaine de la géophysique est le nuage ou jet de particules de cendres provenant de l'éruption d'un volcan qui éjecte ces objets dans l'atmosphère sur des distances qui peuvent être non négligeables. Ces distances de dispersions vont dépendre de la vitesse et de la direction du vent, de la taille des objets et de leur densité. Concernant les objets flexibles, leur transport peut s'avérer être d'une importance fondamentale dans différents domaines comme celui concernant les bio-polymères (ADN ou filament actif), ou bien dans l'industrie du papier ou du textile. Quand un objet flexible est soumis à un écoulement ou bien à

des forces extérieures comme la gravité, la compétition entre les forces élastiques propres à l'objet déformable et les forces hydrodynamiques peuvent parfois conduire à une déformation et un mouvement complexe qui peut avoir des conséquences sur sa trajectoire. L'écoulement généré par la déformation d'une fibre flexible peut être une étude modèle pour connaître l'influence de la flexibilité sur la traînée subie par l'objet. En effet, la traînée d'un objet dépend de sa géométrie et plus précisément de la section de l'objet que voit le fluide. Ainsi si un objet flexible se déforme lors de sa chute, sa force de traînée est modifiée. Par exemple on peut avoir, en régime visqueux, un rapport 1.5-1.7 entre la force de traînée pour une cylindre rigide qui sédimente selon son orientation (verticale ou horizontale par rapport à la gravité).

### Sédimentation de nuage de particules dans un écoulement tourbillonnaire

Le but de cette étude est d'apporter une contribution à la compréhension des interactions entre les particules d'un nuage, plus au moins concentré, et un écoulement environnemental, au travers d'un dispositif expérimental simplifié. Autrement dit comment un objet peut perturber un écoulement connu et comment cet écoulement va perturber le comportement de ce même objet.

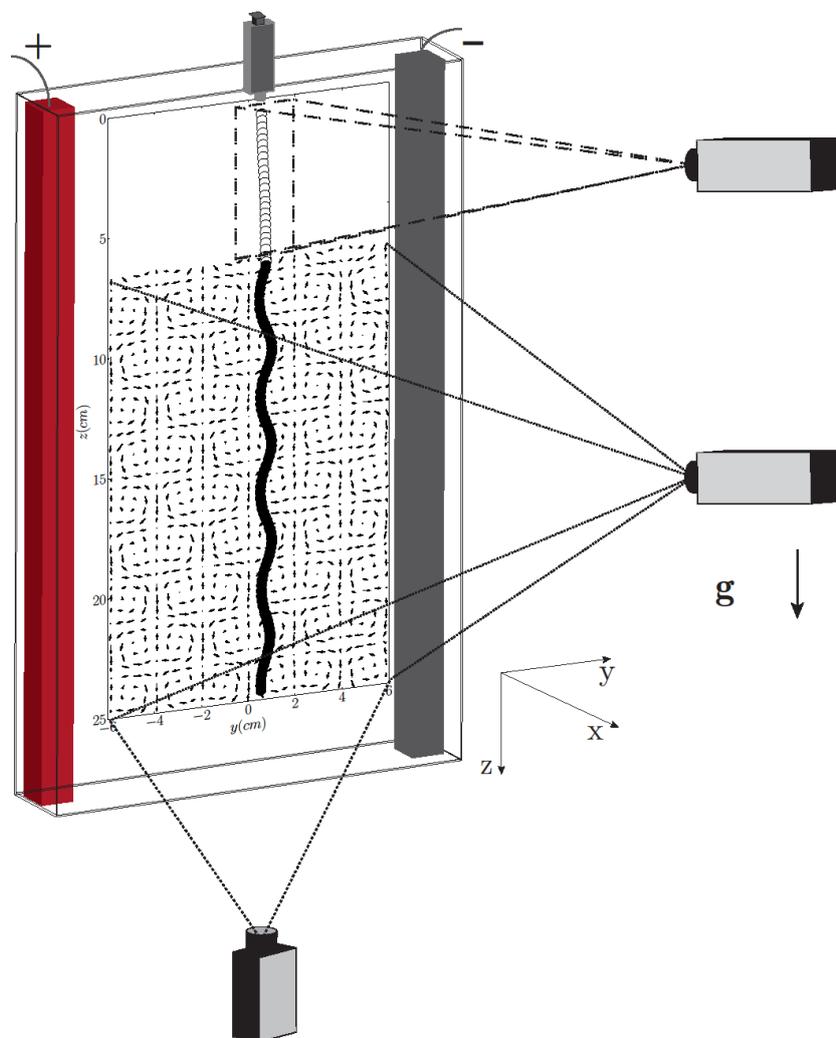


Figure 1 Schéma du dispositif expérimental

L'objectif de ce travail est de comprendre les effets collectifs entre plusieurs particules, concentrées dans un nuage, qui sédimentent sous l'effet de la gravité dans un écoulement. Pour cela, nous avons mis en place un dispositif expérimental (Figure 1) qui nous permet de générer par électro-convection dans un mélange visqueux, un écoulement tourbillonnaire stationnaire, contrôlé et caractérisé par techniques de PIV (Particle Image Velocimetry). À l'aide d'un pousse-seringue, le nuage de particules est introduit dans un réseau de vortex (Figure 2). Grâce à trois caméras, nous pouvons suivre la trajectoire du nuage lors de sa chute et obtenir les coordonnées de notre objet à chaque instant dans les trois directions de l'espace (x,y,z).

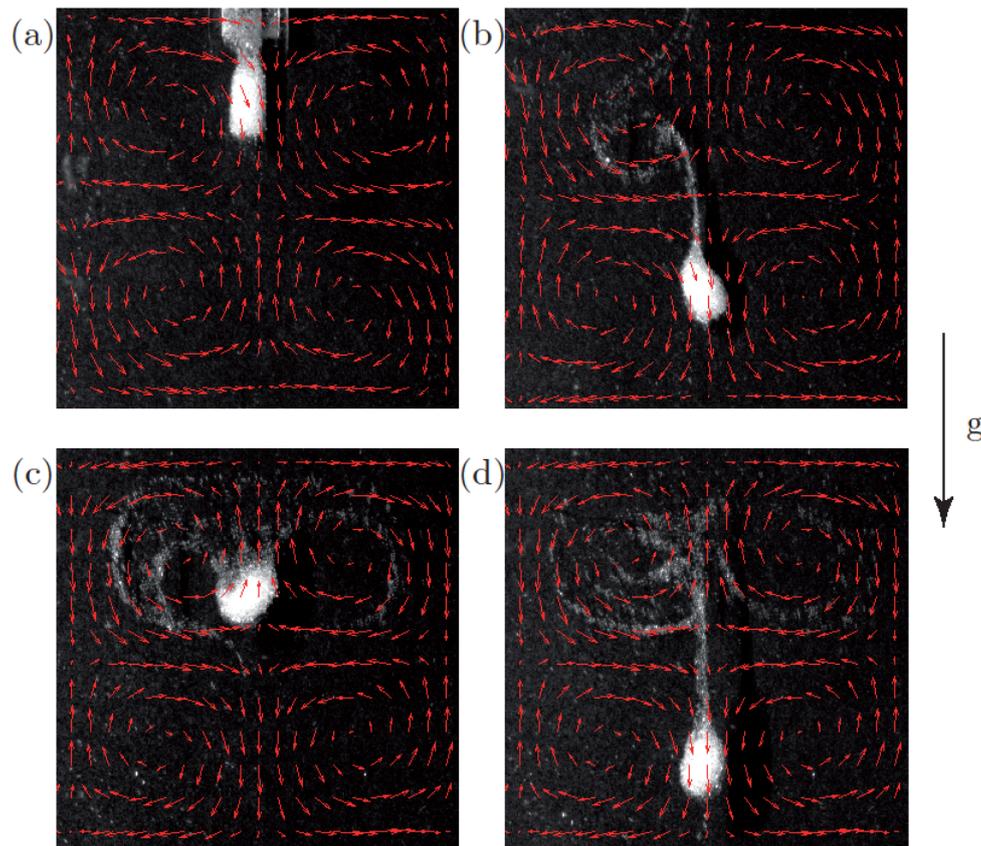


Figure 2 (De gauche à droite et de haut en bas) Snapshots de la sédimentation d'un nuage de particule au travers de plusieurs vortex de taille  $L=2\text{cm}$ . En rouge est représenté le champ de vitesses obtenu par PIV. Le Reynolds associé à l'écoulement est  $Re_f = 10.4$ . (a) Position initiale d'un lâcher de suspension. (b) Le nuage accélère par l'écoulement. (c) Le nuage est freiné par l'écoulement dans la direction inverse de son déplacement, son rapport d'aspect augmente, il s'étire. (d) Le nuage accélère à nouveau grâce à l'écoulement qui est descendant à cet endroit.

Parallèlement à ce travail expérimental, une étude numérique a été menée afin de pouvoir comprendre quels sont les effets prépondérants qui agissent durant la sédimentation des nuages. Cette approche est basée sur des interactions entre des points-particules, de type hydrodynamique (approche appelée Stokeslet qui est valable en régime visqueux, c'est-à-dire si le Reynolds associé à une particule constituant le nuage est très petit devant l'unité,  $Re_p \ll 1$ ). Elle permet de capturer une grande partie du comportement du nuage dans la limite du régime visqueux. Cet outil nous donne ainsi la possibilité de caractériser la perturbation que le nuage occasionne sur l'écoulement et inversement (Figure 3).

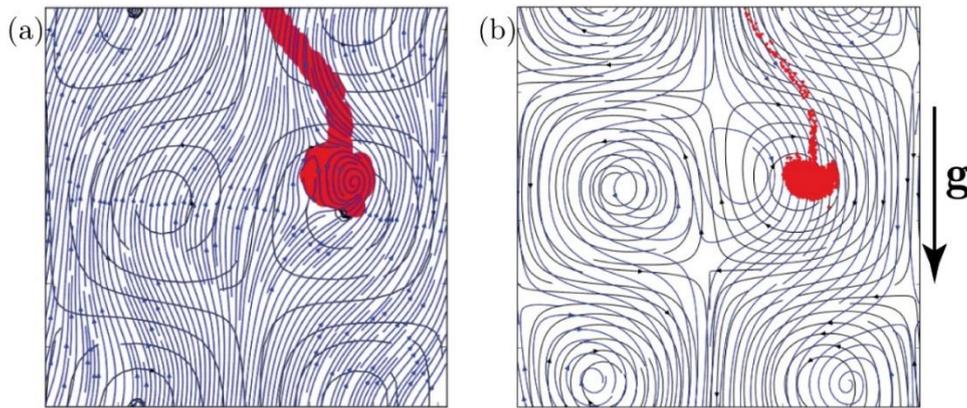


Figure 3 Résultats numériques. Images de la sédimentation d'un nuage de particules dans un réseaux de vortex. (a) Champ de vitesse dans le référentiel du nuage. On observe une recirculation des particules au sein du nuage. (b) Champ de vitesse de l'écoulement. En noir le champ de vitesse initiale et en bleu le champ de vitesse perturbé par le passage du nuage de particules. On remarque que les formes et les centres des vortex sont modifiés et déplacés.

Cette approche n'est plus valable quand le nombre de Reynolds associé aux particules est de l'ordre de l'unité. Dans ce cas-là, on utilise une autre méthode (appelée Oseenlet) basée aussi sur des interactions entre des points-particules de type hydrodynamique. On introduit dans ce modèle une longueur nommée longueur d'inertie qui délimite une région circulaire dont le rayon est cette longueur. À l'intérieur de cette zone nous avons un comportement identique à l'approche Stokeslet et au-delà un comportement très différent.

#### Sédimentation de fibres flexibles dans un fluide visqueux au repos

En collaboration avec C. Duprat et V. Raspa (LadHyX, Paris), O. du Roure et A. Lindner (PPMH, Paris)

Cette étude expérimentale a pour but d'apporter une contribution à la compréhension du comportement d'un objet flexible qui sédimente dans un fluide visqueux au repos. À l'aide d'un dispositif expérimental simple (Figure 4) nous avons fait sédimer des fibres flexibles (plusieurs gammes de module d'Young et de rapport d'aspect) dans des mélanges visqueux (entre 300 et 1000 fois l'eau).

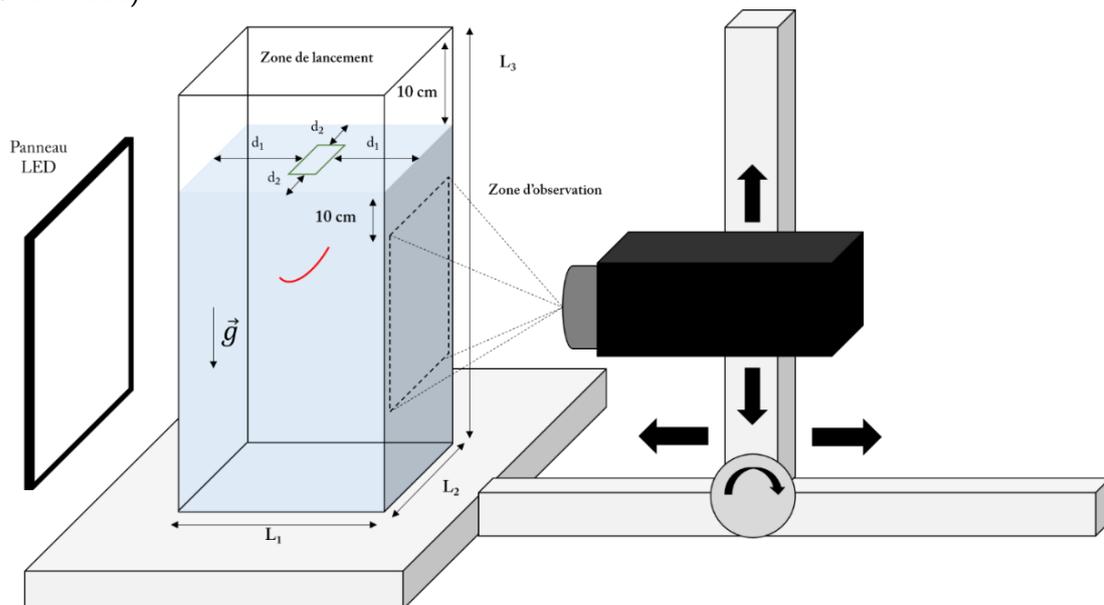


Figure 4 Dispositif expérimental

Nous nous sommes intéressés à la déformation d'une fibre flexible et sa conséquence sur son comportement mais aussi sur la dynamique de cette déformation. Nous avons étudié l'importance d'un paramètre sans dimension,  $\mathcal{B}$ , le nombre elasto-gravitationnel, qui compare les forces gravitationnelles et les forces élastiques. Selon la valeur de ce nombre la fibre va adopter une forme en « U » plus ou moins prononcée (Figure 5). Cette forme, caractérisée par une amplitude de déflexion, va modifier la force de traînée sur la fibre et ainsi modifier la vitesse de chute.

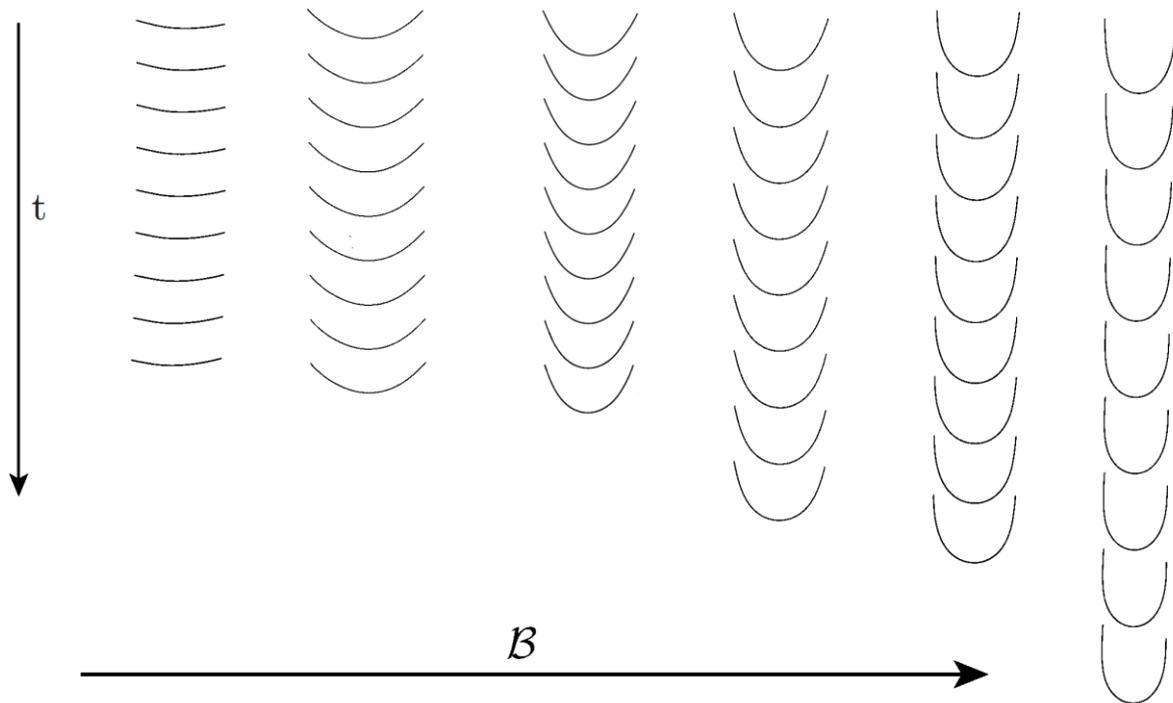


Figure 5 Chronophotographies expérimentales de fibres flexibles sédimentant dans un fluide visqueux au repos en état stationnaire pour différentes valeurs de  $\mathcal{B}$ . Le temps entre chaque photo est constant. La distance parcourue différente indique une différence de la vitesse de chute.

Ces expériences ont été comparées avec un modèle numérique, le « bead-spring » model. Cette approche consiste à simuler des points-particules connectés entre eux par des ressorts. Elle est inspirée de travaux numériques qui ont été réalisés pour simuler des chaînes de polymères. Il reste valable uniquement en régime visqueux (ou régime de Stokes). Chaque particule va ressentir les interactions hydrodynamiques des particules voisines. En plus de ces interactions les ressorts connectant les points particules exercent des forces de flexion et d'étirement. Cet ensemble de considérations permet de capturer correctement le comportement de la fibre.

En comparant nos résultats expérimentaux et numériques, nous avons pu mettre en avant trois régimes différents (Figure 6) : un régime à faible et large déformation dans lesquels la traînée est proportionnelle à la vitesse de sédimentation de la fibre, comme attendu en régime de Stokes et comme c'est le cas pour une fibre rigide, et un régime intermédiaire de reconfiguration élastique où la fibre se déforme et adopte une forme avec une traînée qui n'est plus proportionnelle à la vitesse mais à la racine carrée de la vitesse.

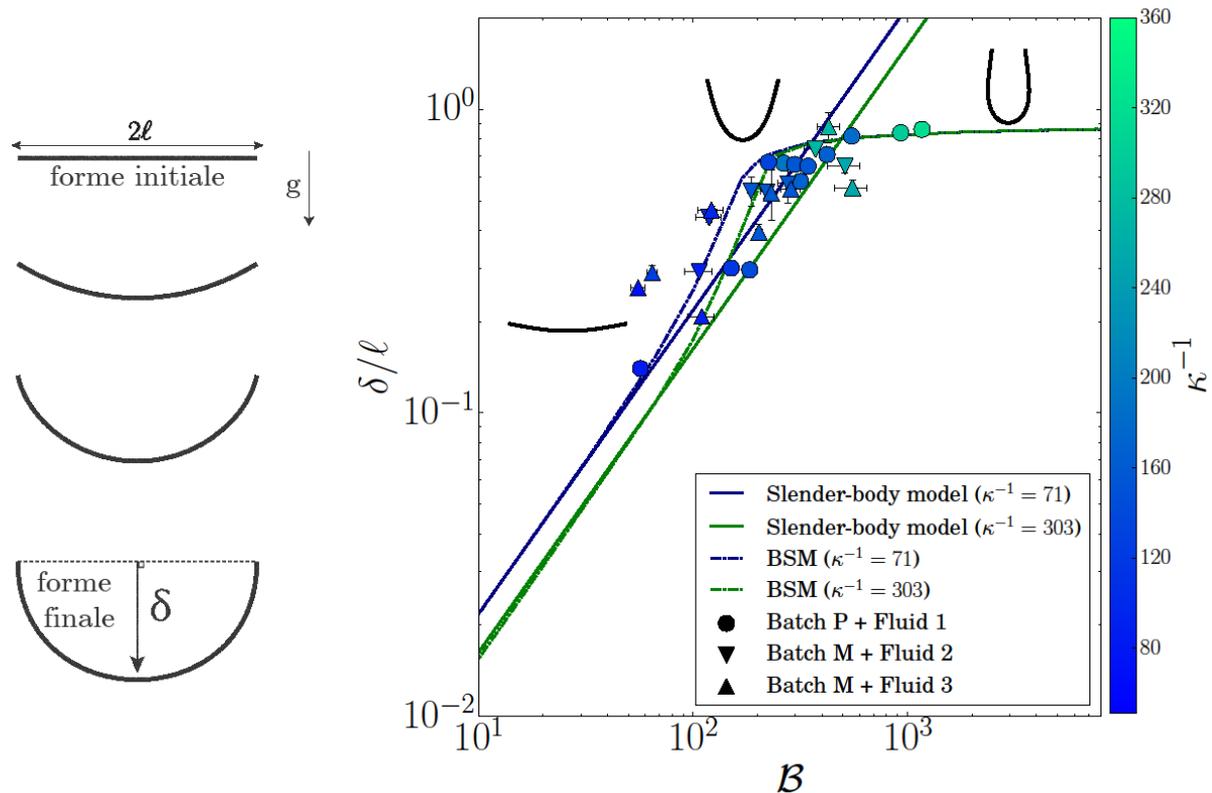


Figure 6 Amplitude de déflexion en fonction de la valeur du nombre elasto-gravitationnel. On observe trois régimes : une partie linéaire correspondant aux faibles déformations, un plateau pour les grandes déformations et un régime intermédiaire pour les déformations moyennes. Cette déformation dépend également du rapport d'aspect de la fibre  $\kappa^{-1} = \ell/a$ .

Mars - Juillet 2015

Stage de Master 2 recherche + Stage fin d'études ingénieur

Sujet : Sédimentation de nuages de particules dans un écoulement tourbillonnaire

Laboratoire IUSTI – CNRS UMR 7343, Aix-Marseille Université

Encadrantes : Laurence Bergougnoux et Élisabeth Guazzelli

Mise en place d'études préliminaires afin de préparer les expériences concernant la sédimentation de nuages de particules. Ce travail consistait à préparer différents mélanges afin d'étudier le champ de vitesse que l'on pouvait obtenir pour ce type fluide et d'étudier le comportement de particules seules puis en amas sous forme de gouttes ou nuages. J'ai également pu m'initier aux techniques de PIV et de tracking d'objets.

Juin - Aout 2014

Stage de 4<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur

Sujet : Etudes des pertes de charges des moteurs

Airbus Helicopters Marignane, France

Etudes des certifications EASA (European Aviation Safety Agency) et FAA (Federal Aviation Administration) et réalisation d'un outil de calcul des pertes de charges de moteurs afin d'avoir une estimation et comparaison des résultats.

## Autres expériences

---

Novembre 2017

Obtention d'une bourse de mobilité internationale décernée par l'école doctorale ED 353 afin de pouvoir visiter plusieurs laboratoires de recherche aux Etats-Unis. Rencontre avec Filippo Colletti et Ellen K. Longmire au département Aerospace Engineering and Mechanics de l'Université du Minnesota ; et avec Evan Variano au département Civil and Environmental engineering à l'Université de Californie, Berkeley. Ce séjour avait pour but de visiter les différents dispositifs expérimentaux et d'échanger sur nos sujets de recherche, c'est-à-dire le transport de particules dans des écoulements turbulents mais aussi sur le transport de particules dans des milieux stratifiés.

Octobre – Novembre 2016

Prise en main de l'outil numérique JADIM pour la sédimentation de particules dans un réseau de vortex sous la direction d'Eric Climent à l'IMFT Toulouse. JADIM est un code de mécanique des fluides qui permet une description fine de nombreux phénomènes physiques présents dans les écoulements diphasiques incompressibles.

## Productions scientifiques

---

1. *The deformation of a flexible fiber settling in a quiescent viscous fluid* ; B. Marchetti, V. Raspa, A. Lindner, O. du Roure, L. Bergougnoux, É. Guazzelli, and C. Duprat, *Physical Review Fluids* 2018.
2. *The falling clouds of particles in vortical flows* ; B. Marchetti, L. Bergougnoux, and É. Guazzelli, *Journal of Fluid Mechanics* 2021.

## Communications

---

Conférences internationales

- November 2017 *The motion of a cloud of solid spherical particles falling in a cellular flow field at low Stokes number*; B. Marchetti, L. Bergougnoux, and É. Guazzelli; APS Division of Fluid Dynamics 2017; Denver, U.S.A
- May 2016 *The motion of a cloud of solid spherical particles falling in a cellular flow field at low Stokes number*; B. Marchetti, L. Bergougnoux, G. Bouchet, and É. Guazzelli; ICMF 2016; Florence, Italie

## Conférences et Séminaires

- December 2017 *Sedimentation of a flexible fiber in a quiescent viscous fluid*; B. Marchetti, V. Raspa, A. Lindner, O. du Roure, L. Bergougnoux, É. Guazzelli, and C. Duprat; GdR MéPhy Fibres et milieux fibreux; Paris, France.
- August 2015 *Sédimentation de particules en écoulement tourbillonnaire: effets collectifs et anisotropie*; B. Marchetti, D. Lopez, L. Bergougnoux, É. Guazzelli, and G. Bouchet; CFM 2015; Lyon, France

## Workshops

- June 2016 *Sedimentation of cloud of particles in vortex flows*; B. Marchetti, É. Guazzelli, G. Bouchet, and L. Bergougnoux; Complex Motion in Fluids 2016; University of Twente, Pays-Bas
- Septembre 2017 Participation au workshop Flowing Matter; CISM (International Centre for Mechanical Sciences); Udine, Italie

## Experiences d'enseignement

---

Monitorat à Polytech Marseille – Département Mécanique et Energétique, Aix-Marseille Université (2015-2018)

TD de Mesure Pression Débit Niveau Température [18h] [2x20 étudiants]

1<sup>ère</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+3)

Contenu : Calculs des incertitudes et connaissances des outils de mesures de pressions, débits et températures.

Notions sur les incertitudes de type A et B – Incertitudes de types composées – Incertitudes élargies (facteur d'élargissement, niveau de confiance) – Méthodes des moindres carrées – Notions générales sur les instruments de mesures (fidélité, justesse, précision, sensibilité) – Mesure de température par thermocouple (effet Seebeck, effet Peltier, effet Thomson, compensation de soudure froide) – Mesure de débit (par organes déprimogènes, par mesure de vitesse, par mesure de section)

TP de Transfert thermiques [64h] [10 étudiants par séance]

1<sup>ère</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+3)

Contenu : Ces travaux pratiques avaient pour but d'appliquer les connaissances théoriques sur les différentes techniques expérimentales pour mesurer des grandeurs physiques ou observer des phénomènes physiques. J'ai encadré les travaux pratiques Mesure de température, Impact de jet, Chaleur de combustion, Mesure de débits, Détermination de  $C_p$ , Panache thermique.

Remarque : Participation à la correction des comptes rendus de TP et à correction de l'examen.

TP de Mécanique des fluides [64h] [8-10 étudiants par séance]

2<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+4)

Contenu : Ces travaux pratiques avaient pour but d'appliquer les connaissances en mécanique des fluides que les étudiants ont durant leur cours magistral. J'ai encadré les travaux pratiques Canal à surface libre, Etude d'un banc de pompes centrifuges, Etude de la transition d'un écoulement laminaire vers un écoulement turbulent et Canal à houle.

Remarque : Participation à la correction de l'examen

TP de physique [46h] [8-10 étudiants par séance]

2<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+4)

Contenu : Ces travaux pratiques avaient pour but d'apporter des connaissances générales sur plusieurs aspects de la physique. J'ai encadré les travaux pratiques Régulation de vitesse et de position d'un moteur à courant continu, Couche limite turbulente sur plaque plane, Moteur Stirling et Lit fluidisé : un système diphasique.

Remarque : Participation à la correction de l'examen

### Autres activités d'enseignement

Participation à des jurys de stage de fin d'études

3<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+5)

Contenu : Lecture et évaluation des rapports de stages des étudiants en dernière année du cycle ingénieur et participation aux jurys de soutenance de leur stage.

Participation à des jurys de projet langage C

1<sup>ère</sup> année du cycle ingénieur Polytech Marseille (BAC+3)

Contenu : Evaluation des présentations de projet en langage C. Différents projets ont été évalués : Guitar Heroes, UNO et Mario

Participation au jury du Concours C.Génial 2017 : concours ouvert aux collégiens

Evaluation et classement des projets présentés par des classes de collège pour le concours C.Génial organisé par l'éducation nationale. Le Concours C.Génial a pour objectif de promouvoir l'enseignement des sciences et des techniques dans les collèges et lycées, par la sélection de projets d'équipes réunissant les élèves et leurs enseignants. Ce concours permet aux jeunes de présenter un projet dans les domaines scientifiques et techniques.

Participation à la surveillance du concours GEIPI Polytech [80-90 étudiants]

Etudiants de terminale

Participation à la surveillance du concours GEIPI Polytech pour les étudiants souhaitant intégrés une classe préparatoire intégrée à une des écoles d'ingénieurs du réseau GEIPI.

## Compétences informatiques

---

- Langages informatiques : Python, Fortran, Visual Basic, C et LaTeX
- Environnements : Linux, Mac OS X, Windows
- Outils scientifiques : Matlab<sup>®</sup>, JADIM, ImageJ<sup>®</sup>, Paraview<sup>®</sup>, Catia<sup>®</sup>, AutoCAD<sup>®</sup>, Silverfrost<sup>®</sup>, Star-CCM+<sup>®</sup>, Anaconda<sup>®</sup>

## Compétences linguistiques

---

- Anglais : écrit et parlé (TOEIC 785, correspond au niveau B2 du CECRL)
- Italien : basique

## Références

---

Laurence Bergognoux - directrice de thèse

☎ 04 91 10 68 69

✉ laurence.bergognoux@univ-amu.fr

Élisabeth Guazzelli - co-directrice de thèse

✉ Elisabeth.Guazzelli@univ-paris-diderot.fr