

Dossier de recherche - Mise en perspective didactique

Benjamin Marchetti
Juin 2021

1. Mon parcours académique

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

2015 - 2018

Doctorat en mécanique et physique des fluides.

Sujet : Sédimentation de nuages de particules et objets flexibles

Laboratoire IUSTI – CNRS UMR 7343, Aix-Marseille Université

Financement ministériel + monitorat

Encadrantes : Laurence Bergougnoux et Élisabeth Guazzelli

Mots clés : Hydrodynamique, Sédimentation de particules, Particle Image velocimetry (PIV), Milieu diphasique, Mécanique des fluides

2014 – 2015

Master 2 Recherche : "Écoulements Diphasiques, Énergétique et Combustion"- Aix-Marseille Université

Mots clés : Écoulement dans les milieux hétérogènes, Milieux granulaires, Transferts de chaleur et de masse en milieux complexes, Diagnostique optique en mécanique des fluides, Méthodes Numériques en mécaniques des fluides, Flamme et détonations

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, Thermodynamique, Combustion, Simulation Numérique (CFD, Méthode éléments finis)

2010 - 2012

DEUG de Physique, Aix-Marseille Université

2009 – 2010

Baccalauréat Scientifique au Lycée A. Artaud (Marseille)

Publications

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. *Falling clouds of particles in vortical flows* ; B. Marchetti, L. Bergougnoux, and É. Guazzelli, *Journal of Fluid Mechanics* (2021)

Introduction

Ce dossier présente mon parcours, les principaux travaux de recherche effectués durant mon doctorat et enfin mes activités de d'enseignement que j'ai pu réaliser.

Des encadrés comme celui-ci sont présents dans ce dossier. Ils présentent des exemples de ce qui, dans mon expérience de recherche, ou dans mes formations suivies ou dispensées lors de mes études doctorales, peut être mobilisé dans le cadre des enseignements en physique-chimie que je serai amené à dispenser en tant que professeur agrégé.

Table des matières

1. Mon parcours académique	1	2.4 Valorisation des travaux	10
2. Ma thématique de recherche	2	3. Mes activités d'enseignement	11
2.1 Introduction	2	3.1 Enseignement au sein de l'Education Nationale	11
2.2 Sédimentation de nuages de particules dans un écoulement tourbillonnaire	3	3.2 Monitorat à Polytech Marseille	11
2.3 Sédimentation de fibres flexibles dans un fluide visqueux au repos	7	3.3 Autres enseignement	12
		4. Conclusion	12

2. Ma thématique de recherche

2.1 Introduction

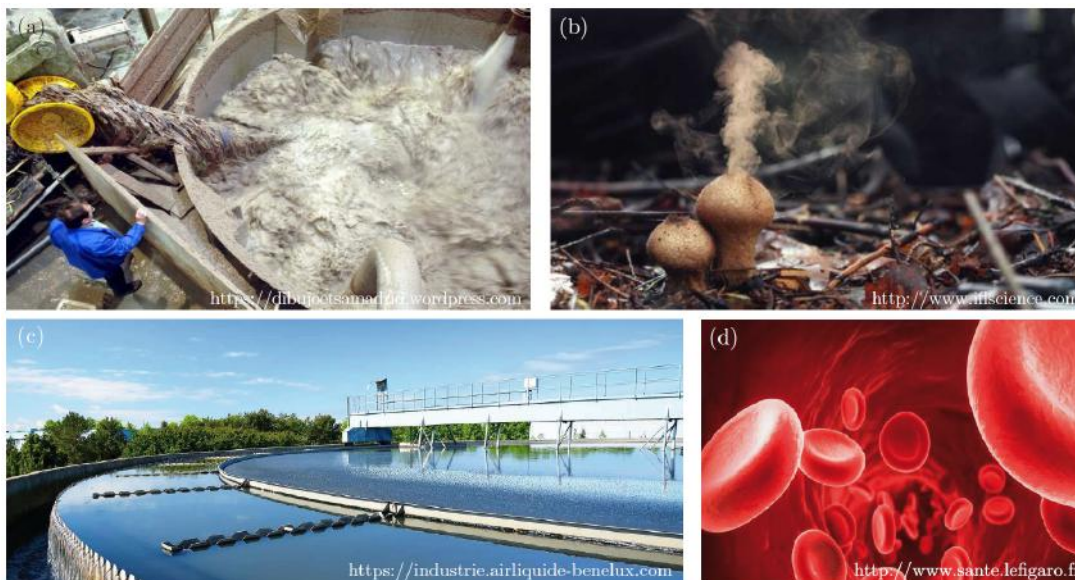


FIGURE 1 – Exemples de particules solides. (a) Morceaux de cellulose insérés dans un mélange aqueux durant le processus de fabrication de la pâte à papier ; (b) Vesse-de-loup (champignon) libérant des spores dans l'air ; (c) Station de traitement des eaux usées ; (d) Globules rouges dans le sang.

Les suspensions désignent un ensemble de particules immergées dans un fluide. Elles jouent un rôle important dans différents phénomènes naturels et procédés industriels. Dans la nature, les exemples de transports de suspensions sont nombreux : les globules rouges qui sont assimilables à de petits ellipsoïdes sont transportés dans l'ensemble des vaisseaux sanguins et jouent un rôle important dans notre organisme (figure 1 (d)). Certains champignons libèrent des spores dans la nature, quand ils sont à maturité, sous la forme de jet ou nuage de particules (figure 1 (b)). Ces spores présents en nombre dans l'atmosphère pourraient jouer un rôle primordial dans le maintien d'un environnement humide dans les forêts où vivent les champignons.

De la même façon dans les procédés industriels, les suspensions sont présentes : dans l'élaboration de plusieurs produits tels que les peintures, le béton et la pâte à papier (figure 1 (a)) où les particules de fibres de papier sont en suspension dans un mélange d'eau et de soude. Il y a aussi le traitement des eaux (figure 1 (c)) avec l'utilisation des bassins de décantation où les particules sont agrégées afin de sédimenter plus vite.

Le domaine de l'hydrodynamique a suscité un grand intérêt depuis le XIX^e siècle : les premiers travaux remarquables ont été réalisés par Stokes et concernaient le champ de vitesse autour d'une particule sphérique sédimentant dans un fluide visqueux initialement au repos. Dans ce type de régime, qu'on appelle régime de Stokes, il n'y a pas d'inertie, c'est-à-dire qu'un objet lâché sous l'effet de la gravité atteint instantanément sa vitesse finale de chute. Il a ainsi pu, en connaissant la vitesse de chute d'une sphère U_S , de taille a et de densité ρ_p ainsi que la densité du fluide ρ_f , déterminer la loi de Stokes qui peut être utilisée pour mesurer la viscosité d'un fluide. Cette technique est celle utilisée par un viscosimètre à bille et encore appliquée dans l'industrie.

Programme Première : Forces non conservatives : exemple des frottements.

Programme PCSI : Exploiter la loi d'Archimède

Programme PC : Évaluer un nombre de Reynolds pour choisir un modèle de traînée

- Illustration de la force de frottement agissant sur une particule qui sédimente dans un fluide au repos.
- Établissement du régime visqueux en fonction du Nombre de Reynolds : $Re = UL/\nu$;
- Établissement de la formule donnant la vitesse au cours du temps et de la vitesse finale (vitesse de Stokes) d'une sphère de rayon a en régime visqueux ($Re \ll 1$) en utilisant sa force de traînée et la poussée d'Archimède : $U(t) = U_S(1 - \exp(-t/\tau))$ avec $U_S = (2/9)\Delta\rho a^2 g/\eta$.

2.2 Sédimentation de nuages de particules dans un écoulement tourbillonnaire

Contexte

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 (de l'ordre de 10^3 km). Ces distances de dispersions vont dépendre de la vitesse et de la direction du vent, de la taille des objets et de leur densité. On peut aussi retrouver l'inverse : l'écoulement qu'il y a dans l'atmosphère va au contraire concentrer de nombreux objets dans des régions spécifiques tel

que les circulations de Langmuir qui provoquent des zones de convergence où vont rassembler tout ce qui flotte. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude. L'objectif est d'apporter une contribution à la compréhension des interactions qu'il peut y avoir entre des amas de particules, plus au moins concentrés, et un écoulement environnant, 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.

Programme PC : Caractérisation d'un écoulement incompressible par la divergence du champ des vitesses ; équation de Navier-Stokes ; Forces de pression

- Établissement du champ de vitesse autour d'une sphère en coordonnées cylindrique et/ou sphérique.
- Utilisation de l'équation de Navier-Stokes et comparaison des termes convectifs et diffusifs pour les relier ensuite au nombre de Reynolds.
- Évaluation du champ de pression connaissant le champ de vitesse : $\vec{\nabla} p = -\eta \text{rot} \vec{\omega}$ dans des conditions de fluide incompressible.

Dispositif expérimental

L'objectif de ce travail est de comprendre les effets collectifs de plusieurs particules, concentrées dans un nuage, qui sédimentent sous l'effet de la gravité dans un écoulement tourbillonnaire tout en minimisant les hypothèses pour nous faciliter le problème.

Pour cela nous avons mis en place un dispositif expérimental (Figure 2) qui nous permet de générer dans un mélange visqueux, un écoulement tourbillonnaire stationnaire et contrôlé par électro-convection. Nous disposons pour cela d'une cuve en Plexiglas® et sur une des deux grandes faces de la cuve un damier d'aimants est positionné, en contact avec la paroi. Deux électrodes en carbone sont placées de part et d'autre de la cuve, reliées à un générateur de courant et vont permettre le passage du courant dans le liquide remplissant la cuve. Au niveau de chaque aimant la combinaison du courant électrique avec le champ magnétique de l'aimant va donner naissance dans le fluide à une force de Laplace orientée vers le haut ou vers le bas selon la polarité de l'aimant. En cisillant alternativement le fluide vers le haut et vers le bas, on crée des vortex de taille constante. L'amplitude de cette force de Laplace est proportionnelle à l'intensité du courant électrique, et donc à la vitesse des tourbillons. Cet écoulement peut être caractérisé à l'aide de PIV (Particle image velocimetry), ce qui permet d'obtenir le champ de vitesse au sein de l'écoulement.

À l'aide d'un pousse seringue le nuage de particules est introduit dans le réseau de vortex. Grâce à trois caméras nous pouvons obtenir les coordonnées de notre objet à chaque instant dans les trois directions de l'espace (x,y,z).

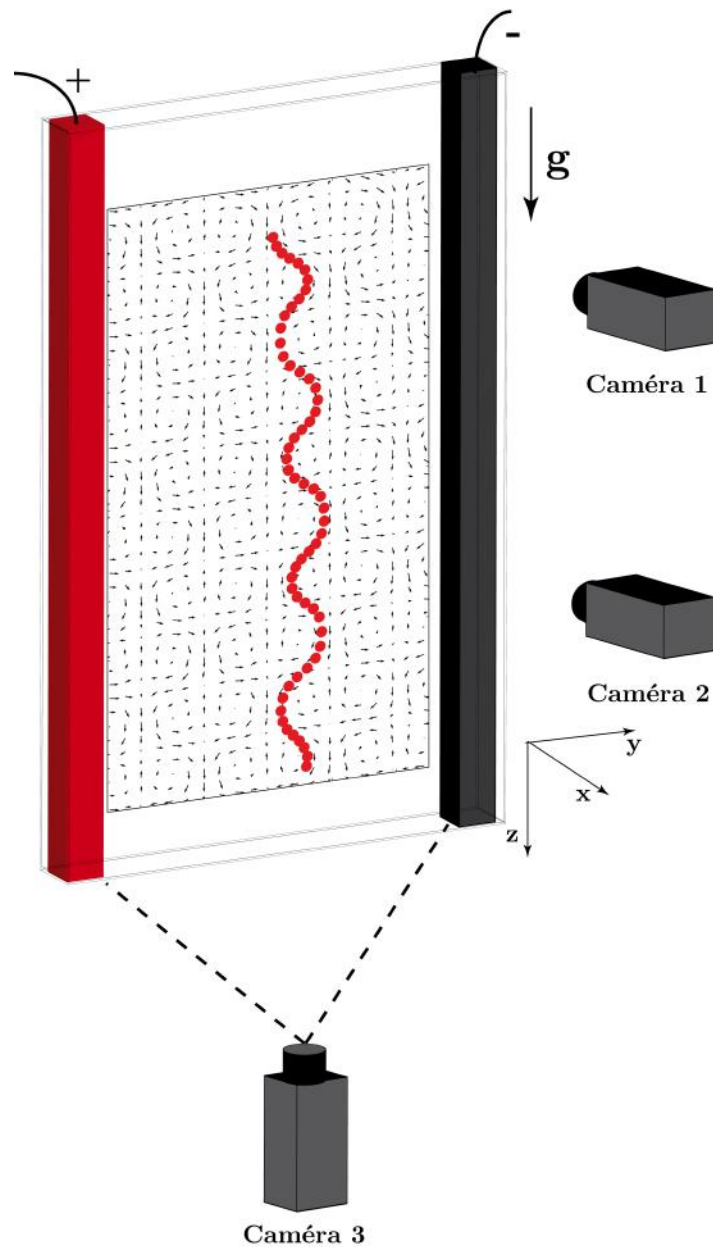


FIGURE 2 – Schéma du dispositif expérimental.

Programme Terminale : Conductimétrie

Programme PCSI : Établir et connaître l'expression de la résultante des forces de Laplace ; pouvoir évaluer avec précision donnée [...] une longueur

Programme PC : Conductivité électrique ; définir et utiliser l'approche eulérienne ; illustrer sur des exemples simples la signification qualitative du vecteur tourbillon

- Mesurer la conductimétrie σ du mélange en fonction de sa composition et voir l'influence de σ sur la vitesse de l'écoulement.
- Force de Laplace qui est la force volumique exercée sur le liquide : $\vec{F}_L = \vec{j} \wedge \vec{B}$ avec \vec{j} la densité volumique de courant qui circule dans le liquide et \vec{B} est le champ magnétique créé par l'aimant.
- Mesure des tailles de particules pour pouvoir calculer une valeur moyenne avec un intervalle de confiance
- Conductivité dans un électrolyte
- Application de la description eulérienne via la PIV

Résultats

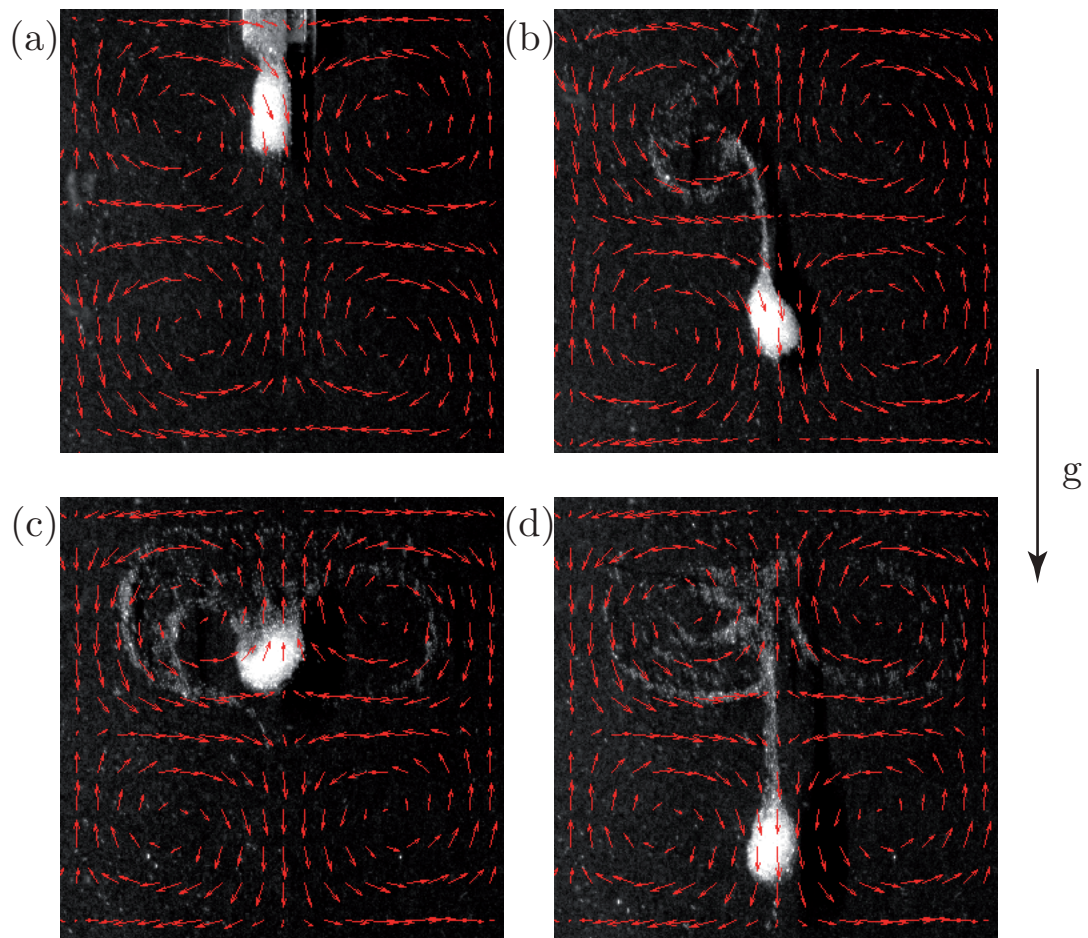


FIGURE 3 – (De gauche à droite et de haut en bas) Snapshots de la sédimentation d'un nuage de particule au travers de plusieurs vortex. En rouge est représenté le champ de vitesses obtenu par PIV. (a) Position initiale d'un lâcher de suspension. (b) Le nuage se meut à l'intérieur des vortex du fait qu'il interagit avec l'écoulement. (c) On peut observer que le nuage subit un écoulement dans la direction inverse de son déplacement, il freine et son rapport d'aspect augmente, il s'étire. (d) Le nuage accélère grâce à l'écoulement qui est descendant à cet endroit.

Grâce au dispositif, nous avons pu étudier de façon expérimentale le comportement du nuage de particules en terme de trajectoire et d'interaction avec l'écoulement comme le montre la figure 3.

Parallèlement à ce travail expérimental, une étude numérique, à l'aide du langage python, a été effectuée. Cette approche, appelé Stokeslet, est basée sur des interactions entre des points particules de type hydrodynamique. Elle est valable en régime visqueux, c'est-à-dire si le Reynolds associé à chaque particule constituant le nuage est très petit devant l'unité $Re \ll 1$. Elle permet de capturer une grande partie du comportement du nuage dans la limite du régime visqueux : perte en particules du nuage au cours de sa chute, rapport d'aspect au cours du temps et temps de brisure. Cet outil nous donne ainsi la possibilité d'avoir une idée sur l'influence de la suspension sur l'écoulement et inversement (Figure 4). 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 sur des interactions,

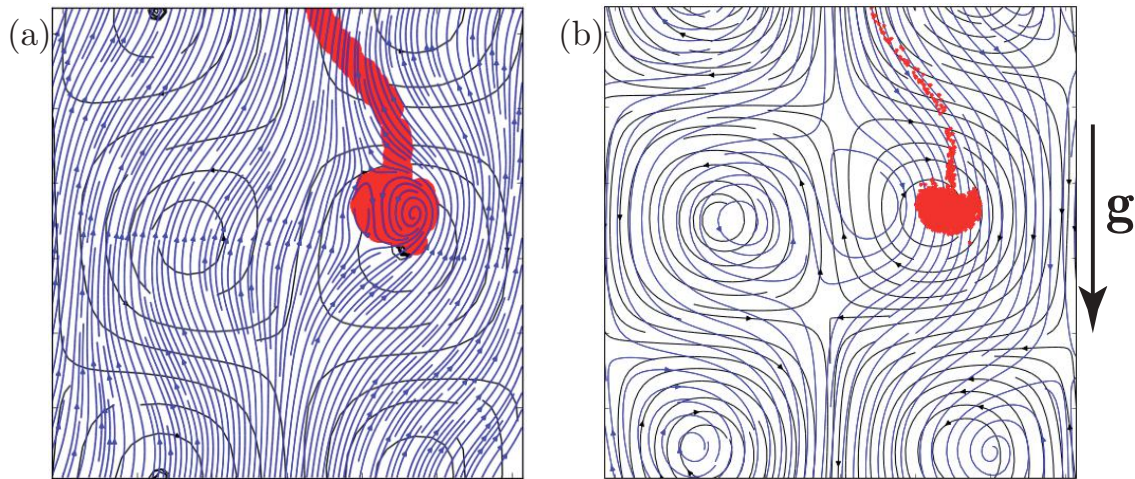


FIGURE 4 – Résultats numériques. Images de la sédimentation d'un nuage de particules dans un réseaux de vortex. (a) Champ de vitesse dans le référentiel du nuage. On observe une recirculation circulaire des particules au sein du nuage. (b) Champ de vitesse de l'écoulement. En noir le champ de vitesse initial 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.

entre des points-particules, de type hydrodynamique mais en introduisant une longueur, nommée longueur d'inertie, qui délimite une région dans laquelle nous avons un comportement identique à l'approche Stokeslet et un tout autre en dehors de cette zone.

Programme Lycée : Caractéristiques d'une image numérique : pixellisation, codage RVB et niveaux de gris ; Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération.

Programme PCSI : Analyser une image numérique ; mesurer une accélération ; visualiser et décomposer un mouvement.

- Principe de construction d'image issus de simulation numérique - Principe de détection des pertes en particules du nuage en analysant les pixels de l'image.
- Analyser une image issue d'expérience ou créée numériquement pour décrire le mouvement du nuage de particules et déduire des paramètres mesurables (pertes, rapport d'aspect...) au cours du temps à l'aide d'un logiciel adapté et les interpréter.
- Programmation python pour procéder aux calculs numériques, aux mesures et à la présentation des résultats.

2.3 Sédimentation de fibres flexibles dans un fluide visqueux au repos

Contexte

Le mouvement d'un objet flexible dans un fluide visqueux est d'une importance fondamentale dans différents domaines comme celui concernant les bio polymères (ADN ou filament actif), ou dans l'industrie du papier et du textile.

Quand un objet flexible est soumis à un écoulement ou à des forces extérieures comme la gravité, la compétition entre les forces élastiques propre à l'objet déformable et les forces hydrodynamiques peuvent parfois conduire à une déformation et un mouvement complexe avec 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 deux entre la force de traînée pour un cylindre rigide qui sédimente verticalement par rapport à la gravité et cette même force pour un cylindre rigide qui sédimente horizontalement par rapport à la gravité.

Dispositif expérimental

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. A l'aide d'un dispositif expérimental simple (Figure 5) 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 plus visqueux que l'eau). Un banc expérimental annexe a été mis en place pour la mesure de module d'Young de fibres.

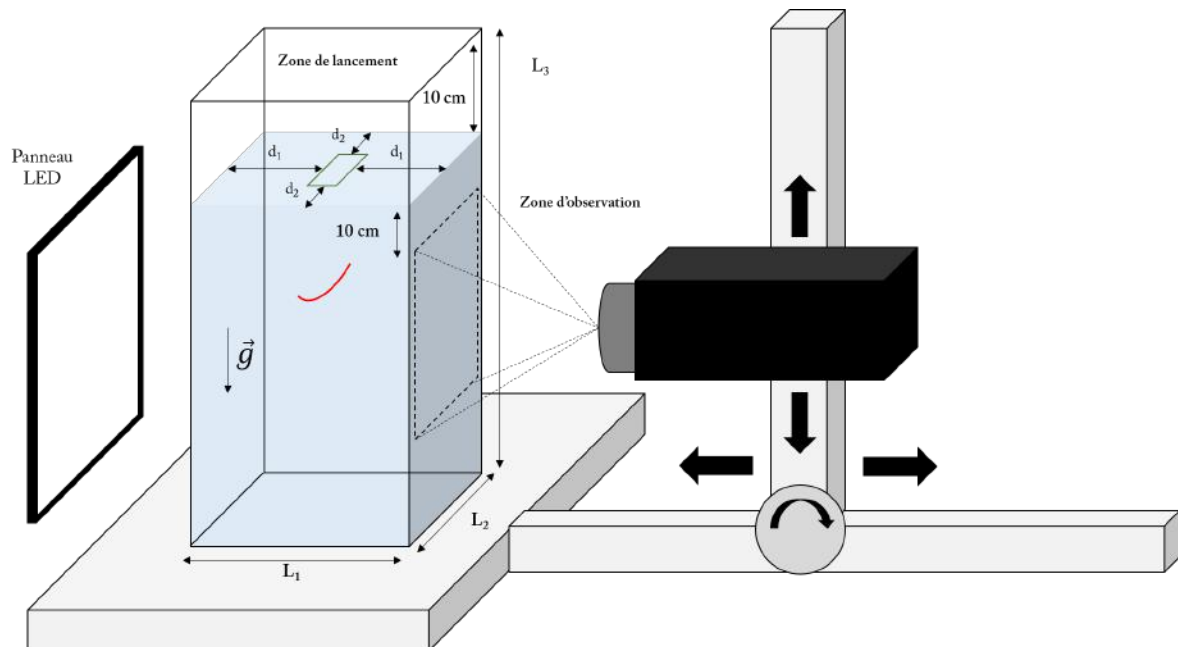


FIGURE 5 – Schéma du dispositif expérimental.

Programme 1er : Connaître diverses formes d'énergie

Programme PCSI : Pouvoir évaluer avec précision donnée [...] une longueur

Programme PC : Modèle microscopique de solide élastique (chaîne d'atomes élastiquement liées) : loi de Hooke

- Présentation de l'énergie potentiel élastique de la fibre $E = (1/2)kx^2$ avec son coefficient de raideur $k = SE/L$.
- Mesure des caractéristiques géométriques et mécaniques des fibres en définissant une valeur moyenne avec un intervalle de confiance.
- Modèle ressort pour un solide appliqué à la fibre.
- Module d'Young $E = \sigma(\varepsilon)/\varepsilon$, avec $\varepsilon = \Delta L/L_0$ de chaque fibre et voir ce qui peut modifier sa valeur selon le processus de fabrication.
- Méthode de mesure du module d'Young.

Résultat

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 6). Cette forme, caractérisée par une amplitude de déflexion, va faire varier la force de traînée de la fibre en fonction de l'intensité de cette déformation.

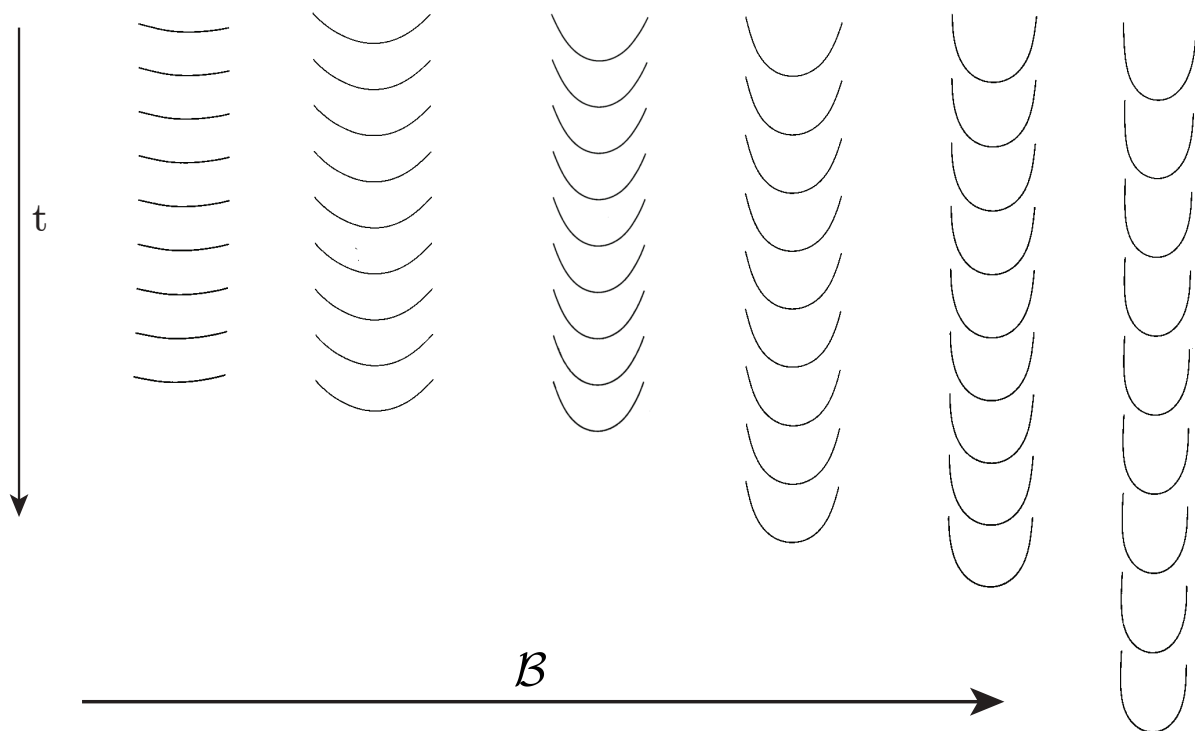


FIGURE 6 – Chronophotographies expérimentales de fibres flexibles sédimentant dans un fluide visqueux au repos en état stationnaire pour différentes valeurs de \mathcal{B} . Le temps entre chaque photo est constant. La différence de la distance parcourue indique une différence sur la vitesse de chute.

Ces expériences ont été comparées avec un modèle numérique, codé en python, le « bead-spring » model. Cette approche consiste à simuler des points-particules connectés entre eux par des ressorts (Figure 7). Elle est inspirée de travaux numériques qui ont été réalisés pour simuler des chaînes de polymères. Ce modèle reste valable uniquement en régime visqueux (ou régime de Stokes). Chaque particule va ressentir les interactions hydrodynamiques des particules voisines qui se combine à plusieurs forces telles que la gravité et les 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 :

- Deux régimes 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 ;
- 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.

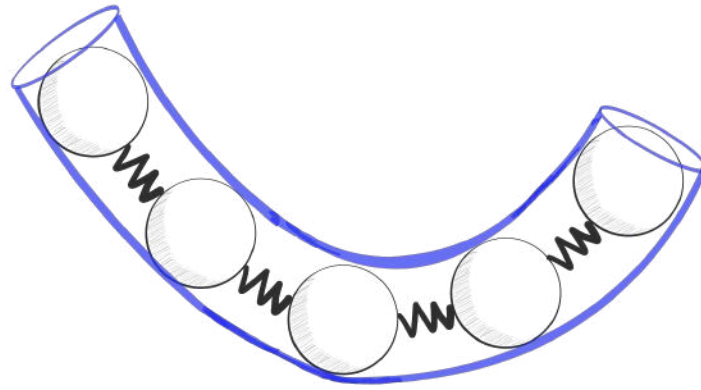


FIGURE 7 – Schéma du principe du "bead-spring" model

Programme Lycée : Caractéristiques d'une image numérique : pixellisation, codage RVB et niveaux de gris ; Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération ; Forces non conservatives : exemple des frottements.

Programme PCSI : Analyser une image numérique ; mesurer une accélération ; visualiser et décomposer un mouvement.

Programme PC : Évaluer un nombre de Reynolds pour choisir un modèle de traînée

- Analyser une image issue d'expérience ou créée numériquement pour décrire le mouvement de la fibre flexible et déduire des paramètres mesurables (position et déformation) au cours du temps à l'aide d'un logiciel adapté et les interpréter ;
- Programmation python pour procéder aux calculs numériques, aux mesures et à la présentation des résultats.
- Introduction de la force de frottement agissant sur la fibre flexible et présentation du coefficient de traînée en fonction de la géométrie, vitesse et régime d'écoulement pour la fibre : introduction à la traînée d'objet non sphérique.

2.4 Valorisation des travaux

J'ai présenté plusieurs fois mes travaux sous la forme de "talks" lors de conférences et visites chez des collaborateurs, au niveau national et international. Ces présentations m'ont permis de promouvoir et de valoriser mes travaux, mais aussi de me perfectionner dans la présentation orale de mes recherches devant un public.

Programme Lycée : Mesure et incertitude

Programme PCSI : Présentation d'un résultat expérimental ; notion d'incertitude ; acceptabilité du résultat et analyse du mesurage.

Programme PC : Outils mathématiques pour l'analyse vectorielle

- Pour l'ensemble de cette partie présenter les incertitudes de ces mesures et l'intervalle de confiance liée à ces résultats.
- Pour l'ensemble de cette partie présenter l'utilité des outils mathématiques pour caractériser notre système et résoudre notre problématique.
- Présentation du théorème de Π pour introduire la construction de nombre adimensionné judicieux qui permette de décrire notre système (Re ou B dans notre cas par exemple).
- Utilisation du langage python pour faire des calculs ou présenter des résultats.

3. Mes activités d'enseignement

3.1 Enseignement au sein de l'Education Nationale

Depuis mon entrée dans l'éducation nationale en 2018, j'ai enseigné à différentes classes :

- 2019 - 2020 : Enseignement des mathématiques à des élèves de seconde et première professionnelle (secteur tertiaire) ;
- 2020 - 2021 : Enseignement de la physique-chimie à des secondes GT et premières technologique ainsi que des sciences numériques et technologie à des classes de seconde.

3.2 Monitorat à Polytech Marseille

Durant mon doctorat à Aix-Marseille Université j'ai pu pratiquer des enseignements touchant différents domaines de la physique dans le département Mécanique et Énergétique de l'école d'ingénieur universitaire Polytech Marseille.

Travaux dirigés de métrologie

J'ai encadré des travaux dirigés pendant 18h dans des classes de 20 étudiants de première année du cycle ingénieur. Le but de cette matière était d'aborder les notions sur les incertitudes et prendre connaissance des outils de mesures de pressions, débits et températures. Dans ce contexte j'ai présenté des notions sur les incertitudes de type A et B, les incertitudes de types composées et élargies, des notions générales sur les instruments de mesures (fidélité, justesse, précision, sensibilité), des connaissances sur les thermocouples (effet Seebeck, effet Peltier, effet Thomson, compensation de soudure froide) et des notions de mesure de débit (par organes déprimogènes, par mesure de vitesse, par mesure de section).

Travaux pratique de transferts thermiques

J'ai encadré des travaux dirigés pendant 64h dans des classes de 10 étudiants de première année du cycle ingénieur. 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 qui consistaient dans la mesure de température, l'étude d'impacts de jet, la mesure de chaleur de combustion, la mesure de débits, la détermination de capacité calorifique et l'observation d'instabilité générée par effet Joule.

Travaux pratique de mécanique des fluides

J'ai encadré des travaux dirigés pendant 64h dans des classes de 10 étudiants de seconde année du cycle ingénieur. Ces travaux pratiques avaient pour but d'appliquer les connaissances en mécanique des fluides acquises par les étudiants en cours magistral. J'ai encadré les travaux pratiques dont l'objectif étaient l'étude de la propagation d'ondes de surface dans un canal à houle, à l'étude d'un écoulement à surface libre (régime fluvial ou torrentiel), l'étude de la transition d'un écoulement laminaire vers un écoulement turbulent et enfin l'étude d'un banc de pompe centrifuge (caractérisation des pompes selon le débit et la puissance électrique).

Travaux pratique de physique

J'ai encadré des travaux dirigés pendant 46h dans des classes de 10 étudiants de seconde année du cycle ingénieur. Ces travaux pratiques avaient pour but d'apporter des connaissances

générales sur plusieurs aspects de la physique. J'ai encadré les travaux pratiques concernant l'étude de la régulation de vitesse et de position d'un moteur à courant continu, la mesure de couche limite turbulente sur plaque plane, l'étude du fonctionnement du moteur Stirling et enfin l'étude d'un lit fluidisé (système diphasique).

Pour toutes ces activités d'enseignement j'ai participé à la surveillance et la correction des examens et des compte rendus de travaux pratiques.

Ces activités d'enseignement, faisant partie de mon contrat doctoral, m'ont permis d'obtenir en 2019 la qualification aux fonctions de maître de conférence dans la section 60 (Mécanique, génie mécanique, génie civil).

3.3 Autres enseignement

Polytech Marseille

En dehors du cadre de mon doctorat j'ai participé à d'autres activités pédagogiques au sein du département Mécanique et Énergétique à Polytech Marseille :

- Participation à des jurys de stage de fin d'études pour les étudiants de troisième année du cycle ingénieur à travers la lecture, l'évaluation de leur rapport de stage et de leur présentation orale devant le jury de soutenance.
- Participation à des jurys de projets de langage C concernant les étudiants de première année du cycle ingénieur à travers la présentation orale et l'évaluation de projets dans le cadre de l'enseignement du langage C.

Concours C.Génial 2017

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, organisé par l'Éducation Nationale, permet aux jeunes étudiants de présenter un projet dans les domaines scientifiques et techniques.

J'ai participé à la discussion avec les élèves autour des projets engagés que nous avons ensuite évalués et classés.

4. Conclusion

Mes activités de recherche m'ont permis de comprendre et d'adopter une démarche scientifique rigoureuse, qualité indispensable pour un enseignement réussi des sciences. J'ai acquis de l'autonomie, une capacité d'organisation et des aptitudes de travail en équipes. Ces compétences me serviront dans l'exercice du métier d'enseignant. Mon expérience dans le domaine de la mécanique des fluides, de la programmation informatique, et de la communication sera très utile tout au long de ma carrière de professeur de physique-chimie. Il me sera possible de contextualiser en prenant appui sur la mécanique des fluides et de dynamiser mes cours grâce à l'outil informatique. Lors de mon activité, en tant que professeur de physique-chimie et moniteur j'ai été confronté à la réalité du terrain. En effet l'approche de stratégie différente pour gérer une classe, la réflexion autour des mises en situations d'apprentissage adéquates, l'adaptation à des publics de niveaux différents, la sensibilisation à l'évaluation de projets représentent autant de situations enrichissantes pour le métier d'enseignant.