

Etude de la chute d'une graine d'érable, la samare.

Le fruit de l'érable, la samare, a évolué au fil du temps jusqu'à avoir une structure ailée lui permettant, lors de sa chute, de se mouvoir à une certaine distance de l'arbre d'origine. Cette structure performante possède des propriétés aérodynamiques telles qu'elle a notamment inspiré la conception de l'hélicoptère.

Dans ce contexte, on abordera l'interaction de la graine avec l'air en étudiant l'influence de différents paramètres sur les forces auxquelles sont soumises les samares. L'interface entre la graine et l'air sera analysée au travers d'expériences et replacée dans un contexte théorique de mécanique des fluides.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- BEZ Fabien

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Portance</i>	<i>Lift</i>
<i>Trainée</i>	<i>Drag</i>
<i>Durée de vol</i>	<i>Flight time</i>
<i>Progrès naturel</i>	<i>Natural progress</i>
<i>Mécanique des fluides</i>	<i>Fluid mechanics</i>

Bibliographie commentée

Les inventions humaines ont souvent été inspirées de phénomènes ou d'éléments naturels aux propriétés surprenantes. La samare, fruit de l'érable, fait partie de ces objets fascinants [1].

En effet, afin de faciliter sa reproduction, l'érable produit des fruits aux formes assez particulières qui peuvent tomber à des distances très variées afin de favoriser la propagation et maximiser ainsi les chances et le nombre de germination. De part sa forme semblable à une aile d'hélicoptère, cette graine acquiert lors de sa chute, un mouvement de rotation autour d'elle même, lui permettant de ralentir considérablement sa vitesse de chute. De ce fait, elle peut alors profiter du vent durant sa

chute et se propager à une plus grande distance de l'arbre dont elle est issue [2].

Il existe différentes espèces d'érable et différentes graines selon les régions, mais toutes présentent la même forme hélicoïdale qui font leur spécificité et intérêt. Pour de simples raisons géographiques nous nous sommes intéressés aux graines de l'érable de Montpellier.

Le vol des samares se découpe en deux parties distinctes, une première transitoire suivit d'un régime permanent. Beaucoup moins chaotique et aléatoire que le régime transitoire [3] c'est le régime permanent auquel nous nous intéresserons.

Nos premiers résultats expérimentaux nous ont amenés à faire évoluer le dispositif imaginé au départ.

Au final, nous avons développé un montage permettant de suivre l'évolution d'un maximum de paramètres et ce, à tout instant du vol afin de déterminer leurs impacts respectifs. Ce montage repose sur l'utilisation d'un miroir plan d'inclinaison fixe placé sous le vol de la samare nous donnant accès à un second point de vue du mouvement [4]. De cette manière, il a été possible de relever tous les facteurs qui nous intéressaient, à savoir la vitesse de rotation (permise par le miroir), la vitesse de chute dont est déduite l'accélération, l'angle d'attaque ainsi que la surface projetée. Nous avons ensuite exploité les résultats à l'aide des logiciels 'tracker' et 'regressi' et ce, pour toute une population de samares numérotées dont les caractéristiques (poids, surface) étaient connues.

Dans la phase de valorisation des observations il est apparu que de nombreuses notions essentiellement issues de la mécanique des fluides [5][6] et du solide rentraient en jeu pour modéliser le vol des samares. Nous avons donc dû faire des approximations afin de simplifier le modèle et ainsi étudier les influences respectives des différents facteurs considérés comme importants.

Problématique retenue

Quels sont les paramètres influençant significativement le vol des samares ? Comment optimiser l'efficacité aérodynamique de ces graines et leur propagation dans un milieu hétérogène pour optimiser leurs chances de germination ?

Objectifs du TIPE du candidat

Ce TIPE aura donc pour objectif:

- 1- La détermination des coefficients de portance et de trainée des samares en fonction de leurs caractéristiques physiques.
- 2- Une étude plus théorique du mouvement à l'aide d'un programme informatique.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Plusieurs objectifs au long de ce TIPE:

- Mettre au point un dispositif d'étude et de mesure directe des différents paramètres influençant la durée de vol d'une samare.

- Caractériser "l'efficacité" des différentes graines grâce à des grandeurs telles que les coefficients de traînée (C_x) et de portance (C_z).
- Compléter cette étude expérimentale par une modélisation informatique permettant une visualisation plus complète du phénomène.

Abstract

With the aim of expanding itself the maple tree adapted its seeds into a kind of a wing which permits to slow their fall and increases their capacity to reach new spaces by increasing influence of wind on them. This flight starts with a first random part followed by a steady helicoidal movement which we studied across different experiences. First, a study of a free-fall with seeds of different characteristics. Then, one focused on the importance of the surface of the wing and a last one measuring the efficiency of the seeds subject to a wind stream.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] YVES PAPIN, JEAN-MICHEL COUNTRY ET EDOUARD KIERLIK : Le gyroptère, cousin oublié de l'hélicoptère : *Pour la science* (Numéro 389) , Mars 2010 en p. 80-86
- [2] ZOOM NATURE : Les samares des érables, des autogires très performants : <https://www.zoom-nature.fr/les-samares-des-erables-des-autogires-tres-performants/>
- [3] A.ANDERSEN, U.PESAVENTO, ET Z.JANE WANG : Unsteady aerodynamics of fluttering and tumbling plates : *Journal of Fluid Mechanics*
- [4] K.VARSHNEY, C.CHANG, ET Z.J. WANG : The kinematics of falling maple seeds and the initial transition to a helical motion : *Nonlinearity*. 25, C1-C8 (2012)
- [5] R.COMOLET : Mécanique expérimentale des fluides : *Chapitre X. -Aérodynamique de l'avion*
- [6] G.BRUHAT COMPLÉTÉ PAR A.FOCH : Cours de physique générale, Mécanique :

DOT

- [1] *En Janvier, après quelques tentatives non exploitables, détermination du montage adéquat et de l'utilisation du miroir pour réaliser notre première expérience*
- [2] *Mise en œuvre d'une seconde expérience importante à l'aide d'une balance afin de simplifier les calculs dans l'exploitation de la première expérience*
- [3] *Après quelques difficultés rencontrées sur un logiciel, prise en main du logiciel Mesurim et calculs des surfaces de nos samares, toujours dans l'optique de pouvoir exploiter notre expérience*
- [4] *Abandon de la modélisation informatique au profit d'une seconde expérience basée sur la découpe d'une samare*
- [5] *Mise en place d'une seconde expérience visant à faire varier les caractéristiques d'une graine en la découpant un peu plus après chaque acquisition du vol*
- [6] *Echec d'une expérience mettant en jeu l'impact du vent dans le vol des samares à cause d'un montage pas assez bien adapté*
- [7] *Réussite de cette même expérience grâce à un montage mieux réfléchi et mieux adapté aux dimensions du vol*

La tension superficielle appliquée à la chimie des solutions

Le rôle des tensioactifs dans la variation de tension superficielle

La tension superficielle est une grandeur qui peut varier, à pression constante, selon différentes grandeurs thermodynamiques, telles que la température ou la concentration des espèces contenues dans les fluides étudiés.

Cette grandeur physique caractérise une variation énergétique à l'interface de deux fluides et provient d'interactions moléculaires au niveau de cette interface.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), CHIMIE (Chimie Théorique - Générale).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)

tension superficielle

tensioactif

micelle

bulle de savon

concentration

Mots-Clés (en anglais)

surface tension

surfactant

micelle

soap bubble

concentration

Bibliographie commentée

Préambule concernant le changement de titre : Lors de la saisie du titre au mois de janvier, ce sur quoi portait principalement les recherches était la tension superficielle. La recentrage du sujet autour des tensioactifs s'est révélé être plus approprié dans le thème "Milieux : interactions, interfaces, homogénéité, ruptures" dans ce sens où les tensioactifs se positionnent aux interfaces liquide-air dans le cas d'un contact entre une solution aqueuse avec l'air, et sont sources de ruptures dans le milieu.

Les tensioactifs sont présents dans notre quotidien depuis les années 1950. On les trouvent aujourd'hui dans les liquides vaisselle, dans les gels douches et shampoings ou de cosmétiques [1].

Cependant, ils sont utilisés depuis d'Antiquité et l'utilisation de savon à base de graisses animales ou végétales pour le lavage. On les utilise notamment en tant que détergent. En effet, les tensioactifs sont des molécules comprenant une partie hydrophile et une partie hydrophobe. Par ajout d'un tensioactif dans une solution aqueuse, la tension superficielle de la solution diminue. En cela, ils jouent un rôle crucial dans la formation des bulles de savon. Au-delà d'une certaine concentration, appelée concentration micellaire critique, la tension superficielle n'est plus

modifiée.[2] Les parties hydrophobes du tensioactif entourent alors les impuretés présentes dans la solution et forment ce que l'on appelle des micelles[3].

Ce n'est qu'au début du XXe siècle que l'Homme a synthétisé un tensioactif, à base de silicate de sodium et de perborate de sodium, permettant respectivement l'adoucissement de l'eau et l'élimination de tâches colorées[4]. Durant la deuxième guerre mondiale, période où les graisses animales et végétales se raréfient, on assiste au développement des dérivés du pétrole. Avec celui de la pétrolochimie dans les années 1950, des espèces à longues chaînes hydrocarbonées apparaissent. Certains, comme le dodécylsulfate d'ammonium, sont utilisés par leurs propriétés en cosmétologie [5].

Il existe différents types de tensioactifs : les cationiques, les anioniques, les non-ioniques et les amphotères [6]. Ces derniers possèdent des charges cationiques et anioniques mais ne sont pas chargés électriquement. Ils jouent le rôle de cation en milieu acide et d'anion en milieu basique. Ils n'ont été synthétisés qu'en 1981.

Problématique retenue

On cherche donc à étudier l'influence de la concentration des 4 types de tensioactifs sur la tension superficielle d'une solution aqueuse, afin d'étudier la stabilité de bulles de savon issues de solution aqueuse de tensioactifs.

Objectifs du TIPE du candidat

- 1) Comparer les effets de la concentration des tensioactifs cationiques, anioniques, non-ioniques et amphotères vis-à-vis de la tension superficielle de l'eau.
- 2) Comparer ces effets sur la stabilité des bulles de savon formées à base de solution aqueuses de tensioactifs de différents types.

Abstract

Over the past decades, scientists have been interested in the issue of soap bubble stability. For this purpose, the preliminary study of the role of surfactants in the variation of the water surface tension is essential. Nonetheless, since the bubble is not stable over time because of the air diffusion from the inside to the outside of the bubble, one of the settings one needs to take into consideration could be its permeability.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] *Académie de Nice, Les tensioactifs*, http://www.ac-nice.fr/svt/pedagogie/lycee/2de/mps/cosmetologie/fiches_pratiques/tensioactifs.pdf
- [2] *Femto Physique, la tension superficielle*, http://femto-physique.fr/mecanique_des_fluides/mecaflu_C4.php
- [3] *Tensioactifs et agrégats en solution*, Loic Kernén et Romain Cintrat, <http://physique.unice.fr/sem6/2010-2011/PagesWeb/tensioactifs/rapport/rapport.pdf>
- [4] *Histoire des détergents*, Louis Han Taï et Véronique Nardello-Rataj,

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/detergents/1-histoire/>

[5] *Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection*, Pierre Le Perchec,

http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/cheveux/loupe_familles.html

[6] DOMINIQUE LANGEVIN : Bulletin de l'Union des Physiciens, Les tensioactifs : *Juin 2005, pages 75-80*

DOT

[1] *Elaboration du protocole de mesure de tension superficielle par méthode de goutte pendante*

[2] *Application du protocole à l'eau distillée*

[3] *Mesures de tension superficielle de l'eau contenant des tensioactifs pour méthode de goutte pendante*

[4] *Mise en cohérence des valeurs théoriques et expérimentales*

[5] *Application à la stabilité de la bulle de savon*

Etude de la chute de la graine d'érable, la samare.

Le fruit de l'érable, la samare, a évolué au fil du temps jusqu'à avoir une structure ailée lui permettant, lors de sa chute, de se mouvoir à une certaine distance de l'arbre d'origine. Cette structure performante possède des propriétés aérodynamiques telles qu'elle a notamment inspiré la conception de l'hélicoptère.

Dans ce contexte, on abordera l'interaction de la graine avec l'air en étudiant l'influence de différents paramètres sur les forces auxquelles sont soumises les samares (angle d'attaque, poids, surface, forme,...). L'interface graine / air sera analysée au travers d'expériences et replacée dans un contexte théorique de mécanique des fluides.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- AYRAL Léo

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Portance</i>	<i>Lift</i>
<i>Trainée</i>	<i>Drag</i>
<i>Durée de vol</i>	<i>Flight time</i>
<i>Avancée naturelle</i>	<i>Natural progress</i>
<i>Mécanique des fluides</i>	<i>Fluids mechanic</i>

Bibliographie commentée

Les inventions humaines ont souvent été inspirées de phénomènes ou d'éléments naturels aux propriétés surprenantes. La samare, fruit de l'érable, fait partie de ces objets fascinants [1].

En effet, afin de faciliter sa reproduction, l'érable produit des fruits aux formes assez particulières qui peuvent tomber à des distances très variées afin de favoriser la propagation et maximiser ainsi les chances et le nombre de germination. De part sa forme semblable à une aile d'hélicoptère, cette graine acquiert lors de sa chute, un mouvement de rotation autour d'elle même, lui permettant de ralentir considérablement sa vitesse de chute. De ce fait, elle peut alors profiter du vent durant sa

chute et se propager à une plus grande distance de l'arbre dont elle est issue [2].

Il existe différentes espèces d'érable et différentes graines selon les régions, mais toutes présentent la même forme hélicoïdale qui font leur spécificité et intérêt. Pour de simples raisons géographiques, nous nous sommes intéressés aux graines de l'érable de Montpellier.

Le vol des samares se découpe en deux parties distinctes, une première transitoire suivie d'un régime permanent. Beaucoup moins chaotique et aléatoire que le régime transitoire [3] c'est au régime permanent que nous nous sommes intéressés.

Nos premiers résultats expérimentaux nous ont amenés à faire évoluer le dispositif imaginé au départ.

Au final, nous avons développé un montage permettant de suivre l'évolution d'un maximum de paramètres et ce, à tout instant du vol afin de déterminer leurs impacts respectifs. Ce montage repose sur l'utilisation d'un miroir plan d'inclinaison fixe placé sous le vol de la samare donnant accès à un second point de vue du mouvement [4]. De cette manière, il a été possible de relever tous les facteurs qui nous intéressaient, à savoir la vitesse de rotation (permise par le miroir), la vitesse de chute dont est déduite l'accélération, l'angle d'attaque ainsi que la surface projetée. Nous avons ensuite exploité les résultats à l'aide des logiciels 'tracker' et 'regressi' et ce, pour toute une population de samares numérotées dont les caractéristiques (poids, surface) étaient connues.

Dans la phase de valorisation des observations il est apparu que de nombreuses notions essentiellement issues de la mécanique des fluides [5,6] et du solide rentraient en jeu pour modéliser le vol des samares. Nous avons donc dû faire des approximations afin de simplifier le modèle et ainsi étudier les influences respectives des différents facteurs considérés comme importants.

Problématique retenue

Quels sont les paramètres influençant significativement le vol des samares ? Comment optimiser l'efficacité aérodynamique de ces graines et leur propagation dans un milieu hétérogène pour optimiser leurs chances de germination ?

Objectifs du TIPE du candidat

Plusieurs objectifs au long de ce TIPE:

- Mettre au point un dispositif d'étude et de mesure directe des différents paramètres influençant la durée de vol d'une samare.
- Caractériser "l'efficacité" des différentes graines grâce à des grandeurs telles que les coefficients de traînée (C_x) et de portance (C_z).
- Compléter cette étude expérimentale par une modélisation informatique permettant une visualisation plus complète du phénomène.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Ce TIPE aura donc pour objectif:

- 1- La détermination des coefficients de portance et de trainée des samares en fonction de leurs caractéristiques physiques.
- 2- Une étude plus théorique du mouvement à l'aide d'un programme informatique.

Abstract

A maple seed falls in a characteristic and steady helical motion. We started studying it through a free fall, trying to quantify the weight that the different parameters have on the flight of the wings we initially gathered. It appears with this one and another experience that the surface of these wings were important and we confirmed it into "real" condition, examining the strewing of the seeds subject to a steady air flow. Each experiences provided us conclusions on some aspect of the flight. Nethertheless, the whole process of maple's dissemination and germination would need further experiments to be complete.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] YVES PAPIN : Le gyroptère, cousin de l'hélicoptère : *pourlascience.fr*
- [2] ZOOM NATURE : Les samares des érables, des autogires très performants : <https://www.zoom-nature.fr/les-samares-des-erables-des-autogires-tres-performants/>
- [3] A. ANDERSEN, U. PESAVENTO, AND Z. JANE WANG : Unsteady aerodynamics of fluttering and tumbling plates : *Journal of Fluid Mechanics*
- [4] K. VARSHNEY, S. CHANG, AND Z. J. WANG : The kinematics of falling maple seeds and the initial transition to a helical motion : *Nonlinearity*. 25, C1-C8 (2012)
- [5] R.COMOLET : Mécanique expérimentale des fluides : *Chapitre X. -Aérodynamique de l'avion*
- [6] G.BRUHAT COMPLÉTÉ PAR A.FOCH : Cours de physique générale, Mécanique

DOT

- [1] *Réalisation d'un premier montage expérimental utilisant un miroir en s'inspirant d'une publication scientifique, K. Varshney, S. Chang, and Z. J. Wang, 2011. "The kinematics of falling maple seeds and the initial transition to a helical motion" . Nonlinearity, 25,1, C1-C8.*
- [2] *Mise en oeuvre d'une première expérience visant à déterminer l'importance relative de la force de portance par rapport aux autres forces s'appliquant sur la samare afin de simplifier les calculs.*
- [3] *Prise en main du logiciel Mesurim, détermination des surfaces de nos samares et mesure de leurs masses respectives pour référencer les caractéristiques de notre échantillonnage.*
- [4] *Abandon de la modélisation informatique au profit d'une seconde expérience visant à déterminer l'importance de la surface d'une graine en la découpant progressivement, tout en conservant sa forme initiale.*
- [5] *Echec d'une première expérience ayant pour but de mesurer l'impact du vent sur le vol de différentes samares et de mettre en lien ces résultats avec ceux obtenus précédemment lors de l'étude de la chute libre.*
- [6] *Adaptation du montage avec un flux d'air beaucoup plus diffusif et moins puissant qui a apporté des résultats cohérents qui ont cependant nécessité une exploitation probabiliste.*

Etude des interactions électromagnétiques dans un canon de Gauss

Le canon de Gauss peut être utilisé comme lanceur de satellite, les interactions magnétiques à l'intérieur du canon permettent de déplacer un objet ferromagnétique à grande vitesse. De plus cette nouvelle façon de lancer des satellites permettra de diminuer les émissions de gaz dans l'atmosphère.

Les différentes interactions électromagnétiques à l'intérieur du canon de Gauss illustrent bien le thème. En effet un projectile est soumis à un champ magnétique créé par une bobine qui va attirer puis repousser le projectile jusqu'à la rupture d'interaction entre la bobine et le projectile.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>magnétisme</i>	<i>magnetism</i>
<i>bobine</i>	<i>coil</i>
<i>condensateur</i>	<i>capacitor</i>
<i>projectile</i>	<i>projectile</i>
<i>puissance</i>	<i>power</i>

Bibliographie commentée

De nos jours le canon électromagnétique est bien trop souvent lié à son exploitation au sein de l'armée. Certes celle-ci l'utilise pour sa capacité à projeter à très grande vitesse (jusqu'à mach 5) un projectile d'une dizaine de kilogrammes afin de percer des blindages, pour autant il ne faut pas limiter son utilisation à des fins militaires. Le canon électromagnétique est avant tout un moyen efficace de propulser de lourdes charges sans rejet de particules polluantes dans l'atmosphère. Des recherches sont d'ailleurs menées dans le but de développer son exploitation dans d'autres secteurs. Le canon électromagnétique fut inventé par Kristian Birkeland en 1900. Le principe est d'utiliser les interactions magnétiques afin de créer un effet attractif puis répulsif pour propulser un projectile ferromagnétique [1].

Le canon existe sous des formes très simples, en utilisant deux billes aimantées de rayons différents, une gouttière et un aimant [2] ; mais aujourd'hui nous le trouvons sous des formes bien plus complexes. Le canon électromagnétique actuel est composé de plusieurs condensateurs assemblés en

parallèle, d'un générateur de tension continue, d'un rhéostat et d'une bobine [3]. Bien évidemment un travail théorique en amont est nécessaire pour tout montage. En effet il faut prendre en compte l'influence de chaque composant sur le champ magnétique produit, ainsi que la puissance totale créée [4]. La puissance d'un canon de Gauss est proportionnelle à la capacité des condensateurs ainsi qu'à la tension envoyée dans ces derniers. Par ailleurs il faut prendre en compte les contraintes de sécurité et matérielles : Il faut bien comprendre que ce canon n'est pas un jouet, en effet il peut être considéré comme une arme et nécessite certains aménagements lors de son utilisation. C'est pour cela que je ne chercherai pas à faire varier la tension ni la capacité totale des condensateurs.

Dans un premier temps je cherche à faire varier le nombre de spires de ma bobine, on peut aussi faire varier sa longueur afin d'obtenir un meilleur champ magnétique à l'intérieur de celle-ci. En réduisant la longueur de la bobine et en augmentant le nombre de spires par étage, on augmente la champ magnétique mais aussi la résistance de la bobine ce qui va à l'encontre de l'augmentation du champ magnétique : on doit donc trouver un compromis entre ces deux facteurs. L'épaisseur du fil de bobine est aussi un facteur important, en effet un fil fin aura tendance à chauffer plus rapidement et un fil épais limitera notre nombre de spires par étage créant ainsi un effet joule ou une trop grande résistance. Dans un deuxième temps, on cherche à améliorer l'interaction entre le projectile et la bobine, cette partie consistant à modifier la structure physique du projectile afin qu'il soit plus ferromagnétique. Le projectile pourra être un aimant créant un champ magnétique plus ou moins important, ou inclure un bobinage interne[5].

Les perspectives du canon de Gauss sont multiples puisque par exemple des recherches sont en cours sur son utilisation dans le domaine de l'aérospatial. On envisage même d'envoyer des satellites en orbite et des marchandises grâce à celui-ci.

Problématique retenue

Dans mon étude, je chercherai à réaliser un canon électromagnétique, dont je modifierai les caractéristiques des constituants lors de mes expériences. En comparant les différentes interactions produites, je chercherai à comprendre comment rendre le canon le plus efficace possible.

Objectifs du TIPE du candidat

Mon but est de mettre en œuvre un canon de Gauss et d'étudier les interactions électromagnétiques à l'intérieur de celui-ci pour en améliorer l'efficacité.

Pour cela je réaliserai différentes bobines qui me serviront dans mon étude. Pour chaque bobine je ferai varier un seul paramètre à la fois afin de pouvoir étudier l'influence de chaque composant dans la puissance du canon de Gauss. Plusieurs expériences porteront sur la structure de la bobine. Je réaliserai différents tests mesurant le champ magnétique afin d'obtenir de le rendre maximal et d'avoir ainsi une efficacité optimale.

Abstract

nowadays, the use of the coil gun allows to greatly reduce gas emissions during while getting the object into movement. Thus though my TIPE, I studied the interactions linked to the displacement of the object with an installation simulating it my experience on the relation between the speed of the object exiting the coil gun and the size of the object allowed me for better understanding on the impact on the magnetic field on ferromagnetic object. The use of different coils improve my knowledge of the system's limits.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Canon_magn%C3%A9tique
- [2] <http://phymain.unisciel.fr/un-canon-magnetique/>
- [3] <http://public.iutenligne.net/etudes-et-realisations/nardi/Coilgun/coilgun116J/index.html>
- [4] : <https://www.coilgun.info/theory/home.htm>
- [5] JOHN B.WHITEHEAD : electricity and magnetism : *chapitre 9, McGRAW-HILL BOOK compagny,inc 1939*

DOT

- [1] *[octobre] Recherche des expériences et de la théorie*
- [2] *[décembre] Fabrication du canon de Gauss*
- [3] *[janvier] Mise en fonction du montage*
- [4] *[janvier] Problème de puissance sur le montage, amélioration du montage avec modification des composants*
- [5] *[février-mars] Expériences effectuées, analyse des résultats*
- [6] *[avril-mai] Réalisation du diaporama et Expériences supplémentaires (vitesse en fonction de la taille de l'objet)*

analyse expérimentale et numérique d'un lancer de balle sous effet magnus

De nombreux phénomènes physiques ont une application dans le sport, l'effet magnus est un exemple complexe mais intéressant à étudier dans le cadre d'un lancer de balle, notamment sous la forme d'une simulation numérique la plus proche possible de la réalité.

L'analyse d'une trajectoire de balle soumise à l'effet magnus nous amène à considérer toutes les interactions entre la balle et le fluide dans lequel elle se déplace.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- SENEGAS Simon

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Effet Magnus</i>	<i>Magnus Effect</i>
<i>Ecoulements</i>	<i>Fluid Flows</i>
<i>Simulation numérique</i>	<i>Numerical Simulation</i>
<i>Précision</i>	<i>Precision</i>
<i>Statistique Descriptive</i>	<i>Descriptive Statistics</i>

Bibliographie commentée

La variation de trajectoire des corps en rotation a été pour la première fois observée au 18^e siècle. Un siècle plus tard, les conséquences de cette rotation sont utilisées pour augmenter la portée des balles de l'armée prussienne. L'effet est ensuite étudié en détail par un scientifique nommé Heinrich Gustav Magnus, dans les années 1850[1].

De nos jours, l'effet Magnus a des implications concrètes dans plusieurs domaines tels que l'aérodynamisme avec l'existence des voiles Fletner, le sport ou encore dans la balistique [4]. L'effet Magnus considéré résulte d'une différence de vitesse des courants d'air englobant la balle (en l'occurrence) causée par la rotation, selon la direction de celle-ci. D'un côté la vitesse de l'air sera augmentée ce qui entraîne une baisse de pression, l'autre côté sera décéléré et entraînera une hausse de pression. C'est cette dissymétrie qui engendre l'effet Magnus comme l'indique la théorie de Bernoulli[4,5].

Nous avons donc choisi de modéliser et de simuler une trajectoire d'une balle de ping-pong sous

effet magnus dans l'air.

Cependant l'effet Magnus théorique suppose des hypothèses puissantes, très éloignées de la réalité physique de celui-ci. L'incompressibilité de l'air n'étant pas remise en cause à très faible vitesse[2,7], l'hypothèse du caractère laminaire de l'écoulement cisaillé auquel est soumise la balle est contestable[6]. Il est donc important de se dédouaner des grossières hypothèses que le modèle met en place pour arriver à une simulation ayant le plus de précision possible.

Pour se faire, nous créerons un lanceur réel ayant pour constituants principaux deux roues tournant à des vitesses différentes, afin de reproduire une rotation de la balle « identique » à chaque lancer pour pouvoir suivre le modèle des différentes recherches menées [1,7].

Ceci nous servira de repère pour les conditions initiales et dynamiques de notre simulation qui sera réalisée à partir du logiciel FLUENT. Le choix de ce logiciel s'avère crucial car le traitement numérique d'un écoulement quelconque est essentiel pour la réalisation de ce TIPE. En outre, Fluent nous permet de nous approcher au mieux des interactions solide/fluide s'appliquant sur la balle durant l'expérience. Les différents maillages, c'est-à-dire les différents découpages de l'espace et du solide, et les modèles de turbulence mis à disposition par le logiciel sont très satisfaisants et nous permettent de simplifier les paramètres de modélisation.

La modélisation construite sera ensuite validée ou s'approchera des résultats expérimentaux obtenus sur une succession de lancers. Des comparaisons statistiques seront nécessaires pour estimer la qualité de la simulation. La théorie analytique classique, malgré ses hypothèses contestables, servira de support à toutes les décisions entreprises pour parfaire la simulation [3].

Problématique retenue

Créer une modélisation numérique sous Fluent, la perfectionner avec la théorie analytique afin de simuler au mieux le lancer réel effectué sera le fil conducteur de ce TIPE.

Comparer ensuite les résultats de la simulation avec ceux expérimentaux et théoriques sous un angle statistique permettra de la justifier.

Objectifs du TIPE du candidat

1 La création d'un lanceur avec mon binôme permettant d'obtenir un mouvement de rotation reproductible afin d'étudier au mieux l'effet Magnus.

2 L'établissement des résultats issus de l'observation des trajectoires réelles de la balle projetée par le lanceur pour affiner la simulation

3 Modéliser le plus précisément l'expérience réalisée afin de pouvoir confronter les résultats obtenus et les modèles pris en compte pour s'en approcher.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

La création d'un lanceur avec un nombre de Reynolds convenable pour travailler dans des conditions confortables sera la première tâche que j'accomplirai avec mon binôme.

Après avoir mesuré les différentes valeurs pendant l'expérience, requises pour amorcer la simulation, je choisirai un modèle de turbulence adéquat et constituerai une simulation que je préciserai. Enfin, l'étude statistique des différents résultats théoriques, expérimentaux et numériques sera capitale. Pour se faire, je comparerai les résultats obtenus avec l'aide d'un tableur,

permettant de vérifier la validité de chacuns des procédés.

Abstract

Rotating bodies traveling through a fluid may be affected by the Magnus effect which causes a deviational behavior on their trajectories. This study will be focus on the way this effect alter the trajectories of a ping pong ball thrown by our pitching machine supposed to recreate a viable and reproducible effect on the ball.

Based on this experimental approach, a numeric simulation will be developed on FLUENT and Python to highlight this behavior through results such as fluid flows, streamline, velocity vectors et and his trajectory in the area.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A. TURPAIN, DE BONY DE LAVERGNE : Expériences simples sur l'effet Magnus : *J. Phys. Radium*, 1926, 7 (10)
- [2] K.WÓJCICKI, K.PUCIOWSKI, Z.KULESZA : Mathematical analysis for a new tennis ball launcher : *Bialystok University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Wiejska 45C, 15-351 Bialystok, Poland*
- [3] ERIC FURBO, JANNE HARJU & HENRIC NILSSON : Evaluation of Turbulence Models for Prediction of Flow Separation at a Smooth Surface : *Report in Scientific Computing Advanced Course June 2009*
- [4] J.W.M. BUSH : The aerodynamics of the beautiful game : *MIT Course (2013)*
- [5] BAPTISTE DARBOIS TEXIER, CAROLINE COHEN, DAVID QUÉRÉ, CHRISTOPHE CLANET : Physics of knuckleballs : *New J. Phys (2016)*
- [6] GOODWILL S. R., CHIN S.B., HAAKE S.J : Aerodynamics of spinning and non-spinning tennis balls : *Journal of Engineering Physics and Thermoplastic*, 65, No. 3
- [7] NAUMOV V. A., SOLOMENKO A. D., YATSENKO : Influence of the Magnus force on the motion of the spherical solid with a large angular velocity : *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92, 935-958.

DOT

- [1] 10/09 : Nos investigations se recentrent sur la mécanique des fluides, plus précisément sur l'effet Magnus qui sera l'élément primordial de notre TIPE. Une ébauche de notre futur lanceur émerge d'une discussion entre notre professeur de physique et nous. Il devrait servir de support à nos simulations.
- [2] 22/09 : Nous prenons rendez-vous avec des étudiants en thèse de mécanique des fluides pour discuter de la possible réalisation d'une simulation d'écoulements de fluide. C'est alors que le logiciel Fluent est pour la première fois mentionné. Le 29/09, nous revenons pour qu'ils nous apprennent les rudiments du logiciel.
- [3] 16/11 : Le portage électronique de tension stabilisée est créé avec l'aide d'un électricien. Les moteurs sont ainsi convenablement alimentés et nous pouvons les insérer dans la structure de notre lanceur. Les essais ne sont pas concluants car l'axe d'une roue est légèrement décentré,

provoquant des énormes changements de trajectoires.

[4] 07/01 : 45 lancers sont effectués sur une plaque de carton recouverte de papier carbone pour que les impacts laissent une trace sur celui-ci. Seuls 29 sont concluants et sont en accord avec la théorie décrite par Python. Les conditions initiales du lanceur peuvent être injectées dans la simulation Fluent.

[5] 14/01 : Après maints essais infructueux sur la simulation, nous décidons de décrire les écoulements de fluide en 2D pour plus de facilité. Le modèle de viscosité utilisé convient aux solides effectuant des mouvements de rotation plongés dans un fluide, tel que l'air.

[6] 06/02 : La simulation des écoulements de fluide autour de la balle lancée par notre système est superposable à la théorie. Notre lanceur est donc générateur d'effet Magnus, qui était notre objectif premier. La simulation des lignes de courants confirment nos hypothèses.

[7] 20/03 : Les résultats concordent avec la théorie sous-jacente. Nous effectuons 45 autres lancers, mais seuls 26 sont convenables, nous prenons donc la première série, plus significative comme présentation du modèle. Quelques finitions sont nécessaires, mais le gros du travail est achevé.

Hydrophobie : caractéristiques et conséquences sur les surfaces

Hydrophobie : Les différentes méthodes d'imperméabilisation.
Variation du principal facteur d'efficacité d'un imperméabilisant industriel.

L'hydrophobie nous entoure au quotidien sans que nous y prêtions attention. Des recherches persistent afin d'améliorer le caractère hydrophobe de certains matériaux, en effet cette caractéristique peut fortement influencer le choix du matériau suivant l'utilisation désirée. Le but étant de limiter des frottements avec la surface en contact pour améliorer le transport de micro-fluides par exemple.

L'hydrophobie se caractérise par une diminution d'interaction entre la goutte d'eau et le matériau, se qui consiste en l'étude des tensions superficielles entre les différentes interfaces à travers le calcul de l'angle de mouillage.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), CHIMIE (Chimie Inorganique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>hydrophobie</i>	<i>hydrophobic</i>
<i>surface</i>	<i>surface</i>
<i>rugosité</i>	<i>roughness</i>
<i>traitement</i>	<i>treatment</i>
<i>porosité</i>	<i>porosity</i>

Bibliographie commentée

L'hydrophobie est une propriété très recherchée pour certains matériaux, notamment pour sa capacité autonettoyante. Bien que désormais plusieurs techniques d'imperméabilisation ont été mise au point, le phénomène a tout de même pour départ le biomimétisme. C'est l'effet Lotus qui en est à l'origine [1], la feuille de lotus étant hydrophobe elle confère à la plante ce côté autonettoyant qui en fait un symbole de pureté. Le lotus, de par sa structure microscopique est même super hydrophobe. La super hydrophobie est définie par deux états : l'état de Wenzel et l'état de Cassie [1] [3]. Etant inspiré de la structure du lotus, la surface est constituée de "pics" et de "creux". L'état de Wenzel est défini comme la goutte "empalée" car la goutte d'eau remplit les "creux" et est donc ainsi "empalée sur les pics". L'état de Cassie à l'inverse, est défini comme la goutte "fakir" car ne pénètre pas les "creux" mais reste uniquement sur les "pics". Evidemment

c'est l'état de Cassie le plus recherché car présente moins de surface de contact et donc moins de frottement. Le caractère super hydrophobe se caractérise par un angle de mouillage supérieur ou égal à 90° . L'angle de mouillage se mesure expérimentalement entre la surface du matériau et la surface de la goutte d'eau (angle mesuré à l'intérieur de la goutte) ou peut se calculer à l'aide de l'équation de Young liant le cosinus de l'angle aux différentes tensions de surface [2][3][4].

L'ensemble des "pics" et "creux" de la surface peuvent être réalisés industriellement par photolithographie [3] ou, de manière plus aléatoire, impliquer la rugosité de la surface. La rugosité est l'un des facteurs du caractère hydrophobe d'un matériau [2] et, bien que souvent mesurée par un rugosimètre, elle peut également être déterminée par interférométrie [5].

La structure de la surface du matériau n'est néanmoins pas la seule solution pour rendre une surface hydrophobe [2]. En effet il est possible d'utiliser des traitements chimiques pour modifier la chimie de la surface ou pour constituer un film protecteur qui lui sera hydrophobe.

De nombreux imperméabilisants industriels différents existent mais généralement tous utilisent la même solution qui est le traitement chimique de la surface.

Problématique retenue

Comparaison des différents moyens d'imperméabiliser une surface afin de déterminer le plus efficace sur une surface donnée grâce à la mesure de l'hydrophobie.

Comparaison de l'efficacité d'un imperméabilisant industriel sur un matériau donné suivant sa porosité.

Objectifs du TIPE du candidat

Le but sera d'évaluer l'hydrophobie d'une surface en fonction de différentes techniques visant à rendre une surface hydrophobe. L'hydrophobie de la surface sera mesurée grâce à l'angle de mouillage caractéristique du caractère hydrophobe.

Puis évaluation de l'efficacité d'un imperméabilisant industriel en fonction de différentes porosités d'un même matériau.

Abstract

The hydrophobia is a major property for surface and there is still researches on it. This property can be gained by different ways and that is the object of this project. By working on glass, the aim is to make hydrophobic surfaces by different simple ways and to compare which one is the best. There are three main ways to do this, by chemical treatment or surface coating or surface restructuring. To compare these different ways I measure the wetting angle which characterizes the property of hydrophobia.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] INCONNU : Le biomimétisme : http://lebiomimetisme.over-blog.fr/pages/Leffet_lotus-

6851339.html

- [2] EMMANUELLE GUERRET ELINA MONCADA-POTIGNON : La superhydrophobie Olympiade de physique : http://www.odpf.org/images/archives_docs/22eme/memoires/EquipeZ/memoire.pdf
- [3] RAPHAËLE THEVENIN : Superhydrophobie active : <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-01074498/document>
- [4] CNRS : La superhydrophobie : <http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP2005/37Quere.pdf>
- [5] LYCÉE JEAN MERMOZ : Interférences de Speckle : http://sti.mermoz.free.fr/LP/TP_07_08/7LP_Speckle.pdf
- [6] ARIA : Fiche technique d'un imperméabilisant industriel : <http://aria-france.com/index.php/etancheite-et-impermeabilisation>
- [7] ARIA : Fiche technique d'un imperméabilisant industriel : <http://aria-france.com/index.php/etancheite-et-impermeabilisation>

DOT

- [1] *Visualisation de vidéo UltraEver Dry qui donne lieux au choix du travail sur l'hydrophobie (septembre)*
- [2] *Contact avec une entreprise commercialisant des imperméabilisant et réception d'échantillons (septembre/octobre)*
- [3] *Imperméabilisation de différents matériaux et mesure des angles de mouillages (octobre/novembre)*
- [4] *Contact avec l'IUT en option matériaux (janvier)*
- [5] *Choix de travailler sur différents moyen d'imperméabiliser un seul plutôt que différents matériaux (janvier)*
- [6] *Choix de travailler sur du verre, test de différents moyen d'imperméabiliser et mesure d'angle de mouillage (janvier-mai)*

Élaboration d'une glacière thermoélectrique: application de l'effet Peltier.

La thermoélectricité étant très peu abordée en classe préparatoire, l'envie d'en connaître davantage m'a conduit à découvrir l'effet Peltier. Souhaitant étudier l'une des applications concrètes de cet effet Peltier, l'élaboration d'une glacière thermoélectrique m'a semblé être un bon objectif.

L'effet Peltier, exploité par des modules Peltier, est un déplacement de chaleur à travers des matériaux conducteurs en présence d'un courant électrique. Il y a ainsi des interactions entre les flux de chaleur, l'air et la matière. Les interfaces des modules Peltier jouent un rôle dans la diffusion de chaleur.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Thermoélectricité</i>	<i>Thermoelectricity</i>
<i>Effet Peltier</i>	<i>Peltier effect</i>
<i>Transfert thermique</i>	<i>Heat transfer</i>
<i>Glacière</i>	<i>Ice house</i>
<i>Rendement</i>	<i>Yield</i>

Bibliographie commentée

Sur le marché, nous rencontrons plusieurs procédés de réfrigération pour glacières. Parmi eux, les glacières par compression sont les plus performantes. Cependant, elles embarquent un fluide frigorigène et un compresseur, et ne peuvent donc pas être secouées dans tous les sens sous peine de fuites. Elles sont également coûteuses. Face à cela, il existe notamment les glacières thermoélectriques, bon marché et présentant des avantages malgré de moins bonnes performances. Dans ces glacières, aucun fluide n'est nécessaire pour assurer le refroidissement. Il s'agit d'un des systèmes les plus simples d'un point de vue fonctionnement [1].

En effet, elles fonctionnent grâce à l'effet Peltier qui est un phénomène physique de déplacement de chaleur en présence d'un courant électrique. Ce phénomène a été découvert par le physicien français Jean-Charles Peltier en 1834. Il a constaté que l'une des jonctions cuivre/bismuth s'échauffait et que l'autre se refroidissait quand il reliait les extrémités d'un fil de bismuth à un accumulateur par l'intermédiaire de deux fils de cuivre. Plus généralement, l'effet se produit dans des matériaux conducteurs de natures différentes liés par des jonctions. L'une des jonctions se refroidit

alors légèrement, pendant que l'autre se réchauffe. Cette technologie est notamment embarquée dans des « modules Peltier » qui permettent un échauffement ou un refroidissement thermoélectrique, utilisé par exemple dans les glacières. Plus précisément, les modules Peltier sont construits de façon à faire passer un courant électrique continu dans une succession de semi-conducteurs, reliés entre eux par des connections métalliques, ayant des propriétés du type n ou p pour lesquels les porteurs de charges sont respectivement des électrons et des trous [2][6]. Il se crée ainsi une différence de température entre les 2 faces du module. La face froide orientée à l'intérieur de la glacière permet son refroidissement. Notons que le phénomène inverse de l'effet Peltier existe, il s'agit de l'effet Seebeck qui correspond à l'apparition d'une tension produite par une différence de température entre les jonctions de plusieurs corps conducteurs [3].

Pour que le module Peltier fonctionne de façon optimale afin de refroidir un corps, il est nécessaire d'utiliser un dissipateur thermique proportionné à l'évacuation thermique du module Peltier tel qu'un radiateur (disposé du côté chaud du module) associé à un ventilateur. Cela permet d'augmenter l'efficacité du module [6].

D'ailleurs, pour exprimer l'efficacité (appelée aussi coefficient de performance) du module Peltier il faut modéliser les transferts thermiques en dissociant plusieurs contributions. Il faut considérer la chaleur brute pompée par effet Peltier (chaleur prélevée sur la face froide), l'effet de la conductivité thermique au travers des branches p et n sous l'effet du gradient de température créé, et la chaleur due à l'effet Joule qui va s'appliquer sur les deux faces du module et qui va augmenter avec l'alimentation de celui-ci. Tout cela permet d'évaluer la chaleur prélevée du côté froid du module et donc l'efficacité du module en faisant le rapport de cette chaleur et du travail fournie par la source de courant extérieur nécessaire à cette opération [4][7]. Cependant cette expression est souvent difficilement exploitable car elle fait intervenir des termes dépendant de la température, et donc les constructeurs fournissent des courbes permettant de connaître la différence de température en fonction de la chaleur prélevée et du courant appliqué [3].

L'effet Peltier peut être utilisé dans d'autres domaines que dans la fabrication de glacière. En effet on peut retrouver cette technologie pour refroidir les caméras et les systèmes électroniques embarqués dans l'aéronautique, l'astronomie ou le spatial.

L'industrie militaire, agroalimentaire ou chimique trouve également un grand nombre d'applications pratiques de cette technologie [5][7].

Problématique retenue

L'élaboration d'un prototype de glacière thermoélectrique, fonctionnant grâce à un module à effet Peltier, permet d'étudier précisément ses caractéristiques vis-à-vis d'objets à refroidir.

La mise en évidence des facteurs essentiels de pertes énergétiques et de l'impact du refroidissement est nécessaire à l'obtention d'un meilleur rendement de la glacière.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose :

- d'étudier les caractéristiques d'un module à effet Peltier en fonction des données constructeur.
- de fabriquer un prototype de glacière thermoélectrique fonctionnant, entre autres, avec ce module à effet Peltier.
- d'évaluer les performances de la glacière vis-à-vis d'un corps que l'on souhaite garder à basse température et son efficacité (coefficient de performance).
- de chercher à optimiser la glacière en mettant en œuvre ce qui pourrait limiter les coûts énergétiques en agissant sur le refroidissement.

Abstract

The Peltier effect is a thermoelectric phenomenon consisting of a move of heat in the presence of an electric current.

The theoretical and experimental study of a Peltier module allowed me to highlight the importance of a heat sink such as a radiator and a fan.

I made a prototype of a thermoelectric cooler thanks to the Peltier effect. I have prepared several experiences to calculate the performance of my cooler and make an assessment of the thermal exchanges of my prototype.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] *Les différents procédés de réfrigération:* <http://www.neb.fr/refrigeration.htm>
- [2] ANDRÉ DOMPS : Bulletin de l'Union des Physiciens, Etude d'un thermoélément à effet Peltier : Février 2012, page 217
- [3] *Refroidissement thermoélectrique:*
https://fr.wikipedia.org/wiki/Refroidissement_thermo%C3%A9lectrique
- [4] BERTRAND LENOIR, JEAN-PIERRE MICHENAUD, ANNE DAUSER : Techniques de l'ingénieur, Thermoélectricité : des principes aux applications : Mai 2010, référence: K730 v2
- [5] *Refroidissement par effet Peltier:* <https://www.abcclim.net/effet-thermoelectrique-peltier.html>
- [6] *Les technologies de refroidissement:* http://www.labcluster.com/news4_1/White-Paper_Peltiertechnik.pdf
- [7] *Thermoélectricité: généralités, applications et conception des générateurs thermoélectriques :*
<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/video-html5/udppc-2015/champier/presentation-thermoelectricite-champier.pdf>

DOT

- [1] *Etude théorique, à la mi-octobre, de la thermoélectricité et plus précisément du refroidissement par effet Peltier.*
- [2] *Etude d'un module thermoélectrique par différentes expériences, montrant la nécessité d'un dissipateur thermique proportionné à l'évacuation thermique du module Peltier.*
- [3] *Début janvier, fabrication d'une chambre calorifugée dans l'objectif de réaliser un prototype de glacière thermoélectrique.*

- [4] *Echec de la tentative de refroidissement de mon enceinte à l'aide du module Peltier, du moins pas avant un très long moment.*
- [5] *Réussite de refroidissement de l'enceinte à l'aide du module en ajoutant un ventilateur intérieur.*
- [6] *Elaboration et réalisation, d'expériences permettant de réaliser un bilan des échanges thermiques de mon enceinte puis de mon prototype de glacière thermoélectrique.*
- [7] *Mise en œuvre, en mars, d'expériences permettant de déterminer le rendement de ma glacière.*

Étude dynamique d'un hydrofoil

Dans le monde maritime les hydrofoils prennent de plus en plus d'importance que ce soit pour la course ou la plaisance. Ainsi j'ai voulu m'intéresser aux gains apportés par l'utilisation d'un hydrofoil.

La forme de l'hydrofoil et son positionnement par rapport à l'interface jouent un rôle prépondérant dans l'optimisation de la mobilité du système.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- LAMBOLEY Corentin

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Hydrofoil</i>	<i>Hydrofoil</i>
<i>Portance</i>	<i>Lift</i>
<i>Trainée</i>	<i>Drag</i>
<i>Hydrodynamique</i>	<i>Hydrodynamic</i>
<i>Aile</i>	<i>Wing</i>

Bibliographie commentée

Les problèmes de résistance à l'avancement des navires sont connus depuis de nombreuses années et sont le fruit de multiples recherches [1]. En effet la puissance à fournir à un navire classique croît grandement avec sa vitesse à cause de la résistance de vague [2]. Cette contrainte peut être légèrement minimisée par la déjaugage d'un navire (autrement appelé planning), phénomène permettant au bateau de diminuer sa surface immergée à grande vitesse et rendant négligeable la poussée d'Archimède, ainsi le bateau plane sur l'eau [6]. Malgré les avantages que procurent ce phénomène, les pertes énergétiques restent conséquentes, c'est pourquoi depuis le milieu des années 50 de nouveaux prototypes de navires ont vu le jour, dotés d'hydrofoils.

L'hydrofoil est un objet analogue à une aile d'avion, positionnée sous l'embarcation et dont le but est de limiter la surface de contact entre l'eau et la carène du navire. Dans le cas du bateau (mais cela est valable pour tout objet équipé d'hydrofoil), le foil lui permet de s'élever au dessus de l'eau

: ainsi l'aile constitue la seule surface immergée. Sans cesse optimisé, l'hydrofoil est aujourd'hui utilisé dans différentes disciplines sportives, comme le Kiteboarding, le Stand Up Paddle, ou la navigation en régate (Vendée Globe, Coupe de l'America)[1].

L'efficacité d'une aile dépend de l'utilité qu'on en a : à un foil de kiteboarder qui permet de naviguer par vent léger, on préférera un foil plus stabilisant et plus rapide pour un bateau de course. Pour jouer sur ces facteurs, il y a plusieurs paramètres à prendre en compte :

- le profil de l'aile détermine les caractéristiques des forces de trainée et de portance associées, ainsi que l'angle d'attaque limite (au delà duquel le foil devient inutile) [7].
- l'angle d'attaque de l'aile par rapport au fluide, qui influe aussi sur ces forces [7].
- le nombre de Reynolds, défini en fonction de la taille de l'aile, de sa vitesse et des caractéristiques du milieu dans lequel elle est plongée, donne des informations sur l'écoulement du fluide autour de l'aile [3].

À l'aide de la théorie de la mécanique des fluides appliquée à l'aile d'un hydrofoil, il est possible d'étudier ces facteurs et leurs impacts sur l'efficacité de celui-ci [4,5].

Problématique retenue

Les différents usages des hydrofoils et leurs avantages en comparaison aux modes de transports maritimes classiques.

Quels sont les intérêts, les contraintes et les limites à leur utilisation ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose donc d'étudier le principe de fonctionnement de l'hydrofoil puis de déterminer les limites de son utilisation avec l'aide de mon binôme. Enfin, je déterminerai les avantages et inconvénients de l'utilisation d'hydrofoils sur différents modes de transports marins à l'aide d'expériences permettant de vérifier les études théoriques établies.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

L'objectif de mon projet est d'abord d'étudier, avec mon binôme, les principes de fonctionnement de l'hydrofoil ainsi que les avantages de son utilisation sur certains modes de transports maritimes.

De plus, j'expérimenterai et analyserai les contraintes, ainsi que les limites au bon usage de l'hydrofoil pour en assurer l'optimisation.

Abstract

We decided to study the hydrofoil's theory and particularly the lift and drag forces. Therefore we made our own experience to observe the impact of these forces. Nevertheless our handmade device did not allow the measurement of the drag data in the water. That is why we did another experience in the air.

The result was pretty satisfying: the C_l and C_d found were coherent to a foil model. Then I choose to underline one advantage of the hydrofoil which is the facility to head upwind when ship is only equipped of a sail.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] JEAN GROSSMANN : Théorie du foil :
http://www.rivieres.info/antho/theorie_foil/theorie_du_%20foil.htm
- [2] PIERRE DEVAUCHELLE : Dynamique du navire : *Masson*
- [3] JOSÉ-PHILIPPE PEREZ : Mécanique, fondement et applications : *Masson Science, Dunod*
- [4] THIERRY FAURE : Dynamique des fluides appliquée, Application à l'aérodynamique : *Dunod*
- [5] RÉGIS JOULIE : Mécanique des fluides appliquée : *Ellipses*
- [6] FLORENCE OFENSTEIN : Culture maritime: Le planning : *https://www.culture-maritime.com/fr/pge-he4_*
- [7] JOHN F. WENDT : Computational Fluid Dynamics : *Von Karman Institute*

DOT

- [1] *Décision d'étudier le principe de fonctionnement des hydrofoils fin juin, pendant la coupe de l'Amérique 2017.*
- [2] *Compréhension de la théorie hydrodynamique de l'aile, et analogie avec l'aviation.*
- [3] *Imagination d'une expérience et prise de contact avec un expert en fabrication de Foil.*
- [4] *Réalisation d'une première expérience dans l'eau.*
- [5] *Toute la théorie n'étant pas vérifiable avec le précédent dispositif, nouvelle expérience dans l'air.*
- [6] *Réflexion sur les limites du système.*
- [7] *Étude de la remontée au vent.*

Etude de l'utilisation des ferrofluides dans le Haut-Parleur

Le principe de fonctionnement du haut-parleur est un sujet qui a déjà été étudié de nombreuses fois. Cependant, l'ajout de ferrofluide dans celui-ci est un procédé récent, qui donne une approche différente au sujet. C'est la raison pour laquelle je l'ai choisi.

Les différentes caractéristiques physiques et mécaniques des ferrofluides explorent à elles seules différents aspects du thème de cette année, notamment sur l'homogénéité et les interactions fluides-particules; de plus, le champ magnétique créé par le haut-parleur influe grandement sur les propriétés du ferrofluide, ce qui promet des études variées impliquant les termes du thème.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Mécanique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>haut-parleur</i>	<i>loud speaker</i>
<i>champ magnétique</i>	<i>magnetic field</i>
<i>conductivité thermique</i>	<i>thermal conductivity</i>
<i>ferrofluide</i>	<i>ferrofluid</i>
<i>bobine</i>	<i>coil</i>

Bibliographie commentée

Un haut-parleur est un dispositif qui transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique. En effet, le haut-parleur est constitué d'une bobine et d'un aimant, qui jouent le rôle de moteur. Lorsqu'un courant parcourt la bobine du haut-parleur, une force appelée force de Laplace apparaît. Cette force est transmise à la membrane du haut-parleur qui fait vibrer l'air, produisant le son [1]. Cependant, cette transformation d'énergie n'est pas totale, et une certaine énergie est perdue par effet Joule. Cette énergie peut être à l'origine de l'échauffement de certains composants du haut-parleur, et peut donc mener à leur usure. Il est dès lors nécessaire d'évacuer cette chaleur à l'aide d'un matériau à forte conductivité thermique, pour le bon fonctionnement du haut-parleur [5].

Ce matériau peut être de différentes natures. Pour assurer ce transfert correctement, le matériau joue le rôle d'interface thermique: il doit être malléable, pour bien adhérer aux défauts de surface, et pour minimiser les possibilités de friction avec les composants du haut-parleur ; et sa résistance thermique doit être minimale [3]. Un matériau liquide peut donc être le plus favorable pour

transférer l'énergie.

L'intérêt de l'ajout de ferrofluide dans le haut-parleur est qu'en plus d'être liquide, celui-ci possède des propriétés étonnantes sous l'action d'un champ magnétique, comme une grande viscosité [2]. Dans le haut-parleur, ce champ magnétique est généré par un aimant permanent. En effet, lorsque le ferrofluide est soumis à un champ magnétique, les particules qui le composent interagissent avec le fluide solvant qui les entoure, créant un ensemble qui adopte un comportement magnétique [4].

La conductivité thermique du ferrofluide dépend ainsi de la taille des particules, de la nature du fluide solvant qui les entoure et de l'intensité du champ magnétique appliqué. En effet, plus les particules sont grandes, plus la valeur de la conductivité thermique maximale atteinte est élevée, mais moins le champ magnétique appliqué doit être important. À l'inverse, plus les particules sont petites, plus la valeur de la conductivité thermique maximale atteinte est basse, et plus le champ magnétique appliqué doit être fort [3].

D'autre part, le ferrofluide permet également d'améliorer la qualité du son produit par le haut-parleur. En effet, lorsque l'entrefer du haut-parleur est rempli d'air, la bobine mobile peut se décentrer de sa position. Cela peut entraîner une distorsion des signaux audio, et donc une détérioration de la qualité du son. Lorsque le ferrofluide est ajouté, celui-ci amorti les mouvements de la bobine, empêchant celle-ci de se décentrer [3].

Problématique retenue

Dans cette étude, je cherche à montrer en quoi le ferrofluide permet d'améliorer les performances thermiques du haut-parleur

Objectifs du TIPE du candidat

Mon but est de montrer que le ferrofluide est une bonne alternative face aux différents problèmes que peut rencontrer le haut-parleur. Pour cela, je vais tout d'abord montrer que sous l'action d'un champ magnétique, la conductivité thermique du ferrofluide devient élevée, ce qui permet une bonne évacuation de la chaleur. Dans un deuxième temps, je procèderais à plusieurs calculs de viscosité pour montrer que sous champs magnétique, le ferrofluide permet bien d'amortir les mouvements de la bobine.

Abstract

My purpose is to show that the use of ferrofluid in a loud speaker can increase heat exchanges and increase its sound quality.

So I've carried out some experiments which prove that under a magnetic field influence like the one generated by the magnet in the loud speaker, the thermal conductivity of the ferrofluid is greatly increased. So it makes the loud speaker able to clear out the heat trapped in it, due to coil movements.

Moreover, I've showed that ferrofluid viscosity can cushion its movements, and so limit the wear

of loud speaker's components.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] DAVID BRUSSON, GUILLAUME GIRARD, ERIC SIAGO, AMADI SI MOHAMMED : La modélisation numérique et l'étude de la suspension en caoutchouc de la membrane d'un haut-parleur : <http://perso.univ-lemans.fr/~fcalvay/mnpm/Projet%20HautParleur%20Suspension.pdf>, 2009
- [2] MARCOS PINHO : Haut-parleur tout aimant guidé sur joint ferrofluide: caractérisation dynamique du guidage : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00592090/document>, 2011
- [3] WAHID CHERIEF : Etude des ferrofluides et de leurs applications à l'intensification des transferts de chaleur par convection forcée : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01259168/document>, 2015
- [4] chimie: science magique : www.chimieimagique.fr/?p=16, consulté le 12/12/2017
- [5] VICTOR VARGAS, RONALD BRENES, GABRIEL GONZALES : <http://nantes.udppc.asso.fr/wp-content/uploads/2014/01/Odpf-XXII-Ferrofluides.pdf>

DOT

- [1] *décision Février de réaliser une série d'expériences permettant de mesurer la conductivité thermique de certains matériaux à comparer avec celle du ferrofluide*
- [2] *Mars, échec de la mise en expérience pour mesurer les conductivités thermiques*
- [3] *Fin Mars, décision, pour montrer que le ferrofluide sous champ magnétique conduit bien la chaleur, de calculer plutôt un temps de diffusion*
- [4] *Fin Mai, observation au microscope d'une goutte de ferrofluide sans champ, puis avec champ magnétique pour observer l'effet produit*

Étude des forces hydrodynamiques appliquées à l'hydrofoil.

Étant curieux de découvrir les mécanismes mis en jeux par les objets aérodynamiques dans l'air et dans d'autres milieux, l'étude d'une aile d'hydrofoil s'inscrivait parfaitement dans cette perspective.

De plus, cette étude repose sur les interactions entre l'aile et les différents milieux dans lesquels elle est plongée. Elle est donc explicitement inscrite dans le thème de cette année.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- GIRBAL Alexandre

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Hydrofoil</i>	<i>Hydrofoil</i>
<i>Portance</i>	<i>Lift</i>
<i>Trainée</i>	<i>Drag</i>
<i>Hydrodynamique</i>	<i>Hydrodynamic</i>
<i>Aile</i>	<i>Wing</i>

Bibliographie commentée

Les problèmes de résistance à l'avancement des navires sont connus depuis de nombreuses années et sont le fruit de multiples recherches [1]. En effet la puissance à fournir à un navire classique croît grandement avec sa vitesse à cause de la résistance de vague [2]. Cette contrainte peut être légèrement minimisée par la déjaugage d'un navire (autrement appelé *planning*), phénomène permettant au bateau de diminuer sa surface immergée à grande vitesse et rendant négligeable la poussée d'Archimède, ainsi le bateau plane sur l'eau [6]. Malgré les avantages que procurent ce phénomène, les pertes énergétiques restent conséquentes, c'est pourquoi depuis le milieu des années 50 de nouveaux prototypes de navires ont vu le jour, dotés d'hydrofoils.

L'hydrofoil est un objet analogue à une aile d'avion, positionnée sous l'embarcation et dont le but est de limiter la surface de contact entre l'eau et la carène du navire. Dans le cas du bateau (mais cela est valable pour tout objet équipé d'hydrofoil), le foil lui permet de s'élever au dessus de l'eau : ainsi l'aile constitue la seule surface immergée. Sans cesse optimisé, l'hydrofoil est aujourd'hui

utilisé dans différentes disciplines sportives, comme le Kiteboarding, le Stand Up Paddle, ou la navigation en régate (Vendée Globe, Coupe de l'America) [1].

L'efficacité d'une aile dépend de l'utilité qu'on en a : à un foil de kiteboarder qui permet de naviguer par vent léger, on préférera un foil plus stabilisant et plus rapide pour un bateau de course. Pour jouer sur ces facteurs, il y a plusieurs paramètres à prendre en compte :

- le profil de l'aile détermine les caractéristiques des forces de trainée et de portance associées, ainsi que l'angle d'attaque limite (au delà duquel le foil devient inutile) [7].
- l'angle d'attaque de l'aile par rapport au fluide, qui influe aussi sur ces forces [7].
- le nombre de Reynolds, défini en fonction de la taille de l'aile, de sa vitesse et des caractéristiques du milieu dans lequel elle est plongée, donne des informations sur l'écoulement du fluide autour de l'aile [3].

À l'aide de la théorie de la mécanique des fluides appliquée à l'aile d'un hydrofoil, il est possible d'étudier ces facteurs et leurs impacts sur l'efficacité de celui-ci [4,5].

Problématique retenue

Les différents usages des hydrofoils et leurs avantages en comparaison aux modes de transports maritimes classiques.

Quels sont les intérêts, les contraintes et les limites à leur utilisation?

Objectifs du TIPE du candidat

L'objectif de mon projet est d'abord d'étudier, avec mon binôme, les principes de fonctionnement de l'hydrofoil ainsi que les avantages de son utilisation sur certains modes de transports maritimes. De plus, j'expérimenterai et analyserai les contraintes, ainsi que les limites au bon usage de l'hydrofoil pour en assurer l'optimisation.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Je me propose donc d'étudier le principe de fonctionnement de l'hydrofoil puis de déterminer les limites de son utilisation avec l'aide de mon binôme. Enfin, je déterminerai les avantages et inconvénients de l'utilisation d'hydrofoils sur différents modes de transports marins à l'aide d'expériences permettant de vérifier les études théoriques établies.

Abstract

The principles involved in the proper functioning of a hydrofoil are unclear and described by several theories. The project specific aim was to understand and to compare these approaches, but also to show limits and constraints of such wing.

To this end, we set up an experiment with an hydrofoil of our design in a water tank, but faced difficulties measuring drag force. Thus we created a second experiments in a blowing system, which led, alongside the first one, to a better grasp of the phenomena.

The final step was to think about hydrofoil's restrictions, and conclude about its usefulness.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] JEAN GROSSMANN : Théorie du foil :

http://www.rivieres.info/antho/theorie_foil/theorie_du_%20foil.htm

- [2] PIERRE DEVAUCHELLE : Dynamique du navire : *Masson*
- [3] JOSÉ-PHILIPPE PEREZ : Mécanique, fondements et applications : *Masson Sciences, Dunod*
- [4] THIERRY FAURE : Dynamique des fluides appliquée Applications à l'aérodynamique : *Dunod*
- [5] RÉGIS JOULIE : Mécanique des fluides appliquée : *Ellipses*
- [6] FLORENCE OFENSTEIN, JULIEN THUILLIEZ : Culture maritime : Le planning :
https://www.culture-maritime.com/fr/page-he4_cours.xhtml
- [7] JOHN F. WENDT : Computational Fluid Dynamics : *Von Karman Institute*

DOT

- [1] *Décision en septembre d'étudier les principes de fonctionnement de l'hydrofoil, suite à la lecture de l'article sur Sea Bubbles publié dans Futura Sciences*
- [2] *Compréhension de la théorie hydrodynamique de l'aile, et analogie avec l'aviation.*
- [3] *Imagination d'une première expérience dans l'eau.*
- [4] *Prise de contact avec un expert, réalisation d'une aile et de l'expérience.*
- [5] *La théorie n'étant pas entièrement vérifiable, mise en place d'une deuxième expérience dans l'air qui vient compléter la première.*
- [6] *Réflexions sur les limites et contraintes liées à l'hydrofoil.*
- [7] *Étude de différences de formes et de placements de foils.*

Evaluation de la pureté d'un composé liquide par étude de sa tension de surface.

Proposer des méthodes simples et efficaces permettant de connaître le degré d'impureté d'un composé liquide (en l'occurrence l'eau), et au mieux, d'en connaître sa principale composition.

L'étude s'effectue à l'interface d'au moins deux milieux en interaction.

On se propose ici de comprendre la répartition de la quantité d'impuretés au sein du liquide, et en surface du liquide.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), CHIMIE (Chimie Analytique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
Tension de surface	Surface tension
Impuretés	Impurities
Interaction intermoléculaire	Molecular interactions
Interface	Interface
Chimie physique	Physical chemistry

Bibliographie commentée

Dès les premiers cours de collège en Physique-Chimie, on enseigne de nos jours à bien faire attention au "ménisque" avant de procéder à la mesure d'un volume de liquide. De même, " le guerriis marchant sur l'eau ", ou bien " le café qui monte dans le sucre " sont des phénomènes bien connus du public. Ces phénomènes s'expliquent en étudiant les possibles interactions électriques qu'il peut y avoir entre plusieurs molécules, à l'interface de milieux différents.

En effet, il s'exerce au sein d'un même composé liquide, des **forces électriques attractives** entre les différentes molécules du liquide. En considérant qu'aucune direction n'est privilégiée, il y a donc **isotropie** des forces attractives. Dans le cas où l'on se situe en surface du liquide, les molécules associées sont donc en contact direct avec l'extérieur, à savoir une autre phase. Les molécules en surface du liquide sont donc attirées différemment par les molécules du volume de liquide, provoquant ainsi une **anisotropie** des forces attractives en surface du liquide [4,6,8]. Cette **force engendrée**, ou bien cet excès d'énergie surfacique [7], est appelée **tension superficielle**, mesurée en N/m ou bien J/m² .

On peut définir la tension de surface comme étant une force à la surface d'un liquide qui s'oppose à la dilatation de celle-ci ou bien comme le travail W nécessaire qu'il faut fournir à un fluide, pour

que sa surface S varie de ΔS [1,2].

On parle plus communément de tension surfacique pour une interface dense / gaz et de tension interfaciale pour une interface dense / dense. En effet, il s'agirait dans ce cas de la force nécessaire à la rupture de l'interface [1,9].

Historiquement, on pense que Léonard de Vinci avait déjà observé la montée d'un liquide dans des tubes de faible diamètre[1].

En 1717, le médecin britannique **James Jurin** énonce la loi qui portera son nom de la hauteur d'**ascension d'un fluide** dans un capillaire, en fonction de sa tension de surface[1]. On ne manquera pas de citer les travaux de **Pierre Simon de Laplace** dans l'élaboration d'une équation liant la **différence de pression** entre les différents milieux et les différents rayons de courbures épousés par le liquide d'une interface solide/liquide/gaz [1,4,5,6,9]. Le cas typique d'application de cette loi reste celui de la courbure de la surface d'un liquide quand celle-ci est réduite à un petit diamètre : soit le cas du ménisque dans un tube à essais.

Au XIXème, **Thomas Young** établit la formule liant les différentes **énergies interfaciales** mis en jeu pour une interface solide/liquide/gaz, aujourd'hui très utilisée pour comprendre les phénomènes de mouillabilité [1,6].

On doit une meilleure compréhension de la tension de surface sous ses traits de grandeur thermodynamique aux travaux des savants tels que **Josiah Willard Gibbs** et **Johannes Diderik Van der Waals**, comme étant proportionnelle à l'**énergie libre** des différentes phases en présence [7,10].

La tension de surface d'un liquide peut effectivement varier selon divers paramètres à savoir la température, la pression, ou bien même la concentration d'une impureté en son sein [1,2,3,10].

Nous arrivons donc au point qui nous intéresse.

Il nous est possible de théoriser la concentration d'une impureté en surface d'un liquide, avec sa concentration au sein du liquide [3,10]. Par ailleurs, l'influence de cette impureté dépend de sa miscibilité avec le fluide hôte, pur, et donc également de sa répartition au sein du liquide [1]. De plus, un fluide réel est un fluide qui peut comporter plusieurs impuretés, et sa tension de surface n'est pas toujours proportionnelle à la combinaison linéaire des fractions molaires des différents composés en présence. La mesure de la tension de surface est aujourd'hui une technique bien maîtrisée [1,9,5], mais s'il s'agit d'obtenir des informations directes sur la pureté du liquide, les travaux actuels connus à ce jour restent pour le moins manquants.

C'est dans cette optique, que l'on se propose d'obtenir des résultats.

Problématique retenue

A une époque où il devient crucial de connaître le degré de pollution d'un composé liquide, on se propose, par la mesure d'une tension de surface, d'élaborer une méthode simple, permettant de connaître la pureté d'un liquide.

Objectifs du TIPE du candidat

On se donne, dans un *premier temps*, l'objectif de présenter une méthode permettant d'**évaluer la pureté d'un composé liquide**. Il nous faut alors déterminer les **techniques de mesure** envisagées, les **logiciels** utilisés, les **protocoles** mis en place.

On se devra dans un *second temps*, d'appliquer ces méthodes, et de **critiquer** leur utilité ou/et efficacité.

Enfin, nous nous efforcerons au mieux d'accompagner notre étude, de **modèles** favorisant la compréhension du phénomène, et la logique de la démarche envisagée.

En tant qu'ouverture, nous généraliserons notre étude aux composés gazeux.

Abstract

The goal of this study deals with the establishing of a measurement method of the concentration of an impurity into liquids, particularly water. We exploit the fact that the surface tension of liquids depends on this concentration.

Firstly, the study focus on different measurement methods of surface tension, developed these last centuries, like the Lecomte du Noüy's tensionmeter.

Secondly, the study focus on thermodynamics of surface tension. We will attempt to understand how the surface can be modeled, and how the dynamics of impurities work.

Finally, we will deduce a measurement method for the concentration of an impurity into liquids.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] LE NEINDRE BERNARD : Tensions superficielles et interfaciales : *Techniques de l'ingénieur Constantes mécaniques et viscosité (1993)*, ref. article : k475
- [2] ROUANET JACQUES ET CLAUDE TREZAIN : Présentation des agents de surface : *L'Act. Chim. (AS) 1996,2-3, 15-22*
- [3] BOUTARIC A. : Remarques sur la relation de Gibbs et les formules d'absorption : *J. Phys. Radium, 1940. pp.99-102, HAL Id: jpa-00233732*
- [4] CULTURESCIENCES-PHYSIQUE - UNISCIEL : Tension superficielle : interprétation microscopique et caractérisation : *[vidéo en ligne] < <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/physique-animee-Tension-superficielle-1.xml> >*
- [5] GASSIN PIERRE-MARIE : Mesure de la tension superficielle par la technique de la goutte pendante : *Bulletin de l'union des physiciens (BUP), vol.963,2014*
- [6] VIENNOT LAURENCE : Ascension capillaire : quand le solide semble "hisser" le liquide : *Bulletin de l'union des physiciens (BUP), vol.977, octobre 2015, p.1201-1212*
- [7] BRETONNET JEAN-LOUIS ET JEAN-MARC BOMONT : Théorie du gradient de Van der Waals : *Bulletin de l'union des physiciens (BUP), vol.957, octobre 2013, p.911-923*
- [8] LE PROJET LUTÉTIUM : À la surface des liquides : *[vidéo en ligne] < <https://www.youtube.com/watch?v=UKtz9VdYPDc> >*
- [9] WIKIPÉDIA : Tension superficielle : *https://fr.wikipedia.org/wiki/Tension_superficielle*
- [10] WIKIPEDIA : Gibbs isotherm : *https://en.wikipedia.org/wiki/Gibbs_isotherm*

DOT

- [1] *Janvier 2018 : on fait l'hypothèse (1) que la tension superficielle ne peut que diminuer lorsque la quantité en impureté augmente.*
- [2] *Début février : intérêt pour la thermodynamique de la tension superficielle à la découverte des travaux de A. Boutaric.*
- [3] *13 février 2018 : hypothèse (1) réfutée pour une solution en NaCl, évolution du modèle.*
- [4] *13 avril 2018 : rencontre avec un doctorant de l'université des sciences de Montpellier Alexandre POIRIER*
- [5] *fin mai : choix définitif pour la méthode de la goutte tombante*
- [6] *début juin : compréhension de l'équation de Gibbs pour la tension superficielle, et de la notion d'excès de surface.*

Etude du train à lévitation magnétique

Le train à lévitation magnétique est démunie de roues, et se déplace sans toucher les rails. La lévitation permet de se libérer des forces de frottements roues-rails. La compréhension de ce phénomène constitue une avancée technologique pour une économie d'énergie, un gain de temps, etc... C'est pourquoi j'ai choisi ce sujet.

La lévitation est obtenue grâce à des forces électromagnétiques; elle est due aux interactions entre les aimants et les électroaimants du train et des rails. Ces forces permettent également au train de se déplacer.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Magnétisme</i>	<i>Magnetism</i>
<i>Sustentation</i>	<i>Levitation</i>
<i>Propulsion</i>	<i>Propulsion</i>
<i>Aimant</i>	<i>Magnet</i>
<i>Train</i>	<i>Train</i>

Bibliographie commentée

Les recherches sur la technologie de lévitation magnétique datent de plus de cent ans par le Français Emile Bachelet. Celui-ci avait présenté, en 1914, un véhicule qui se déplace en lévitant.[1]

Depuis cette technologie a évolué notamment grâce aux études Allemande et Japonaise, avec respectivement le Transrapid et Le Maglev.[1] Il existe différents types de train qui lèvent grâce aux forces électromagnétiques ; ceux utilisant la supraconductivité à haute température (HTS) , la suspension électrodynamique (EDS) et la suspension électromagnétique (EMS). [2]

Le principe de lévitation est de chercher à compenser le poids du système par une force magnétique. Pour compenser la gravité, il existe deux types de lévitation :

-Tout d'abord la suspension électrodynamique, il s'agit d'une répulsion par des supraconducteur utilisé dans le Maglev.

-Ensuite, la suspension électromagnétique, correspondant à l'attraction magnétiques de bobines et

électroaimants. [1,2]

En ce qui concerne la suspension électrodynamique, elle est possible grâce à des supraconducteurs qui doivent être maintenue à très basse température (environ -200°C), on ne s'intéressera donc pas à ce phénomène.

La suspension électromagnétique est obtenue par l'interaction entre deux bobines. L'une fixe sur le train est l'autre alimentée par un courant alternatif qui est disposé sur les rails. Il se crée alors un champ magnétique qui entraîne la lévitation du train. Pour représenter ce phénomène, on réalisera l'expérience des anneaux sauteurs d'Elihu Thomson qui représente cette manifestation ; ainsi qu'une maquette appliquée au train pour modéliser la suspension électromagnétique.[6,3]

Le train avance également sous l'effet de forces électromagnétiques. Les électroaimants présents au niveau des rails et du train présentent des pôles différents lorsqu'un courant circule. Ainsi, les aimants du train sont attirés par le même pôle créé par la bobine et ainsi créent des forces attractives puis répulsives ; ce qui entraîne le mouvement du train. Le train placé dans le champ magnétique créé par les bobines subit une force de Laplace qui entraîne le mouvement du train. Pour modéliser l'apparition de ces forces, on réalisera un train magnétique simple, qui consiste à faire parcourir un fil avec un aimant à chaque extrémité dans une bobine.

Dans les trains à sustentation magnétique, la propulsion est assurée par des moteurs pas à pas qui permet de contrôler la direction précise du train.[4,5]

A l'aide des résultats obtenus avec les expériences de suspension et de propulsion magnétique, on tentera de réaliser une maquette de train à sustentation magnétique et comparer son fonctionnement à celui des trains déjà existant.

Problématique retenue

Le train à sustentation magnétique est complexe dans sa structure, de part son fonctionnement et les conditions nécessaires.

Peut-on comprendre le fonctionnement de sustentation et de propulsion du train magnétique ? Et obtenir les mêmes résultats en réalisant une maquette de ce train ?

Objectifs du TIPE du candidat

L'objectif de mon étude est de comprendre le phénomène de sustentation et de propulsion magnétique. Pour cela, l'objectif est de réaliser des maquettes représentant ces phénomènes de façon simples et les assimiler au train.

Abstract

The magnetic levitation train uses magnetic forces to move and levitate. My study focuses on the magnetic levitation due to the interaction between electromagnets, and on the propulsion of a train. For this, I realized different experimental systems to illustrate these phenomena.

To highlight the magnetic levitation I realized the experiment of elihu Thomson. Magnetic propulsion is due to a synchronous linear motor. To demonstrate propulsion, I realized an induction propulsion system.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] KAMIL FADEL ET RACHEL COMTE : Trains à lévitation "vol" au-dessus d'un lit de rails : *Découverte n°394*
- [2] NICOLAS SRIDI : Le train du futur s'affranchit des rails : *Science et Avenir n°828*
- [3] VINCENT BOITIER ET STÉPHANE KESSEDJIAN : Maquette de sustentation magnétique : *BUP n°825*
- [4] LANCE WILLIAMS : Electromagnetic levitation thesis 2005 :
file:///J:/Tipe/williams_ugthesis%20electromagnetic%20levitation%20thesis%202005.pdf
- [5] B.V. JAYAWANT : Electromagnetic suspension and levitation :
file:///J:/Tipe/Electromagnetix%20suspension%20and%20levitation.pdf
- [6] RICHARD TAILLET ET LOÏC VILLAIN ET PASCAL FEBVRE : Dictionnaire de physique : *Edition deboek superieur*

DOT

- [1] *Échec de mise en place de plusieurs maquettes de train à sustentation magnétique*
- [2] *Début Janvier nouvelle approche du problème de lévitation*
- [3] *Réalisation de l'expérience d'Elihu Thomson*
- [4] *Conception d'un système de lévitation magnétique début Mars*
- [5] *Fin Mars, réussite de la mise en place d'une maquette mettant en jeu la lévitation magnétique*
- [6] *Fin mai, conception d'un système de propulsion magnétique*

Modélisation d'un amortisseur par l'étude de la viscosité d'un ferrofluide

Les diverses expériences physiques et chimiques pouvant être menées avec les ferrofluides ayant une application novatrice dans l'industrie automobile, notamment dans la conception d'amortisseurs, ont motivé notre choix se portant sur l'étude de ce fluide dont les propriétés magnétiques s'avèrent intrigantes.

L'étude de la viscosité d'un ferrofluide variant sous l'effet de la pression de l'air et d'un champ magnétique est le centre d'intérêt de notre exposé. Après une synthèse de ce composé, on modélise un amortisseur par le biais d'interactions magnétiques.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- SANTUCCI Joseph

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (*Physique de la Matière*), CHIMIE (*Chimie Inorganique*), PHYSIQUE (*Physique Théorique*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fluide</i>	<i>Fluid</i>
<i>Magnétorhéologique</i>	<i>Magnetorheological</i>
<i>Viscosité</i>	<i>Viscosity</i>
<i>Amortisseur</i>	<i>Damper</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelling</i>

Bibliographie commentée

Depuis le début des années 2000, le parc automobile français s'est accru de plus de 5 millions de véhicules. En 2015, l'ensemble des voyageurs sur le territoire français a parcouru 928 milliards de kilomètres, dont 728 en véhicules individuels. En effet, le transport en véhicules particuliers représente 79,5 % du transport total de voyageurs [1].

Ces chiffres démontrent le développement rapide et nécessaire dans le domaine des technologies de transport et l'aspect crucial de l'optimisation des systèmes à des fins environnementales. Ainsi, les questions de consommation d'énergie, d'émissions de gaz à effet de serre et de rejets de substances

polluantes sont au cœur du domaine des technologies du transport [2].

Le secteur de la construction automobile joue donc un rôle indispensable dans la politique de développement durable à mener dans les prochaines années. L'optimisation de la dynamique d'un véhicule et du fonctionnement de chaque pièce automobile est alors à considérer.

L'amortisseur automobile a pour but de diminuer la violence des chocs et l'amplitude des oscillations du véhicule en amortissant ses vibrations par dissipation d'énergie. Il joue donc un rôle fondamental dans l'optimisation du confort et de la performance du véhicule.

Le modèle le plus courant dans l'industrie automobile est celui de l'amortissement hydraulique à ressort où l'abaissement d'un piston est amorti par la circulation d'un fluide à travers celui-ci.

Plus récemment, de nouveaux systèmes de suspension ont été développés. Ces suspensions, plus fiables et plus compactes, sont dites « pneumatique » et « hydractive », mais possèdent un coût plus élevé que celui de l'amortisseur à ressort [3].

Cependant, malgré le développement de systèmes élaborés, les constructeurs rencontrent encore des difficultés à allier confort et dynamisme, alors même que les véhicules deviennent polyvalents et que les exigences des conducteurs se diversifient [4].

Le développement de nouvelles techniques ouvre alors des perspectives multiples. On s'intéresse en particulier au modèle de suspension développé par l'entreprise Delphi Corporation, reposant sur les caractéristiques d'un fluide magnétorhéologique dont la viscosité est variable et modulable [5].

Les fluides magnétorhéologiques sont en effet des suspensions colloïdales de nanoparticules ferromagnétiques de quelques micromètres de diamètre, dans un solvant. Ces particules ont la particularité de former un agrégat de matière sous l'effet d'un champ magnétique : le fluide change alors de viscosité [6][7].

Leur utilisation, dans notre cadre, se réalise donc par le contrôle de la viscosité du fluide en fonction de la sollicitation de l'amortisseur. Des bobines sont ainsi intégrées au système et permettent de maîtriser la résistance à l'écoulement du fluide. Des capteurs offrent de l'information en temps réel et permettent également un amortissement s'adaptant continuellement [3][8].

La technologie ainsi développée surpasse ses prédécesseurs puisque, par son adaptabilité, elle propose un amortissement maximal plus efficace et donc un plus grand degré de contrôle du véhicule en cas de fortes oscillations. De plus, elle propose aussi un amortissement minimal, plus doux, assurant un plus grand confort lors de faibles oscillations. Elle est fiable et très rapide puisque le temps de boucle du système de contrôle est de l'ordre de la milliseconde : le système est alors capable de modifier le flux du liquide 1000 fois par seconde. De plus, l'absence de point de frottement dans le système garantit une usure moindre et un entretien minimal [9].

On se propose donc de modéliser un amortisseur à fluide magnétorhéologique dans le cadre de l'étude de ses avantages par rapport à un amortisseur classique, mais aussi par l'étude des propriétés du fluide impliqué.

Problématique retenue

Le contrôle du fluide à l'intérieur du système de suspension et la prévision de son comportement sont essentiels au fonctionnement de l'amortisseur. Il s'agit donc de comprendre comment sont modifiées les propriétés du fluide magnétorhéologique et en quoi cela permet la création d'un système innovant d'amortissement.

Objectifs du TIPE du candidat

Ainsi, notre axe de recherche se concentrera sur l'étude de la viscosité du fluide magnétorhéologique afin de comprendre le fonctionnement d'un tel système d'amortissement. En effet, les propriétés physiques de ce fluide sont modifiées par le biais d'interactions magnétiques amenant la formation d'agrégats et provoquant donc des contraintes associées à un amortissement.

Ce suivi des propriétés rhéologiques du fluide s'inscrit dans la modélisation d'un amortisseur dont les résultats expérimentaux montreront sa singularité par rapport à un amortisseur ordinaire. Une approche globale sera alors réalisée par mon camarade afin de comparer ces deux modèles.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

On se propose ainsi d'étudier la structure d'un amortisseur automobile, et de comparer d'un point de vue théorique le modèle de l'amortisseur magnétorhéologique et celui de l'amortisseur « classique ». Pour cela, on procèdera à une description détaillée des différents systèmes existants, et on discutera de différents paramètres, tels que leur coût ou leur efficacité.

Parallèlement sera effectuée par mon camarade l'étude théorique du comportement d'un fluide magnétorhéologique sous l'effet d'un champ magnétique.

Puis, ensemble, nous réaliserons la modélisation d'un amortisseur à fluide magnétorhéologique, et, par des mesures expérimentales telles que des mesures de viscosité, nous comparerons à la théorie.

Abstract

During our TIPE, we tried to reproduce and simplify a specific model of damper, using ferrofluids, in order to understand and check its properties. After we managed to produce our own ferrofluid, we observed its behaviour under a magnetic field with a microscope and highlighted its magnetic properties through an optical experiment, involving its anisotropy. Then, we studied the flow of a commercial ferrofluid in order to predict its movement in the modelling. Finally, our modelling, using a syringe and a U-shaped plastic tube, puts forward the changing rheological properties of this magnetic fluid.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES (SOES) : Chiffres clés du transport – Edition 2017 : <http://www.statistiques.developpement>

durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Pu_blications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf (site consulté en avril 2017)

[2] CENTRE INTERPROFESSIONNEL TECHNIQUE D'ETUDES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE : Rapport d'évolution des émissions par grand secteur – Particules en suspension :

http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution_emi_gd_secteurs (site consulté en décembre 2017)

- [3] HUSSEIN SLEIMAN : Systèmes de suspension semi-active à base de fluide magnétorhéologique pour l'automobile : *École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers NNT : 2010-ENAM-0020*
- [4] PIERRE-YVES BOCQUET : L'électricité regonfle les amortisseurs : *L'Usine Nouvelle n°2964*
- [5] DELPHI CORPORATION : Fiche technique – Chassis and steering system : <https://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=488981>
- [6] STEFAN ODENBACH : Magnetoviscous Effects in Ferrofluids : *Odenbach S., Thurm S. (2002) Magnetoviscous Effects in Ferrofluids. In: Odenbach S. (eds) Ferrofluids. Lecture Notes in Physics, vol 594. Springer, Berlin, Heidelberg*
- [7] ELISE BOURDIN, JULIE CHARMASSEN, JULIEN BAGLIO : Mesure de viscosités par relaxation d'anisotropie dans un ferrofluide : *ENS Cachan 2007*
- [8] GUILLAUME LALLET ET PAUL VERDIER : Introduction aux ferrofluides et suspensions magnéto-rhéologiques : http://physique.unice.fr/sem6/2013-2014/PagesWeb/PT/Turbulence/DL/Susp_Mag_CR.pdf (site consulté en avril 2017)
- [9] BENSON KONG : For Cadillac and Corvette Fans: Exploring the History of GM's Magnetic Ride Control : <http://www.motortrend.com/news/for-cadillac-and-corvette-fans-exploring-the-history-of-gm-magnetic-ride-control-318181/> (site consulté en décembre 2017)

Références bibliographiques (phase 3)

- [1] CHARLOTTE RIVIERE : Les colloïdes magnétiques et leur utilisation biophysique dans la détection, le guidage et le suivi cellulaire in vitro et in vivo : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00096699>

DOT

- [1] *Synthèse d'un ferrofluide de novembre à décembre. Fabrication lors de 3 séances d'un ferrofluide organique à l'aide d'un protocole validé par le laboratoire de chimie de notre lycée.*
- [2] *Étalonnage d'un électroaimant en janvier en prévision des expériences à venir. Tracé d'une courbe liant champ magnétique et courant électrique qui servira à connaître précisément le champ créé.*
- [3] *Première tentative de modélisation d'un amortisseur en février à l'aide d'un dispositif impliquant des seringues et un tube de verre. Problèmes de fuite rencontrés lors de l'application d'une pression sur le système, report de la manipulation.*
- [4] *Mise en valeur de l'anisotropie optique du ferrofluide synthétisé sous l'influence d'un champ magnétique variable à l'aide d'un dispositif impliquant un luxmètre. Remplacement du luxmètre par une photodiode et de la cuve de ferrofluide par une lame. Critiques et vérifications des propriétés fondamentales du ferrofluide.*
- [5] *Observation du ferrofluide synthétisé au microscope, application d'un champ magnétique sur le fluide et utilisation de la caméra du microscope pour capturer les changements observés.*
- [6] *Deuxième tentative de modélisation de l'amortisseur, en mars, en remplaçant le tube de verre par un tube non-rigide en plastique et la seringue réceptrice par une cuve graduée afin d'empêcher les fuites dues à la pression. Problème de fluidité de l'écoulement à l'entrée de la cuve. Report de la manipulation.*

[7] *Mesure du temps de l'écoulement d'un ferrofluide en avril, après un étalonnage à l'aide de glycérol, à la sortie d'une burette en fonction du champ magnétique appliqué. Critiques des résultats et obtention de la viscosité en fonction du temps d'écoulement grâce à l'hypothèse d'un écoulement de Poiseuille.*

[8] *Modélisation de l'amortisseur, observation de l'écoulement du fluide dans le tube et non dans la seringue, mesure du niveau de fluide en fonction du champ magnétique appliqué à l'aide d'un procédé optique permettant la projection du tube sur un écran.*

Amortissement d'ondes sismiques dans une tour à l'aide d'un pendule

La tour Taipei 101 est une des plus hautes tours du monde et se situe dans un pays à haut risque sismique, il était donc nécessaire de mettre en place une méthode permettant la durabilité du projet. On trouve aujourd'hui dans la tour un pendule servant de système anti-résonnant.

Lors d'un séisme, le mouvement du sol se propage à la tour par une interface commune: il y a interaction entre ces deux milieux. Sans amortissement de ces ondes mécaniques, le bâtiment peut être amené à rompre.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tour</i>	<i>Tower</i>
<i>Résonance</i>	<i>Resonance</i>
<i>Ondes sinusoïdales</i>	<i>Sinusoidal wave</i>
<i>Amortisseur à masse accordée</i>	<i>Tuned Mass Damper</i>
<i>Couplage d'oscillateurs</i>	<i>Oscillator coupling</i>

Bibliographie commentée

Dans notre figure d'urbanisation actuelle, les immeubles ont la cote et on les construit de plus en plus proches des nuages, défiant la gravité et autres exigences environnementales. Taipei 101, livré en 2004, est le quatrième plus haut gratte-ciel au monde. Il surplombe la ville de Taipei à Taiwan de ses quelques 510 mètres. Lors de sa conception, les architectes et ingénieurs ont dû faire face à des contraintes multiples pour assurer la solidité de la structure : dans un premier temps les bourrasques de vent qui, sur une telle surface ne sont pas négligeables et dans un second temps, plus rare mais néanmoins bien plus destructeur, les séismes[3]. Taiwan est en effet proche d'une faille sous marine, ce qui en fait une île à forte activité sismique. Le 6 février 2018, un tremblement de terre détruit six bâtiments, en 2016, c'est dix et c'est 1999 qu'un séisme de 7,6 sur l'échelle de Richter fait s'écrouler 18 000 maisons. C'est le neuvième séisme le plus dévastateur de l'histoire.[1]

Il a donc fallu mettre en place un système pour permettre d'insensibiliser la tour à ces ondes sismiques. Dans mon travail, je vais parler uniquement de comment amortir les ondes sismiques. Je laisse donc de côté l'utilisation de l'architecture pour renforcer un bâtiment, même si cette tour se

répartit sur neuf étages en forme de pagode, charpente locale qui a déjà fait ses preuves pour ce genre de contraintes.[2]

Les ingénieurs ont alors choisi de mettre en place un amortisseur à masse accordée (souvent appelé Tuned Mass Damper ou TMD, ou AMA). Il s'agit d'un pendule de 726 T (0,24% de la masse totale du building!) qui se balance au niveau du quatre-vingt-sixième étage[3]. On dit que ce pendule est "accordé" car les câbles et vérins auxquels la masse est reliée peuvent voir leur longueur, coefficients de frottement ou raideur et autres paramètres modifiés pour optimiser le système. Cela permet de choisir une fréquence pour laquelle les deux systèmes tour et pendule oscilleront avec un déphasage qui permettra de dissiper les énergies mécaniques[4].

Maintenant, pour pouvoir avoir une idée des échanges d'énergies qui opèrent au sein de l'AMA et aussi, entre autres, faire des calculs de fréquence de résonance, il a fallu modéliser le système {tour, TMD}. On peut représenter cet ensemble par deux oscillateurs unidimensionnels couplés et mis en mouvement par une force extérieure, ici les ondes sismiques[5][6]. Ces deux oscillateurs sont composés chacun d'un ressort (partie oscillateur) et d'une force de frottement fluide (partie amortisseur). Grâce à la mise en équation du système, on peut obtenir une formule pour calculer la fréquence de résonance, premier point important pour la manipulation.

Forte de cette modélisation, papier, j'ai voulu réaliser une maquette pour observer les phénomènes de résonance et d'amortissement[7]. J'ai choisi de représenter une tour carrée à deux étages en contreplaqué avec des montants en plastique souple. Je l'ai fixée sur un mécanisme de tiroir. N'ayant pas d'installation TAMARIS[2] à portée de main pour simuler le séisme, j'y ai attaché à l'horizontale un vibreur de Melde amplifié pour qu'il fasse coulisser la tour d'avant en arrière. D'où l'intérêt des montants de tiroir. Enfin, pour observer les mouvements de la tour, j'ai collé un accéléromètre sur le dernier étage[8].

Les buts des premières manipulations étaient de trouver une fréquence de résonance expérimentale de la tour à vide à l'issue d'un choc ou par wobulation, en plus de mesurer le temps d'amortissement sans pendule. Ensuite, un pendule a été mis en place sous l'étage du haut et différents paramètres (longueur, masse...) ont été testés pour améliorer le système d'amortissement, c'est à dire la vitesse de retour à l'équilibre. L'on pourra aussi réaliser des tests en soufflerie pour vérifier si le système est aussi à l'épreuve des rafales de vent.

Problématique retenue

Pour éviter que le bâtiment rompe sous l'effet de contraintes oscillatoires, on introduit un amortisseur à masse accordée. On cherchera à savoir comment il fonctionne et de quelles façons on peut l'utiliser dans l'architecture pour éviter qu'une tour s'écroule.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose de :

1. comprendre l'action du TMD à travers des *modélisations*
2. réaliser la *maquette* d'une tour dont on obtiendra la *fréquence de résonance* de façon théorique et expérimentale;

3. *coupler à un pendule* cette tour qui tiendra lieu d'amortisseur à masse accordée :
- a) permettre au système {tour+pendule} d'*amortir ses vibrations au plus vite* ;
 - b) pour éviter que l'amplitude des mouvements soit trop importante, ce qui pourrait engendrer la casse, on veillera à ce que la *fréquence de résonance du système {tour+pendule}* soit hors des *fréquences classiques d'une onde provenant d'un tremblement de terre*.

Abstract

In order to avoid buildings crumbling in seismic areas, we have to address different issues such as oscillations amplitude, shock absorption time and resonance frequency. As in Taipei 101 tower, I chose to use a pendulum to answer such problematics. To witness its effects, I made two models of tower but the second one, because of its simplicity, worked better. After finding the right length and mass, I clearly saw a drop in the first two issues and that the resonance frequency of the whole system drifted to larger ones, showing that my work was on the right path.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] JACQUES MAZEAU : Petite encyclopédie des grandes catastrophes : *Acropole, 2006*
- [2] Y. PIGENET : Des bâtiments qui résistent aux séismes : *2005*,
<http://www.savoirs.essonne.fr/thematiques/la-terre/geophysique/des-batiments-qui-resistent-aux-seismes/>
- [3] DENNIS POON : Structural Design of Taipei 101, the World's Tallest Building : *2004*,
<http://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1650-structural-design-of-taipei-101-the-worlds-tallest-building.pdf>
- [4] JEROME J. CONNOR : Introduction to Structural Motion Control : *Prentice Hall, 2002*
- [5] J.-P. PEREZ : Mécanique, Fondements et applications : *Masson, 1997*
- [6] SUJET MINES PHYSIQUE 2 MP : Grette-ciels et Tours : *2007*,
http://www.prepamag.fr/concours/pdf/enonces.pdf/2007/MP_PHYSIQUE_MINES_2_2007.enonce.pdf
- [7] SUJET OLYMPIADES DE PHYSIQUE : Passive Tuned Mass Damper, un sujet qui secoue pas mal (Comment faire de la physique à moindre coût) : *2015/2016*,
http://www.odpf.org/images/archives_docs/23eme/memoires/EquipeQ/memoire.pdf
- [8] GO TRONIC SARL : Notice de l'accéléromètre ACCM2G : <https://www.gotronic.fr/pj-541.pdf>

DOT

- [1] [Octobre 2017] : Après plusieurs idées de sujets, le choix se porte définitivement sur celui-ci.
- [2] [20 octobre 2017] : Le TMD et la tour forment un système d'oscillateurs ! Je trouve les premiers documents à ce sujet.
- [3] [27 novembre 2017] : Finalisation de la première maquette.
- [4] [30 novembre 2017] : Abandon de l'idée du pointage, décision de partir sur un accéléromètre.
- [5] [Janvier 2018] : Premières expérimentations avec un pendule. Le câble utilisé en temps que tel tape contre les montants.
- [6] [Février 2018] : Nouveau pendule ayant un mouvement plan. Pourtant, même en faisant varier

la masse et la longueur, il n'a aucun effet.

[7] *[Mars 2018] : Mise en place de la seconde maquette. Les effets du pendule sont ceux attendus.*

Etude des différentes caractéristiques d'une couverture de survie

Une couverture de survie est utilisée notamment par les secouristes afin de maintenir le corps à une température autour de 37°C pour éviter une hypothermie.

En effet, elle est isolante, imperméable et possède diverses caractéristiques intéressantes couvrant plusieurs domaines de la physique.

Sa capacité isolante, malgré sa très faible épaisseur provient de son fonctionnement principalement basé sur le rayonnement.

La couverture isothermique peut être considérée comme une interface entre l'air extérieur et le corps humain qui permet une rupture entre ces deux milieux. Un flux thermique est donc échangé entre la face réfléchissante de la couverture et le corps rayonnant.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- BIEAU Clara

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>couverture de survie</i>	<i>survival blanket</i>
<i>rayonnement</i>	<i>radiation</i>
<i>résistance thermique</i>	<i>heat resistance</i>
<i>épaisseur</i>	<i>thickness</i>
<i>flux thermique</i>	<i>thermal flux</i>

Bibliographie commentée

La couverture de survie classique possède deux faces reconnaissables en général par leurs couleurs : celle dorée et celle argentée qui ont toutes deux leur spécificité [1],[2],[3]. Cependant il existe d'autres sortes de couvertures isothermiques comme le bivvy bag ou le space blanket [4] plus épaisses et plus résistantes.

La couverture de survie classique a une dimension standard de 2,20 mètres par 1,40 mètres, sa masse très légère est de 60 grammes. La couverture de survie est très isolante et peut être utilisée sur un large intervalle de températures allant de -10°C à + 40°C [2]. La matière principale de ces couvertures isothermiques est le polyéthylène téréphthalate (PET) reconnu pour ses qualités imperméables et résistantes : sa résistance à la traction est élevée 1,750 kg/cm² au vu de sa faible épaisseur [5]. En effet, la couche constituée de ce matériau est très fine et on y ajoute de l'aluminium [6] par évaporation sous vide (principe élaboré par la NASA en 1964). D'où la couleur brillante de la couverture et sa mince épaisseur qui est d'environ 13 micromètres [2] qui implique une résistance quasi-nulle (ces deux grandeurs étant proportionnelles). Ce sont ces caractéristiques qui expliquent que le mode de transfert thermique par rayonnement soit privilégié, la conduction et la convection n'entrant presque pas en jeu.

Les différentes qualités de la couverture dépendent de la face qui est tournée vers le corps. En effet, la face argentée placée vers l'intérieur permet de conserver la chaleur que l'individu émet car elle réfléchit jusqu'à 90% du rayonnement infrarouge [1],[2],[3]. Cette disposition protège donc de l'hypothermie, du froid et des intempéries mais permet surtout de conserver la température du corps. A l'inverse, le côté argenté tourné vers l'extérieur va réfléchir les rayons infrarouges provenant du soleil et donc lutter contre la chaleur et une possible insolation.

Cependant, la fonction de la face dorée est un sujet controversé. En effet, certains pensent qu'elle n'a pour but que de rendre l'utilisateur plus visible lorsqu'elle est placée à l'extérieur [3]. D'autres avancent que le côté doré a un pouvoir moins réflecteur que celui argenté : il absorberait donc une partie du rayonnement [2]. Dans ce cas, placée à l'extérieur elle laisserait passer une partie du rayonnement solaire, qui chaufferait le corps par effet de serre [7] une fois « piégé » à l'intérieur. Utilisée dans l'autre sens, elle filtrerait le rayonnement dégagé par le corps. L'émission de chaleur du corps s'explique par plusieurs facteurs : il faut comprendre qu'à 37°C le corps humain rayonne et émet des photons. Lorsque ces particules se trouvent opposées à une surface « noire », leur vitesse s'annule et l'énergie qui en résulte se transforme en chaleur [8].

De plus, l'usage de la couverture de survie est contre indiquée en cas d'orage, d'utilisation d'un défibrillateur et à proximité de matières incandescentes, l'aluminium étant un matériau conducteur. [6]

Par ailleurs, une analogie est possible entre le Multi Layers Insulation (MLI) que l'on peut traduire par isolant multicouches, et la couverture de survie. Cet isolant a été créé par la NASA et utilisé principalement sur les satellites afin de lutter contre le rayonnement direct du soleil dans l'espace [9] et de favoriser la régulation de la température, ceux-ci étant exposés à de fortes variations de celle-ci. Ce type de transfert thermique par rayonnement est le seul que l'on retrouve dans le vide, les ondes électromagnétiques ne nécessitant pas de support pour se propager [10]. Leur fonctionnement est donc similaire, le MLI ne protégeant pas des transferts convectifs et conductifs. Le MLI qui recouvre les satellites peut être argenté, doré ou noir en fonction du degré de réflexion souhaité. La couverture de survie est donc bien un dérivé, d'où l'analogie.

Problématique retenue

La couverture de survie présente des propriétés intéressantes pour protéger un corps du froid comme de la chaleur, mais est-elle correctement utilisée ? Quelles sont ses principales caractéristiques ?

Objectifs du TIPE du candidat

On va vérifier le pouvoir réflecteur de chacune des faces de la couverture de survie, ainsi que la validité du modèle d'une résistance thermique quasi-nulle.

De plus, je vais pour ma part modéliser grossièrement la couverture de survie par une plaque de PET et de l'aluminium, calculer son épaisseur et en déduire la résistance thermique de celle-ci et la comparer à celle de la couverture. Si possible, je voudrais faire la même comparaison avec le MLI apposé sur les satellites.

Enfin, on veut analyser l'isolation que nous offrent les deux dispositions de la couverture.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Le mode de transfert thermique principal d'une couverture de survie est le rayonnement. On va donc vérifier le pouvoir réflecteur de chacune des faces, ainsi que la validité du modèle d'une résistance thermique quasi-nulle.

De plus, on voudrait comparer l'isolation que nous offrent les deux dispositions de la couverture.

Ensuite, s'il est possible de me procurer du MLI, je voudrais comparer ce type d'isolant avec notre couverture.

Enfin, je voudrais vérifier sa solidité en déterminant sa résistance à la traction.

Abstract

Study of the characteristics of a survival blanket :

The survival blanket has different uses, especially to keep the body temperature to avoid hypothermia or hypertermia, according to which blanket's side is placed on the radiating body.

Indeed, this survival blanket is insulating, waterproof and its small thickness explains why its principle is based on radiation and not conduction or convection.

Moreover, a comparison is possible between the survival blanket and the multi layers insulation which is affixed to the satellites to fight against the direct radiation of the sun in space and to promote the regulation of the temperature.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] NATHALIE MAYER : Comment utiliser une couverture de survie et quel est son principe ? :

<https://www.futura-sciences.com/sante/questions-reponses/corps-humain-utiliser-couverture-survie-son-principe-6652/>

[2] AUTEUR YLEA : Quel est l'intérêt d'une couverture de survie ? :

<https://www.ylea.eu/couverture-survie-d79.html>

[3] AUTEUR CHOSES À SAVOIR : Comment fonctionne une couverture de survie? :

<https://www.chosesasavoir.com/fonctionne-couverture-de-survie/>

[4] AUTEUR GUIDE DE SURVIE : Couverture de survie - Guide ultime : <http://www.guide-de-survie.com/couverture-de-survie/>

[5] AUTEUR GOOD FELLOW : Polyéthylène Téréphthalate - Informations matériau : <http://www.goodfellow.com/F/Polyethylene-terephthalate.html>

[6] AUTEUR HISTALU : L'aluminium : Carte d'identité : <http://www.histalu.org/laluminium/laluminium-carte-didentite/>

[7] JEAN-LOUIS DUFRESNE ET JACQUES TREINER : L'effet de serre atmosphérique : *Revue du Palais de la Découverte n°373 2011*

[8] JEAN HLADIK : Métrologie des propriétés thermophysiques des matériaux : *Masson 1990*

[9] AUTEUR THERMIQUE DU BÂTIMENT : Isolation multi-couches : http://www.thermique-du-batiment.wikibis.com/isolation_multi-couches.php

[10] AUTEUR NASA : A Shining Example of Space Benefits : https://www.nasa.gov/vision/earth/technologies/silver_insulation.html

DOT

[1] *Essai de synthétiser le PET (Chimie) en octobre, cependant la manipulation était trop dangereuse*

[2] *Détermination du pouvoir réflecteur des deux faces de la couverture en novembre*

[3] *Création d'une plaque de PET par une imprimante 3D pour un essai de comparaison avec la couverture (épaisseur et résistance). Cependant l'épaisseur était variable donc trop d'erreurs de mesure.*

[4] *Visite à Airstar Aerospace à Toulouse le 14 mai, Mme Remy nous donne un morceau de 2m carré de MLI (Multi Layers Insulation) utilisé sur les satellites*

[5] *Obtention du MLI (Multi Layers Insulation) utilisé sur les satellites le 14 mars à Airstar Aerospace à Toulouse*

[6] *Réalisation d'une série d'expériences en faisant varier la source et l'environnement afin de déterminer le sens d'utilisation optimal de la couverture en mars-avril*

[7] *Détermination du pouvoir réflecteur du MLI en mai*

[8] *Détermination de la résistance thermique de la couverture et du MLI avec un banc de mesure de résistance thermique en mai*

Modélisation d'un amortisseur par l'étude de la viscosité d'un ferrofluide.

Le développement rapide des technologies de transport et les innovations fréquentes qui ont lieu dans ce domaine nous ont poussés à nous intéresser au concept innovant de l'amortissement ferrofluide. Le fluide utilisé possède des propriétés magnétiques, qui seront mises à profit lors de notre modélisation.

L'interaction magnétique qui a lieu dans le modèle de l'amortisseur ferrofluide, et l'étude de ses conséquences sont les points clés de notre sujet. Ainsi, le comportement du ferrofluide vis-à-vis de son environnement, et en particulier les variations de sa viscosité seront mis à l'étude lors de notre expérimentation.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- MOUHOUBI Rakine

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), CHIMIE (Chimie Inorganique), PHYSIQUE (Physique Théorique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fluide</i>	<i>Fluid</i>
<i>Viscosité</i>	<i>Viscosity</i>
<i>Magnétorhéologique</i>	<i>Magnetorheological</i>
<i>Amortisseur</i>	<i>Damper</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>

Bibliographie commentée

Depuis le début des années 2000, la parc automobile français s'est accru de plus de 5 millions de véhicules. En 2015, l'ensemble des voyageurs sur le territoire français a parcouru 928 milliards de kilomètres, dont 728 en véhicules individuels. En effet, le transport en véhicules particuliers représente 79,5 % du transport total de voyageur [1].

Ces chiffres démontrent le développement rapide nécessaire dans le domaine des technologies de transport, et l'aspect crucial de l'optimisation des systèmes, à des fins environnementales. Ainsi, les questions de consommation d'énergie, d'émissions de gaz à effets de serre, et de rejets de substances

polluantes sont au cœur du domaine des technologies du transport [2].

Le secteur de la construction automobile joue donc un rôle indispensable dans la politique de développement durable à mener dans les prochaines années. L'optimisation de la dynamique d'un véhicule, et du fonctionnement de chaque pièce automobile est alors à considérer.

L'amortisseur automobile a pour but de diminuer la violence des chocs, l'amplitude des oscillations du véhicule, en amortissant ses vibrations par dissipation d'énergie. Il joue donc un rôle fondamental dans l'optimisation du confort et de la performance du véhicule.

Le modèle le plus courant actuellement dans l'industrie automobile est celui de l'amortissement hydraulique à ressort, où l'abaissement d'un piston est amorti par la circulation d'un fluide à travers celui-ci. Ont également été développés plus récemment des systèmes de suspension dite « pneumatique » et « hydractive », plus fiables et plus compacts, mais dont le coût est plus élevé que celui de l'amortisseur à ressort [3].

Mais malgré le développement de systèmes élaborés, les constructeurs rencontrent des difficultés à allier confort et dynamisme, alors même que les véhicules deviennent polyvalents, et que les exigences des conducteurs se diversifient [4].

Le développement de nouvelles techniques ouvre alors des perspectives multiples. On s'intéresse en particulier au modèle de suspensions développé d'abord par l'entreprise Delphi Corporation, reposant sur les caractéristiques d'un fluide magnétorhéologique, dont la viscosité est variable, et modulable [5].

Les fluides magnétorhéologiques sont en effet des suspensions colloïdales de nanoparticules ferromagnétiques de quelques micromètres de diamètre, dans un solvant. Ces particules ont la particularité de former un agrégat de matière sous l'effet d'un champ magnétique : le fluide change alors de viscosité [6][7].

Leur utilisation dans le cas d'un amortisseur se fait donc par contrôle de la viscosité du fluide, en fonction de la sollicitation de l'amortisseur. Des bobines sont ainsi intégrées au système, et permettent de maîtriser la résistance à l'écoulement du fluide. Des capteurs offrent de l'information en temps réel, et permettent ainsi un amortissement s'adaptant continuellement [3][8].

La technologie ainsi développée surpasse ses prédécesseurs, puisque, par son adaptabilité, elle propose un amortissement maximal plus efficace (et donc un plus grand degré de contrôle du véhicule en cas de fortes oscillations), mais aussi un amortissement minimal plus doux, assurant un plus grand confort lors de faibles oscillations. Elle est fiable, et très rapide, puisque le temps de boucle du système de contrôle est de l'ordre de la milliseconde : le système est capable de modifier le flux du liquide 1000 fois par seconde. De plus, l'absence de point de frottement dans le système garantit une usure moindre, et un entretien minimal [9].

On se propose donc de modéliser un amortisseur à fluide magnétorhéologique, dans le cadre de l'étude de ses avantages par rapport à un amortisseur classique, mais aussi de l'étude des propriétés du fluide impliqué.

Problématique retenue

Le contrôle du fluide à l'intérieur du système de suspension et la prévision de son comportement sont essentiels au fonctionnement de l'amortisseur. Il s'agit donc de comprendre comment sont modifiées les propriétés du fluide magnétorhéologique, et en quoi cela permet la création d'un système innovant d'amortissement.

Objectifs du TIPE du candidat

On se propose ainsi d'étudier la structure d'un amortisseur automobile, et de comparer d'un point de vue théorique le modèle de l'amortisseur magnétorhéologique et celui de l'amortisseur « classique ». Pour cela, on procèdera à une description détaillée des différents systèmes existants, et on discutera de différents paramètres, tels que leur coût ou leur efficacité.

Parallèlement sera effectuée par mon camarade l'étude théorique du comportement d'un fluide magnétorhéologique sous l'effet d'un champ magnétique.

Puis, ensemble, nous réaliserons la modélisation d'un amortisseur à fluide magnétorhéologique, et, par des mesures expérimentales telles que des mesures de viscosité, nous comparerons à la théorie.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Ainsi, notre axe de recherche se concentrera sur l'étude de la viscosité du fluide magnétorhéologique afin de comprendre le fonctionnement d'un tel système d'amortissement. En effet, les propriétés physiques de ce fluide sont modifiées par le biais d'interactions magnétiques amenant la formation d'agrégats et provoquant donc des contraintes associées à un amortissement.

Ce suivi des propriétés rhéologiques du fluide s'inscrit dans la modélisation d'un amortisseur dont les résultats expérimentaux montreront sa singularité par rapport à un amortisseur ordinaire. Une approche globale sera alors réalisée par mon camarade afin de comparer ces deux modèles.

Abstract

During our TIPE we've tried to reproduce and simplify a specific model of damper using ferrofluids, in order to understand and verify its properties. After we managed to produce our own ferrofluid, we observed its behaviour under a magnetic field with a microscope and highlighted its magnetical properties through an optical experiment, involving its anisotropy. Afterwards, we've studied the flow of a commercial ferrofluid in order to predict its movement in the modelling of our damper. That modelling has finally been achieved by using a syringe and a U-shaped plastic tube containing the ferrofluid.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES (SOES) : Chiffres clés du transport - Edition 2017 :

http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf

[2] CENTRE INTERPROFESSIONNEL TECHNIQUE D'ÉTUDES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE : Rapport d'évolution des émissions par grand secteur – Particules en suspension :

http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution_emi_gd_secteurs

[3] HUSSEIN SLEIMAN : Systèmes de suspension semi-active à base de fluide magnétorhéologique

- pour l'automobile : *Thèse, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers NNT : 2010-ENAM-0020*
- [4] PIERRE-YVES BOCQUET : L'électricité regonfle les amortisseurs : *L'Usine Nouvelle n°2964*
- [5] DELPHI CORPORATION : Fiche technique – Chassis and steering system : <https://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=488981>
- [6] STEFAN ODENBACH : Magnetoviscous Effects in Ferrofluids : *Odenbach S., Thurm S. (2002) Magnetoviscous Effects in Ferrofluids. In: Odenbach S. (eds) Ferrofluids. Lecture Notes in Physics, vol 594. Springer, Berlin, Heidelberg*
- [7] ELISE BOURDIN, JULIE CHARMASSEN, JULIEN BAGLIO : Mesure de viscosités par relaxation d'anisotropie dans un ferrofluide : *ENS Cachan 2007*
- [8] GUILLAUME LALLET ET PAUL VERDIER : Introduction aux ferrofluides et suspensions magnéto-rhéologiques : http://physique.unice.fr/sem6/2013-2014/PagesWeb/PT/Turbulence/DL/Susp_Mag_CR.pdf
- [9] BENSON KONG : For Cadillac and Corvette Fans: Exploring the History of GM's Magnetic Ride Control : <http://www.motortrend.com/news/for-cadillac-and-corvette-fans-exploring-the-history-of-gm-magnetic-ride-control-318181/>

DOT

- [1] *Synthèse d'un ferrofluide de novembre à décembre. Fabrication lors de 3 séances d'un ferrofluide organique à l'aide d'un protocole validé par le laboratoire de chimie de notre lycée.*
- [2] *Étalonnage d'un électroaimant en prévision des expériences à venir. Tracé d'une courbe liant champ magnétique et courant électrique qui servira à connaître précisément le champ créé.*
- [3] *Première tentative de modélisation d'un amortisseur à l'aide d'un dispositif impliquant des seringues et un tube de verre. Problèmes de fuite rencontrés lors de l'application d'une pression sur le système, report de la manipulation.*
- [4] *Mise en valeur expérimentale de l'anisotropie optique du ferrofluide synthétisé sous l'influence d'un champ magnétique variable à l'aide d'un dispositif impliquant un luxmètre. Remplacement du luxmètre par une photodiode et de la cuve de ferrofluide par une lame. Critique des résultats et vérification des propriétés fondamentales du ferrofluide.*
- [5] *Observation du ferrofluide synthétisé au microscope, application d'un champ magnétique sur le fluide, et utilisation de la caméra du microscope pour capturer les changements observés.*
- [6] *Deuxième tentative de modélisation de l'amortisseur en remplaçant le tube de verre par un tube non-rigide en plastique, et la seringue réceptrice par une cuve graduée afin d'empêcher les fuites dues à la pression. Problème de fluidité de l'écoulement à l'entrée de la cuve. Report de la manipulation.*
- [7] *Mesure du temps de l'écoulement d'un ferrofluide à la sortie d'une burette en fonction du champ magnétique appliqué et comparaison à une espèce étalon (glycérol). Critique des résultats et obtention de la viscosité en fonction du temps d'écoulement grâce à l'hypothèse d'un écoulement de Poiseuille.*
- [8] *Modélisation de l'amortisseur, observation de l'écoulement du fluide dans le tube et non dans la seringue, mesure du niveau de fluide en fonction du champ magnétique appliqué à l'aide d'un procédé optique permettant la projection du tube sur un écran.*

Analyse expérimentale et prédiction numérique d'un lancer sous effet magnus

Les utilisations de l'effet magnus à travers la pluralité sportive en fait un outil indispensable et intéressant à analyser. Dès lors, j'ai trouvé ça captivant d'essayer de prédire la trajectoire d'une balle sous cet effet à l'aide d'une simulation numérique la plus précise possible.

Les différentes conditions dans le milieu et le lanceur étudié nous poussent à réfléchir de façon détaillée sur chaque interaction entre la balle et le fluide environnant pour améliorer la précision de la simulation. Des approximations seront de plus nécessaires à la bonne réalisation de ce tipe.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- CATHALA Théo

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Effet Magnus</i>	<i>Magnus Effect</i>
<i>Écoulements</i>	<i>Fluid Flows</i>
<i>Simulation numérique</i>	<i>Numerical Simulation</i>
<i>Précision</i>	<i>Precision</i>
<i>Statistique Descriptive</i>	<i>Descriptive Statistics</i>

Bibliographie commentée

La variation de trajectoire des corps en rotation a été pour la première fois observée au 18^e siècle. Un siècle plus tard, les conséquences de cette rotation sont utilisées pour augmenter la portée des balles de l'armée prussienne. L'effet est ensuite étudié en détail par un scientifique nommé Heinrich Gustav Magnus, dans les années 1850[1].

De nos jours, l'effet Magnus a des implications concrètes dans plusieurs domaines tels que l'aérodynamisme avec l'existence des voiles Fletner, le sport ou encore dans la balistique [4].

L'effet Magnus considéré résulte d'une différence de vitesse des courants d'air englobant la balle (en l'occurrence) causée par la rotation, selon la direction de celle-ci. D'un côté la vitesse de l'air sera augmentée ce qui entraîne une baisse de pression, l'autre côté sera décéléré et entraînera une hausse de pression. C'est cette dissymétrie qui engendre l'effet Magnus comme l'indique la théorie de Bernoulli[4,5].

Nous avons donc choisi de modéliser et de simuler une trajectoire d'une balle de ping-pong sous effet magnus dans un l'air.

Cependant l'effet Magnus théorique suppose des hypothèses puissantes, très éloignées de la réalité physique de celui-ci. L'incompressibilité de l'air n'étant pas remis en cause à très faible vitesse[2,7], l'hypothèse du caractère laminaire de l'écoulement cisailé auquel est soumise la balle est très contestable[6]. Il est donc important de se dédouaner des grossières hypothèses que le modèle met en place pour arriver à une simulation ayant le plus de précision possible.

Pour se faire, nous créerons un lanceur réel ayant pour constituants principaux deux roues tournant à des vitesses différentes afin de reproduire une rotation de la balle « identique » à chaque lancers suivant le modèle des différentes recherches menées [1,7]. Ceci nous servira de repère pour les conditions initiales et dynamiques de notre simulation qui sera réalisée à partir du logiciel FLUENT. Le choix de ce logiciel s'avère crucial car le traitement numérique d'un écoulement quelconque est essentiel pour la réalisation de ce TIPE. En outre, Fluent nous permet de nous approcher au mieux des interactions solide/fluide s'appliquant sur la balle durant l'expérience. Les différents maillages, c'est-à-dire les différents découpages de l'espace et du solide, et les modèles de turbulence mis à disposition par le logiciel sont très satisfaisants et nous permettent de simplifier les paramètres de modélisation.

La modélisation construite sera ensuite validée ou s'approchera des résultats expérimentaux obtenus sur une succession de lancers. Des comparaisons statistiques seront nécessaires pour estimer la qualité de la simulation. La théorie analytique classique, malgré ses hypothèses contestables, servira de support à toutes les décisions entreprises pour parfaire la simulation [3].

Problématique retenue

Créer une modélisation numérique sous Fluent, la perfectionner avec la théorie analytique afin de simuler au mieux le lancer réel effectué sera le fil conducteur de ce Tipe.

Comparer ensuite les résultats de la simulation avec ceux expérimentaux et théorique sous un angle statistique permettra de la justifier.

Objectifs du TIPE du candidat

La création d'un lanceur avec un nombre de Reynolds convenable pour travailler dans des conditions confortables sera la première tâche que j'accomplirai avec mon binôme.

Après avoir mesuré les différentes valeurs pendant l'expérience, requises pour amorcer la simulation, je choisirai un modèle de turbulence adéquat et constituerai une simulation que je préciserai. Enfin, l'étude statistique des différents résultats théoriques, expérimentaux et numériques sera capitale. Pour se faire, je comparerai les résultats obtenus avec l'aide d'un tableur, permettant de vérifier la validité de chacuns des procédés.

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

1 La création d'un lanceur avec mon binôme permettant d'obtenir un mouvement de rotation reproductible afin d'étudier au mieux l'effet Magnus.

2 L'établissement des résultats issus de l'observation des trajectoires réelles de la balle projetée par le lanceur pour affiner la simulation

3 Modéliser le plus précisément l'expérience réalisée afin de pouvoir confronter les résultats obtenus et les modèles pris en compte pour s'en approcher.

Abstract

Rotating bodies traveling through a fluid may be affected by the Magnus effect which causes a deviational behavior on their trajectories. This study will be focus on the way this effect alter the trajectories of a ping pong ball throwed by our pitching machine supposed to recreate a viable and reproducible effect on the ball.

Based on this experimental approach, a numeric simulation will be developed on FLUENT and Python to highlight this behavior through results such as fluid flows, streamline, velocity vectors et and his trajectory in the area.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A. TURPAIN, DE BONY DE LAVERGNE : Expériences simples sur l'effet Magnus : *J. Phys. Radium*, 1926, 7 (10)
- [2] K.WÓJCICKI, K.PUCIOWSKI, Z.KULESZA : Mathematical analysis for a new tennis ball launcher : *Bialystok University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Wiejska 45C, 15-351 Bialystok, Poland*
http://www.actawm.pb.edu.pl/volume/vol5no4/WOJCICKI_KULESZA_PUCIOWSKI_EN_2010_085.pdf
- [3] ERIC FURBO, JANNE HARJU & HENRIC NILSSON : Evaluation of Turbulence Models for Prediction of Flow Separation at a Smooth Surface : *Report in Scientific Computing Advanced Course June 2009*
- [4] J.W.M. BUSH : The aerodynamics of the beautiful game : *MIT Course (2013)*
- [5] BAPTISTE DARBOIS TEXIER, CAROLINE COHEN, DAVID QUÉRÉ, CHRISTOPHE CLANET : Physics of knuckleballs : *New J. Phys (2016)*
- [6] NAUMOV V. A., SOLOMENKO A. D., YATSENKO : Influence of the Magnus force on the motion of the spherical solid with a large angular velocity : *Journal of Engineering Physics and Thermoplastic*, 65, No. 3
- [7] GOODWILL S. R., CHIN S.B., HAAKE S.J : Aerodynam-ics of spinning and non-spinning tennis balls : *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92, 935-958.

DOT

- [1] 10/09 : Nos investigations se recentrent sur la mécanique des fluides, plus précisément sur l'effet Magnus qui sera l'élément primordial de notre TIPE. Une ébauche de notre futur lanceur émerge d'une discussion entre notre professeur de physique et nous. Il devrait servir de support à nos simulations.
- [2] 22/09 : Nous prenons rendez-vous avec des étudiants en thèse de mécanique des fluides pour discuter de la possible réalisation d'une simulation d'écoulements de fluide. C'est alors que le logiciel Fluent est pour la première fois mentionné. Le 29/09, nous revenons pour qu'ils nous

apprennent les rudiments du logiciel.

[3] 16/11 : Le portage électronique de tension stabilisée est créé avec l'aide d'un électricien. Les moteurs sont ainsi convenablement alimentés et nous pouvons les insérer dans la structure de notre lanceur. Les essais ne sont pas concluants car l'axe d'une roue est légèrement décentré, provoquant des énormes changements de trajectoires.

[4] 07/01 : 45 lancers sont effectués sur une plaque de carton recouverte de papier carbone pour que les impacts laissent une trace sur celui-ci. Seuls 29 sont concluants et sont en accord avec la théorie décrite par Python. Les conditions initiales du lanceur peuvent être injectées dans la simulation Fluent.

[5] 14/01 : Après maints essais infructueux sur la simulation, nous décidons de décrire les écoulements de fluide en 2D pour plus de facilité. Le modèle de viscosité utilisé convient aux solides effectuant des mouvements de rotation plongés dans un fluide, tel que l'air.

[6] 06/02 : La simulation des écoulements de fluide autour de la balle lancée par notre système est superposable à la théorie. Notre lanceur est donc générateur d'effet Magnus, qui était notre objectif premier. La simulation des lignes de courants confirment nos hypothèses.

[7] 20/03 : Les résultats concordent avec la théorie sous-jacente. Nous effectuons 45 autres lancers, mais seuls 26 sont convenables, nous prenons donc la première série, plus significative comme présentation du modèle. Quelques finitions sont nécessaires, mais le gros du travail est achevé.

Propagation du son dans les objets du quotidien : étude des résonateurs.

Beaucoup de phénomènes se produisant autour de nous ne sont pas visibles à l'oeil nu. Parmi eux, ceux qui m'intéressent sont la propagation du son et les phénomènes de résonance. Ainsi j'ai décidé d'étudier l'influence de divers paramètres sur le son émis dans différents résonateurs.

Mon TIPE porte sur les ondes sonores, lorsqu'elles rencontrent un obstacle matériel comme un objet du quotidien dans un milieu tel que l'air. Lors de l'interaction entre l'onde et une interface, le comportement et les propriétés de l'onde sont modifiés.

Professeur encadrant du candidat :

LAURENT PIETRI (*Pas de téléphone / laurent.pietri@ac-montpellier.fr*)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>résonance</i>	<i>resonance</i>
<i>ondes sonores</i>	<i>acoustic waves</i>
<i>interaction</i>	<i>interaction</i>
<i>propagation</i>	<i>spread</i>
<i>résonateur d'Helmholtz</i>	<i>Helmholtz resonator</i>

Bibliographie commentée

Depuis l'Antiquité, l'homme a conscience que le son est issu d'une vibration mécanique, une variation de pression, et ne se propage pas dans le vide mais uniquement dans des milieux fluides incompressibles comme l'air. Nous verrons que le milieu dans lequel se propage le son est alors déformé et c'est cette déformation que l'on appelle onde sonore ou onde acoustique. Tout comme dans les fluides, une onde sonore peut se propager dans les solides mais ses propriétés sont alors modifiées. [1]

Ce n'est qu'à partir du XVIII^e siècle que l'étude des sciences acoustiques a connu une importante évolution avec les travaux de Daniel Bernoulli, Jean le Rond d'Alembert, Ernst Chladni ou encore Leonhard Euler. Toutefois, ces études sur les ondes acoustiques ont lieu au même moment que le début de la disparition des vases. En effet, dès l'Antiquité, les vases acoustiques sont des poteries en terre cuite ancrées dans les murs et les voûtes des églises médiévales afin d'améliorer leurs acoustiques en absorbant une partie des résonances à la place d'amplifier les sons. Ces vases jouant le rôle de résonateur furent aussi retrouvés dans les théâtres en Grèce Antique et dans les

architectures Romaines. [2]

Nous nous appuyerons sur les travaux du physicien Hermann Von Helmholtz auteur de la théorie sur les fonctionnements des résonateurs et d'un dispositif portant son nom : « le résonateur d'Helmholtz ». Ces résonateurs se comportent de la même manière que des cavités dans lesquelles il ne peut y avoir de propagation car toutes ses dimensions sont petites devant la longueur d'onde correspondant à sa fréquence de résonance. [3] Ces cavités sont constituées d'un volume V terminée par un tube de longueur l et de section s . Leurs fonctionnement est identique à celui d'un oscillateur et elles peuvent être assimilées à un système masse-ressort. Nous verrons que sous l'action d'une onde sonore, émise à l'entrée du tube, l'air contenu dans l'enceinte va vibrer et le système va résonner à une fréquence qui lui est propre. [4]

Les travaux sur les résonateurs nous permettront de faire un lien avec les vases acoustiques des églises médiévales ou encore les l'étude de l'acoustique des salles comme les théâtres, les cinémas ou les salles de concert. Lorsqu'un son est émis dans une salle, les ondes sonores subissent des réflexions sur les parois pour parvenir aux oreilles des auditeurs avec un certain retard. Ce retard résulte des différentes réflexions et l'onde incidente voit alors son intensité décroître. On définit le temps de réverbération comme la durée au bout de laquelle la puissance sonore attend un millionième de sa valeur initiale, soit 60 dB. Nous verrons que le lien entre l'acoustique des salles et le résonateur d'Helmholtz et que ce dernier permet d'atténuer les fréquences médiums. [5]

Problématique retenue

Les objets du quotidien, soumis aux ondes acoustiques, jouent le rôle de résonateurs d'Helmholtz et introduisent le phénomène de résonance. Quelles sont les caractéristiques de ces résonateurs ? Dans quelles mesures ces résonateurs peuvent-ils améliorer l'acoustique des salles ?

Objectifs du TIPE du candidat

A partir de l'étude du comportement des résonateurs face à une onde acoustique, j'ai dégagé plusieurs objectifs.

Je vais d'abord étudier le phénomène de résonance afin de comparer les caractéristiques de plusieurs résonateurs en fonction de différents paramètres propres à chacun. En fonction de ses résultats, je vais pouvoir proposer le modèle de résonateur le plus efficace selon divers critères pour pouvoir conclure quant à leur utilité. Mon projet final est de pouvoir faire un lien entre les vases acoustiques et les résonateurs d'Helmholtz utilisés dans les salles d'aujourd'hui.

Abstract

Everyday, objects reverberate when they are subjected to a sound with a certain frequency. My subject of study deals with the resonance frequency of these resonators according to their characteristics like the volume or the geometry. Finally, goals are to compare the results to the theory of resonators according to several factors and to study the influence of the variation of air into the resonator. Then at the end of this study, we will be able to establish a link between the

Helmholtz resonators and acoustic vessels present in churches or acoustic rooms.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] UNIVERSALIS : Le son : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/sons-production-et-propagation-des-sons/2-le-phenomene-sonore/>
- [2] BÉNÉDICTE PALAZZO-BERTHALON : Les vases dits « acoustiques » dans les églises médiévales : un programme d'étude interdisciplinaire : <http://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/B.%20Palazzo-Bertholon%20et%20al..pdf>
- [3] RICHARD FEYNMAN : le cours de physique de Feynman : "Les cours de référence" DUNOD
- [4] BÉNÉDICTE HAYNE LECOCQ : Study of acoustic comportment of cavitary materials : <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00002205/document>
- [5] JEAN LAPORTE : Acoustique des salles : Magazine son&image 12

DOT

- [1] *Premier choix de TIPE sur l'étude de la résonance des ponts en parallèle de l'étude des figures de Chladni.*
- [2] *En octobre, sans réponse aux différents mails envoyés et après discussion avec les professeurs, recherche d'un nouveau sujet.*
- [3] *Début décembre, suite à la lecture d'un article sur l'acoustique des salles et les vases acoustiques, choix définitif du sujet du tipe: les résonateurs d'Helmholtz.*
- [4] *Premières expériences en décembre mais quelques problèmes pour trouver un micro adapté aux expériences.*
- [5] *Début janvier, tout le matériel nécessaire étant réunis, réalisation d'une série d'expérience en faisant varier la fréquence appliquée aux résonateurs.*
- [6] *A partir de février, analyse des résultats expérimentaux et approfondissement des recherches pour construire le développement du tipe.*
- [7] *Fin mars, les expériences sont terminées, suite des recherches sur la théorie des résonateurs.*
- [8] *De fin mars à début juin, construction du tipe en comparant les résultats expérimentaux à la théorie et études des applications à l'acoustique des salles et des vases acoustiques.*