

Catapultes électromagnétique : transport dans l'espace et utilisation militaire.

Etant personnellement fasciné par l'espace et sachant que la race humaine, peur d'extinction, doit, un jour, devenir multiplanétaire. La catapulte électromagnétique représente, alors une solution fondamentale pour le transport extraterrestre.

Non seulement cela, mais aussi ces catapultes figurent parmi les nouvelles technologies militaires de transport aérien et d'armes futuristiques.

Mon étude est en corrélation avec le thème, car la catapulte électromagnétique constitue un moyen de transport inter et intra-planétaire, d'un côté pour les individus (chasseur à réaction et lancement spatial sans fusée..) et de l'autre côté pour la matière (balles, bombes, charge à haute vitesse).

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Induction</i>	<i>induction</i>
<i>lancement</i>	<i>launching</i>
<i>spatiale</i>	<i>spatial</i>
<i>projectile</i>	<i>projectile</i>
<i>énergie</i>	<i>energy</i>

Bibliographie commentée

Les premières catapultes électromagnétiques sont apparues comme étant un moyen de lancement des véhicules dans l'espace à partir du sol dans le roman de science-fiction « A trip to Venus » 1897, par John Munro, sous le nom de 'Canon électrique' alors que les premiers prototypes apparaissent 124 ans plus tard à MIT (Etats unis).[3]

Une catapulte électromagnétique est constituée de deux parties : une première partie, principalement une source d'énergie (ensemble de condensateurs, bobine supraconductrice ou un moteur d'induction linéaire LIM)[6] et une deuxième partie formée par des rails métalliques sur lesquelles glisse un véhicule et qui transforme l'énergie électrique en une énergie cinétique grâce à la force de Laplace.[2]

Aujourd'hui, cette technologie, développée par General Atomic et nommée EMALS (Electromagnétique Aircraft Launch System), est utilisée par la marine des Etats unis sur leur porte avion de classe Gerald Ford pour le catapultage des avions à la place du système traditionnel utilisant la vapeur (COTABAR) pour gagner en termes de coût, masse, efficacité et

facilité de maintenance et encore en préservant les mêmes performances : accélération des avions de 40 000 kg de 0 à 240 km/h sur un rail de 91m.[4][5]

Ainsi, les militaires sont entrain de développer des canons électromagnétiques capable de propulser des munitions à très grande vitesse d'une part pour les petits armes (pistolet, semi automatiques) et d'autre part pour des armes qui peuvent bombarder des cibles d'une planète depuis une orbite et voir des tirs interplanétaires (terre- lune).[3]

On peut aussi voir des applications importantes des catapultes électromagnétiques dans la quête de l'explorations de l'espace.

D'abord, pour le transport des ressources humaines et matérielles entre les stations d'une même planète, NASA a développé le système LSS (Lunar Surface System) où les charges peuvent atteindre des vitesses de plus de 300 km/h grâce au système électromagnétiques (LEML).[1]

Ensuite, pour le lancement orbital sans fusée où le cout dépasse les 20 milles dollars par kilogramme en orbite basse ,les ingenieurs au NASA affirme le canon électrique est un alternatif incontournable des fusées a réactions chimiques malgré le faite que le record monidal,atteint en 2013, ne dépasse pas les 180 km.[7]

Problématique retenue

Il s'agit d'étudier un modèle de catapulte électromagnétique du côté énergetico-mécanique et établir des ordres de grandeurs des variables du système pour différentes charge (bombe, balle et wagon...).

Objectifs du TIPE

- 1) Modélisation informatique : faire une simulation de l'expérience de catapultage à l'aide de Python.
- 2) Expérience pratique : fabriquer une catapulte électromagnétique et propulser différents objets.
- 3) Etude théorique : Etudier la possibilité d'un lancement spacial (orbital) sans fusée.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] MICHAEL R. WRIGHT, STEVEN B. KUZNETSOV, SENIOR MEMBER, IEEE, AND KURT J. KLOESEL, MEMBER, IEEE : A Lunar Electromagnetic Launch System for In Situ Resource Utilization : *IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE*, VOL. 39, NO. 1, JANUARY 2011

[2] XIAOMING ZHU, HAIXU LI, XIANGJU QU : Modeling and Simulation for Dynamic System of Electromagnetic Aircraft Launch Xiaoming : *2017 IEEE 3rd International Conference on Control Science and Systems Engineering*

[3] WIKIPEDIA : Catapulte électromagnétique :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Catapulte_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique

[4] WIKIPEDIA : EMALS : <https://fr.wikipedia.org/wiki/EMALS>

[5] MICHAEL R. DOYLE, DOUGLAS J. SAMUEL, THOMAS CONWAY, ROBERT R. KLIMOWSKI :
Electromagnetic Aircraft Launch System - EMALS : *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS*,
VOL. 31, NO. 1. JANUARY 1995

[6] JUNYONG LU, SAI TAN, XIAO ZHANG, XIAOCUN GUAN, WEIMING MA, MEMBER, IEEE , SENGYI SONG :
Performance Analysis of Linear Induction Motor for Electromagnetic Catapult : *Research Institute
of Power Electronic Technology, Naval University of Engineering, Wuhan, 430033, P.R.China*

[7] WIKIPEDIA : Lancement spatial sans fusée :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Lancement_spatial_sans_fus%C3%A9e

Optimisation des chemins

Optimisation des trajectoires dans un réseau de transport aérien

L'optimisation des chemins est l'un des problèmes d'actualité rencontrés partout dans la nature . motivé par ce sujet et fasciné par les mathématiques appliquées à la science, je me suis intéressé à étudier des modélisations mathématiques qui permettent de résoudre ce problème.

Lors d'un transport , on cherche toujours à évaluer le coût minimal , en comparant des différentes trajectoires ... Ce sujet s'inscrit parfaitement dans le thème de l'année.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Recherche opérationnelle</i>	<i>Operations research</i>
<i>Théorie des graphes</i>	<i>Graph theory</i>
<i>Algorithmes de plus court chemin</i>	<i>Shortest path algorithms</i>
<i>programmation linéaire</i>	<i>linear programming</i>
<i>méthode du simplexe</i>	<i>simplex method</i>

Bibliographie commentée

La recherche opérationnelle (RO) est un module très important enseigné dans de nombreux programmes d'ingénierie industrielle, de finance et de management. Il s'agit d'une application des techniques et des méthodes d'analyse avancées pour chercher des solutions optimales à des problèmes complexes de prise de décision [1].

Aujourd'hui, les modèles mathématiques sont très sophistiqués. En s'appuyant sur la puissance de calcul des ordinateurs, on peut s'en servir pour l'optimisation des chemins. le traitement d'un tel problème nécessite d'abord un travail de modélisation mathématique. La théorie des graphes, une sous-discipline moderne de la recherche opérationnelle, modélise parfaitement le problème. Le réseau de transport aérien peut être interprété comme un graphe : un ensemble de sommets (noeuds) désignant les aéroports et reliés par des arêtes (arcs) qui représentent les trajectoires de vols[2].

Afin d'éviter les accidents entre les avions, les plans de vols sont normalisés. On découpe le ciel en plans horizontaux appelés niveaux de vols (flight levels). Les compagnies aériennes cherchent à faire évoluer chaque avion dans un niveau de vol bien précis (RFL: requested flight Level) qui détermine l'altitude à laquelle la consommation du carburant sera minimale, cette altitude dépend de différentes contraintes telles que le type d'avion, la distance à parcourir, la charge d'avion, etc [3]

Pour résoudre ce problème de recherche opérationnelle, les chercheurs exploitent ces graphes de manières variées. La première méthode consiste à exploiter des différents algorithmes d'optimisation et de recherche de plus court chemin (l'algorithme Dijkstra, l'algorithme A étoile, l'algorithme du Recuit Simulé).

L'algorithme de Dijkstra est un algorithme développé par le mathématicien néerlandais Edsger Dijkstra en 1954. Cet algorithme permet de trouver le plus court chemin dans un graphe pondéré dans la mesure où ses arêtes sont affectées par des poids modélisant les distances entre les aéroports. Il se base sur une approche itérative. Cet algorithme trouve toujours le plus court chemin mais il a une mauvaise complexité temporelle. [4]

Afin d'améliorer les performances temporelles pendant l'exécution du programme, les informaticiens Peter E.hart, John Nilsson et Bertram Raphael ont développé une meilleure version appelée algorithme A* (A star). L'algorithme A* se base sur une méthode heuristique. De manière informelle, contrairement aux autres algorithmes de recherche de plus court chemin, il a un « cerveau ». Cela signifie qu'il s'agit bel et bien d'un algorithme intelligent, ce qui le distingue des autres algorithmes conventionnels.[5]

L'algorithme du Recuit simulé, une méthode d'optimisation métaheuristique, inventée par les physiciens Donald Kirkpatrick, C.D Gelatt et M.P.Vecchi en 1983, a permis de résoudre de manière catégorique des problèmes de voyageur de commerce de 5000 sommets. C'est un procédé probabiliste destiné à trouver le minimum global d'une fonction de coût pouvant posséder plusieurs minima locaux. Il fonctionne en se basant sur le processus physique utilisé dans la métallurgie dans laquelle un solide est lentement refroidi. Ainsi, sa structure sera finalement gelée à une configuration d'énergie minimale. [6]

Après avoir développé ces algorithmes de plus court chemin, on se trouve face à une deuxième méthode se basant sur la programmation linéaire qui permet d'optimiser une fonction linéaire en répondant à un ensemble de contraintes représentées sous la forme d'égalités ou des inégalités linéaires. Ceci est faisable par le biais de l'algorithme du simplexe [7]

L'algorithme du Simplexe, introduit par George Dantzig en 1947, se base sur l'algèbre linéaire et les opérations de Gauss. Il permet aujourd'hui, en utilisant des installations informatiques modernes et des implémentations fiables, de résoudre facilement des problèmes de programmation linéaire possédant plus d'une dizaine de milliers de contraintes et de variables.[8]

Problématique retenue

La croissance phénoménale du trafic dans un réseau de transport aérien pose des défis sérieux. Pour freiner cette croissance, on essaye toujours d'optimiser les trajectoires prises par les avions dans un réseau aérien en cherchant celles qui minimisent les coûts de transport, de distance, du temps et de carburant consommé.

Objectifs du TIPE

- D'abord, je proposerai une modélisation mathématique judicieuse du problème par une approche discrète basée sur la théorie des graphes.
- Je m'attacherai à la recherche de la solution optimale par des algorithmes codés en python :
 - *l'algorithme de Dijkstra (algorithme itératif)
 - *l'algorithme A* (heuristique, intelligence artificielle)
 - *Recuit simulé (algorithme probabiliste)
- Ensuite, je m'intéresserai à une comparaison de ces algorithmes en évaluant leurs complexités algorithmiques.
- J'introduirai une modélisation du problème en mathématiques continues à l'aide de la programmation linéaire.
- Je minimiserai la fonction coût étudiée en utilisant l'algorithme du simplexe.
- Enfin, je finirai par une comparaison entre les différentes approches.

Abstract

a modelisation of the shortest path problem with a discrete mathematics model based on graph theory.

the searching of the optimals trajets between tunisian airoports using many algorithms coded in python:

- Dijkstra algorithm (iterative algorithm)
- A * algorithm (heuristics, artificial intelligence)
- _Simulated annealing (probabilistic algorithm)
- a comparisation of these algorithms by evaluating their algorithmic complexities algorithmic.

introducing a modelisation of the problem using the linear programming.

-minimizing the cost function wich represent distance using the simplex algorithm.

a comparison between the differents models

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] BERNARD FORTZ : Recherche opérationnelle : <http://homepages.ulb.ac.be/~bfortz/ro.pdf>
- [2] ALAIN L'HOSTIS : Théorie des graphes et représentations des distances: chronocartes et autres représentations : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00315310/document>
- [3] OLIVIER RICHARD : Régulation court terme du trafic aérien et optimisation combinatoire Application de la méthode de génération de colonnes : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00545025/document>
- [4] MELISSA YAN : Algorithme de Dijkstra : <http://www-math.mit.edu/~rothvoss/18.304.3PM/Presentations/1-Melissa.pdf>
- [5] SAFIA KEDAD SIDHOUM : Algorithme A* : <http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/2005/IMG/pdf/Astar-2.pdf>

- [6] JEAN-PHILIPPE PRÉAUX : Récuit simulé : https://old.i2m.univ-amu.fr/~preaux/PDF/pdf_proteges/OptimisationCombinatoire/Metaheuristiques2.pdf
- [7] FRANCOIS CLAUTIAUX : Programmation linéaire : https://www.math.u-bordeaux.fr/~fclautia/PL1/PL_Cours1.pdf
- [8] CHRISTOPHE GONZALES : Méthode du simplexe : <http://www-desir.lip6.fr/~gonzales/teaching/optimisation/cours/cours04.pdf>

DOT

- [1] *Juillet 2018 : choix du sujet*
- [2] *Janvier 2019 : rencontre avec Monsieur Claude Des champs ,professeur agrégé en Mathématiques au lycée Louis le Grand*
- [3] *Février 2019 : prise de contact avec Monsieur Edouard-Roger Tantart, professeur agrégé de physique à Saint-Louis Paris*
- [4] *Février 2019: prise de contact avec un ingénieur qui m'a soutenu à surmonter quelques difficultés*

Modélisation du trafic routier par les équations de Burgers.

Perte de productivité, de motivation, source d'irritabilité et de stress, tels sont les impacts de la congestion routière vécus au quotidien. Ainsi diminuer les embouteillages permettra de réduire ces coûts multiples. Il me paraît alors impérieux d'étudier comment une réduction de vitesse pourra optimiser le transport routier.

Je me propose de comprendre et d'étudier les phénomènes de la congestion routière qui apparaissent en transport routier. Mon sujet est donc en adéquation avec le thème de cette année.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Congestion</i>	<i>Congestion</i>
<i>Flux</i>	<i>Flux</i>
<i>Équations de Burgers</i>	<i>Burgers equation</i>
<i>Vitesse</i>	<i>Speed</i>
<i>Trafic routier</i>	<i>Road traffic</i>

Bibliographie commentée

Étant un phénomène très fréquent, la congestion routière est l'un des problèmes les plus répandus dans les grandes villes notamment en empêchant une circulation fluide. Il paraît ainsi crucial de minimiser ces embouteillages d'autant plus que ces derniers génèrent plusieurs ennuis dans la vie de tout un chacun du fait qu'ils ont des répercussions indéniables non seulement sur la santé mais aussi sur le plan financier. En effet, les embouteillages augmentent les émissions des véhicules et dégradent la qualité de l'air ambiant ce qui entraîne une morbidité et une mortalité excessives chez les conducteurs ainsi que chez les personnes habitant à proximité des routes principales [1]. De même, cette congestion peut conduire à des pertes de mains-d'oeuvre qui peuvent être estimées à des milliards de dollars [2].

Néanmoins, il s'est avéré que la construction des ponts et autoroutes ne peut mettre fin à un tel phénomène de congestion, d'où la nécessité d'introduire un système technologique visant à contrôler la circulation telle que la limitation de vitesse. Ainsi imposer aux automobilistes une vitesse limite adéquate permettra de diminuer ces coûts multiples et d'assurer, par conséquent, une circulation plus fluide [3].

La représentation de ce phénomène physique se fait à l'aide d'un modèle mathématique recourant très souvent à des systèmes d'équations aux dérivées partielles non linéaires.

Une solution possible pour ce problème est donnée par une analogie avec la mécanique des fluides où les voitures sont modélisées par des particules fluides, la route par une conduite et l'interaction entre les conducteurs par la viscosité. La modélisation du trafic routier est obtenue en première approche par les équations de Burgers déduites, après de nombreuses simplifications, des équations de Navier-Stokes qui régissent l'écoulement d'un fluide newtonien. Cette équation est le modèle le plus simple des équations aux dérivées partielles apparaissant dans de nombreux domaines, dans un espace unidimensionnel, mettant en exergue une combinaison non linéaire de convection et de diffusion.

On distingue deux types d'équations de Burgers. Celles sans terme de viscosité qui peuvent être obtenues en considérant la non-interaction des voitures et dont la résolution numérique peut être réalisée à l'aide de la méthode des différences finies qui consiste à approximer les dérivées des équations de la physique au moyen des développements de Taylor se basant sur la discrétisation de l'espace de phase par une grille de géométrie rectangulaire et celles avec terme de viscosité [4,5,6,7].

La résolution analytique du problème de non-linéarité due au terme de viscosité est basée sur la transformation de Cole-Hopf qui permet d'obtenir une équation de chaleur linéaire dont la modélisation ainsi que la résolution sont plus faciles à réaliser par le biais d'une transformée de Fourier [4].

Concernant la résolution numérique qui est une discipline s'intéressant à l'étude des propriétés mathématiques des schémas numériques comme la convergence, la consistance et la stabilité numériques, elle peut être faite soit par une différence finie, soit par la bibliothèque sympy du langage python. Au cours de cette résolution, on transforme une équation aux dérivées partielles continue en une suite numérique appelée schéma numérique et ce en recourant à une approximation. Cette discrétisation, qui consiste à remplacer un problème continu par un problème discret fini, est possible grâce aux développements limités de Taylor où on néglige les termes d'ordres supérieurs [5,8,9].

Problématique retenue

Comment une limitation de vitesse influe-t-elle sur la fluidité du trafic routier?

Objectifs du TIPE

*J'établirai l'équation de Burgers générale avec terme de viscosité en m'appuyant sur une modélisation physique du trafic routier.

*J'introduirai l'équation de Burgers sans terme de viscosité ainsi que son domaine d'application pour la résoudre analytiquement et implémenter un code python.

*J'étudierai, sous certaines hypothèses, l'équation avec un terme de viscosité non nul pour faire une résolution analytique avec une transformée de Fourier ainsi qu'une résolution numérique à l'aide de la méthode des différences finies.

*Je réaliserai quelques simulations numériques.

Abstract

Being a very common phenomenon, road congestion is one of the most widespread problems in large cities preventing a smooth flow. In this TIPE, I have tried to model Burgers equation with a viscosity term and realize some digital simulations which permit the reproduction of the effects of the speed limit on motorways.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] KAI ZHANG, STUART BATTERMAN : Air pollution and health risks due to vehicle traffic : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243514/>(lu le 7 Août 2018)
- [2] BRUNO BISSON : Congestion routière: des impacts multiples, des milliards de pertes : <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201511/02/01-4916352-congestion-routiere-des-impacts-multiples-des-milliards-de-pertes.php>(lu le 23 Septembre 2018)
- [3] FRANCESC SORIGUERA, IRENE MARTÍNEZ, MARCEL SALA, MÓNICA MENENDEZ : Effects of low speed limits on freeway traffic flow : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17300396?via%3Dihub#s0005>(lu le 13 Octobre 2018)
- [4] SHAHIRAH BINTI MOHD ZULKI____I, NUR ILHAM BINTI ZAINUDDIN, SITI NURLINA SYAMIMI BINTI MD ROSLY, JUSOH YACOB : Mathematical Modelling Of Burger's Equation Applied In Traffic Flow : https://www.researchgate.net/publication/320398257_Mathematical_Modelling_Of_Burger's_Equation_Applied_In_Traffic_Flow(lu le 18 Juillet 2018)
- [5] LORENA BARBARA : Computational Fluid Dynamics with Python Courses, Boston University : <http://lorenabarba.com/blog/cfd-python-12-steps-to-navier-stokes/>(lu le 18 Novembre 2018)
- [6] TAKASHI NAGATANI, HEIKE EMMERICH, KEN NAKANISHI : Burgers equations for Kinetic clustering in traffic flow : https://www.researchgate.net/publication/257219331_Burgers_equation_for_kinetic_clustering_in_traffic_flow(lu le 11 Novembre 2018)
- [7] GUILHEM DUPUIS : Modélisation du trafic routier. Le modèle de Lighthill-Whitham-Richards : <https://www.ceremade.dauphine.fr/~vigeral/Memoire2016Dupuis.pdf>(lu le 7 Octobre 2018)
- [8] JEAN-PIERRE DEMAILLY : Analyse numérique et équations différentielles : *EDP Sciences*(lu en Décembre 2018)
- [9] GUILLAUME JAMES : Stabilité des schémas aux différences finies et analyse de von Neumann : <http://www-ljk.imag.fr/membres/Guillaume.James/vn.pdf>(lu le 6 Janvier 2019)

DOT

- [1] *Septembre 2018, étude documentaire et choix du modèle.*
- [2] *Décembre 2018, étude théorique des équations de Burgers.*
- [3] *Début Février 2019, rencontre avec Monsieur Edouard Tantard.*
- [4] *Mars 2019, réalisation du code de résolution numérique.*

[5] *Mai 2019, réalisation des simulations numériques.*

Transport routier : ralentir pour arriver plus vite !

Mon statut de taupin externe m'oblige à optimiser mon itinéraire quotidien.

Je me suis trouvé face à un dilemme : dois-je augmenter ma vitesse ou changer de parcours? Paradoxalement, en recherchant sur internet, j'ai découvert qu'en réduisant sa vitesse on pourrait favoriser la fluidité du trafic.

Mon sujet s'inscrit dans le thème de l'année traitant du transport. En effet, je m'intéresse aux différents paradoxes relatifs au transport routier. Partant de cette alternative entre réduire la vitesse ou l'augmenter, ce travail consistera à trouver un chemin minimal qui répond à mes besoins.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Congestion</i>	<i>Congestion</i>
<i>Paradoxe</i>	<i>Paradox</i>
<i>Equations de Burgers</i>	<i>Burgers equations</i>
<i>Théorie des graphes</i>	<i>graph theory</i>
<i>Vitesse</i>	<i>Velocity</i>

Bibliographie commentée

De nos jours, les réseaux routiers de nombreuses villes rencontrent leurs limites. Le développement sans cesse de nouvelles infrastructures routières, accompagnées d'une augmentation du nombre des voitures a donné lieu non seulement à des congestions récurrentes mais aussi à des problèmes économiques et environnementaux. On dénombre beaucoup de maladies chroniques liées au stress et à la pollution ainsi que des pertes économiques pouvant atteindre des millions d'euros, notamment par les pertes de temps occasionnées [1].

Ces enjeux nous amènent à trouver des solutions rationnelles d'où le recours à la recherche opérationnelle. Celle-ci appartient à un domaine pluridisciplinaire permettant de modéliser et de résoudre des phénomènes d'organisation. On obtient ainsi, des outils d'aide pour élaborer de meilleures décisions. Parmi ces méthodes figurent les mathématiques combinatoires. Une discipline qui étudie les structures discrètes comme la théorie des graphes [2].

Un graphe est un outil qui étudie un ensemble d'objets liés par des relations. Notamment, il sert à la modélisation d'une ville où les sommets représentant les carrefours et les destinations, sont reliés par des arêtes modélisant les rues. Il s'agit alors de la recherche du plus court chemin reliant deux destinations et ainsi minimiser le temps du trajet. Ceci s'avère compliqué dans le cas d'un graphe à grand ordre. Ce qui nécessite le recours à des algorithmes comme ceux de Dijkstra et Bellman-Ford

[3].

En 1959, Edsger Dijkstra, mathématicien et informaticien néerlandais a proposé un algorithme qui permet de déterminer le chemin le plus court entre deux sommets d'un graphe pondéré, orienté ou non orienté. Cependant dans la recherche de plus court chemin dans un graphe connexe, un autre algorithme A (star) basé sur des méthodes heuristiques permet d'obtenir le résultat beaucoup plus rapidement [4,5].

Toutefois, dans un réseau routier, tout conducteur cherche à atteindre sa destination plus rapidement et va opter pour les voies les plus courtes et rapides. En théorie des jeux, on parle d'une stratégie optimisée. Ce qui provoque des congestions puisqu'il s'agit d'un comportement commun. Ceci nécessite l'ajout de plusieurs retards temporels dus aux heures de pointes et aux embouteillages d'où l'ajout des poids dans le graphe tel que la densité ou la durée du trajet [6].

En supposant que chaque conducteur va choisir le plus court itinéraire pour minimiser égoïstement son temps de déplacement, une solution de bon sens réside dans l'élargissement ou l'élaboration des nouvelles routes ou de voies express permettant de rouler plus rapidement et fluidifier le trafic. Paradoxalement, les mathématiciens ont découvert que l'augmentation de la charge d'un réseau routier, soit par l'élargissement où l'ajout de voies, peut contribuer à plus de congestion. Ceci constitue ce que l'on appelle « le paradoxe de Braess » qui a illustré sa validité lorsque l'on a fermé la 42ème rue de New-york et que l'on a constaté que le trafic était devenu plus fluide. Ainsi, emprunter les petits chemins et plus précisément les voies lentes peut être la solution [7,8].

La modélisation physique des voies lentes revient à imposer aux automobilistes une vitesse limite à respecter. Théoriquement, réduire la vitesse des véhicules permettrait d'alléger le trafic. Cependant, ceci n'est possible qu'en menant des tests de modélisation pour parvenir à des résultats concrets. La modélisation du mouvement des voitures s'appuie sur l'équation de Burgers. Cette équation peut être transformée en une équation de chaleur moyennant la transformation de Hopf-Cole. On peut donc modéliser le flux de voitures comme un transport thermique et jouer sur la conductivité thermique des matériaux pour modéliser les vitesses. [9]

Problématique retenue

Dans le présent travail, il s'agit de chercher la solution pour optimiser un temps de trajet dans une ville. Faut-il opter pour les plus courts chemins ou bien diminuer sa vitesse ?

Objectifs du TIPE

1-Modéliser le réseau routier à l'aide des mathématiques discrètes (la théorie des graphes).

2-Appliquer l'algorithme Dijkstra pour déterminer le plus court chemin.

3-Appliquer l'algorithme A*(star) pour optimiser le résultat.

4-Rechercher une stratégie optimale « Paradoxe de Braess ».

5-Modéliser le trafic routier à l'aide d'une équation aux dérivées partielles.

6-Faire une résolution analytique de cette équation.

7-Validation des différentes approches par une simulation numérique.

Abstract

Anyone living in a large city with lots of commuters on the road is probably familiar with the effects of traffic. In this work, we introduce graph theory to model a country. We present different algorithms to search for the shortest paths and estimate their complexity. The selfish behavior of the driver leads us to introduce Braess Paradox to explain the relation between traffic and social interactions. Such surprising results encourage us to create a physical model from which derives Burgers equation. We later discuss those different approaches and their coherence.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] LAURENCE OLAGNON : enjeux de transport face à l'environnement : *Mémoire de fin d'études, Université Paris I – Panthéon-Sorbonne*, https://www.pantheonsorbonne.fr/fileadmin/diplome_logistique/Memoires/Promotion_2005-2006/Memoire_Laurence_Olagnon.pdf.
- [2] FRÉDÉRIC MEUNIER : Introduction à la recherche opérationnelle : *cours, Université Paris Est, CERMICS, Ecole des Ponts Paristech*, <https://educnet.enpc.fr/file.php/297/CoursROPonts.pdf>, le 13 juillet 2017.
- [3] CHRISTINE SOLNON : Théorie des graphes et optimisation dans les graphes : *cours*, <https://perso.liris.cnrs.fr/christine.solnon/polyGraphes.pdf>.
- [4] MUHAMMAD ADEEL JAVAID : Understanding Dijkstra Algorithm : *ReaserchGate, journal SSRN Electronic*, janvier 2013, DOI: 10.2139/ssrn.2340905.
- [5] SHRAWAN KR. SHARMA¹, B.L.PAL² : Shortest Path Searching for Road Network using A* Algorithm : *International Journal of Computer Science and MobileComputing*, <https://ijcsmc.com/docs/papers/July2015/V4I7201599a23.pdf>.
- [6] SHRAWAN KR. SHARMA¹, B.L.PAL² : Price of Anarchy in Transportation Networks: Efficiency and Optimality Control : *Physical review letters*, le 19 septembre 2008, DOI 10.1103/PhysRevLett.101.128701.
- [7] GUILLAUME CARLIER, UNIV. PARIS-DAUPHINE : créer de nouvelles routes peut générer davantage d'embouteillages. : , <http://www.breves-de-maths.fr/creer-de-nouvelles-routes-peut-generer-davantage-dembouteillages>, le 9 septembre 2013.
- [8] La limitation à 70 km/heure sur le périphérique a réduit les embouteillages. : https://www.lexpress.fr/actualite/societe/la-limitation-a-70-km-heure-sur-le-periph-a-reduit-les-embouteillages_1561770.html, le 21 janvier 2015.
- [9] SHAHIRAH BINTI MOHD ZULKII, NUR ILHAM BINTI ZAINUDDIN, SITI NURLINA SYAMIMI BINTI MD ROSLY, JUSOH YACOB. : Mathematical Modelling Of Burger's Equation Applied In Traffic Flow. :

DOT

- [1] *Septembre, compréhension de différentes méthodes pour construire un graphe.*
- [2] *Octobre, Discussion avec Mr Ahmed Rebaï professeur d'informatique au niveau des algorithmes de plus court chemin.*
- [3] *Janvier, j'ai choisi de travailler sur deux algorithmes et j'ai cherché la meilleure complexité.*
- [4] *Février, Difficulté au niveau des poids du graphe et j'ai essayé de contacter le centre des statistiques de la garde nationale.*
- [5] *Mars, j'ai établi un modèle pour vérifier le Paradoxe de Braess au niveau de mon quartier.*
- [6] *Avril, j'ai trouvé des difficultés au niveau des équations de Burgers et j'ai contacté Mr Edward Tantar.*
- [7] *Mais, j'ai choisi une méthode analytique pour faciliter la résolution de cette équation.*
- [8] *Mais, élaboration d'une conclusion des différentes approches.*

Amélioration du transport aérien

Passionné par l'aéronautique, j'ai regardé une vidéo sur le lancement du nouvel avion Boeing 737 Max. J'ai été fasciné par la forme géométrique atypique de son aile conçue pour améliorer le coût du transport aérien. J'ai alors décidé de travailler sur ce sujet.

Mon sujet consiste à étudier la forme géométrique de l'aile d'un avion pour assurer le transport aérien tout en minimisant les pertes énergétiques. Mon sujet s'inscrit alors dans le thème du transport.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Turbulence</i>	<i>Turbulence</i>
<i>Aérodynamique</i>	<i>Aerodynamics</i>
<i>Équation de Navier stokes</i>	<i>Navier Stokes equation</i>
<i>apprentissage automatique</i>	<i>machine learning</i>
<i>réseau de neurones</i>	<i>neural network</i>

Bibliographie commentée

Depuis sa lancée en 1903 par les frères Wright, l'industrie aéronautique cherche à minimiser les pertes énergétiques dues aux interactions de l'avion avec l'air. En effet, celui-ci est la source de la force de portance sur laquelle repose le principe de l'engin; en revanche, l'air est également la cause des pertes à travers la force de traînée[1], ce qui crée un problème d'optimisation dans le transport aérien. Il faut alors adapter la géométrie de l'aile afin de minimiser la traînée sans pour autant perdre la portance.

Cette situation s'inscrit dans le cadre théorique de la mécanique de fluides[2], qui est décrite par l'équation de Navier stokes[3]. Il s'agit d'une équation aux dérivées partielles non linéaire qui fait l'objet de plusieurs recherches mathématiques et physiques. Par ailleurs, un des problèmes du millénaire consiste à prouver l'existence d'une solution à cette équation ainsi que son unicité pour un champ de vitesse initial donné. Jusqu'à présent, nous n'avons réussi à résoudre le problème dans le cas général qu'en deux dimensions. En trois dimensions l'existence d'une solution n'est démontrée que pour un champ de vitesse assez petit ou pour un intervalle fini de temps[3].

Pour l'application de la mécanique des fluides aux transport aérien on introduit ce qu'on appelle la transformation conforme[4]. Elle nous permet de passer d'un cas simple pour l'écoulement à un cas plus compliqué. Une de ces transformations est celle du physicien russe Nicola Joukowski introduite pour décrire l'écoulement de l'air à travers un profil d'aile qu'on appelle éponyme. C'est cette

transformation qui nous permet de trouver la portance.

Notons bien que la majorité des pertes d'énergie dans le transport aérien sont dues à un phénomène appelé la turbulence[5]. Du fait de la viscosité faible de l'air et des vitesses mises en jeu par le transport aérien, les turbulences ont lieu avec une intensité suffisante pour perturber le système. La complexité du phénomène et son aspect chaotique laisse beaucoup à découvrir. Son expression mathématique provient du terme non linéaire de l'équation de Navier-Stokes. On a découvert récemment qu'en modifiant la forme de l'aile en introduisant un 'winglet', on diminue les effets de la turbulence et tous les nouveaux avions ont introduit cette modification [5].

Mais maintenant grâce à l'informatique, on peut envisager d'autres approches à ce problème, notamment la résolution numérique des équations de Navier Stokes par la méthode des éléments finis[6]. Ceci permet d'étudier un cas plus général et d'obtenir un résultat plus proche de la réalité.

Toutefois, toutes ces méthodes nous permettent de comparer les performances de différentes formes d'aile, mais pas de trouver la forme optimale; c'est là que la méthode de la descente du gradient intervient[7]. Cette méthode consiste à définir une fonction 'coût' qui caractérise la performance d'un profil donné, et à la minimiser pour obtenir la forme optimale de l'aile. Cette méthode utilise un réseau de neurones[7]: une structure inspirée par le système nerveux humain qui permet de diviser la tâche et de l'organiser. On obtient au final un programme évoluant au cours du temps pour nous donner la solution voulue, capable même de la prise en compte de ses expériences antérieures pour améliorer sa performance, d'où l'appellation «machine learning».

Problématique retenue

Comment peut-on modéliser l'écoulement de l'air à travers l'aile d'un avion? Et comment optimiser sa forme géométrique pour minimiser le coût du transport aérien ?

Objectifs du TIPE

- 1)Modélisation physique de l'écoulement de l'air sur un obstacle.
- 2)Tentative d'une résolution analytique
- 3) Résolution numérique de l'équation obtenue par la technique des différences finies
- 4)Critiques des différentes approches
- 5)Réalisation d'une expérience sur un prototype d'une aile
- 6)Recherche la forme optimale de l'aile par l'apprentissage statistique

Abstract

To ensure a stable flight all while consuming the least amount of energy, we need to optimize the

wing's shape to maximize lift and minimize drag. These aerodynamic forces can be obtained by using the Joukowski transformation in the case of a two dimensional laminar flow. If said conditions aren't met, we can solve for the velocity field in the Navier-Stokes equation. Through this we can find the different forces exerted on the wing as a function of the wing's shape, we can then feed the results to a machine learning algorithm to finally obtain an optimally designed wing.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] CASTAING B. ET GAYVALLET H. : Forces de frottement subies par un objet en mouvement dans un fluide : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/MecaFlu.xml>
- [2] LOUAPRE D. : La mystérieuse équation de Navier-Stokes : <https://sciencetonnante.wordpress.com/2014/03/03/la-mysterieuse-equation-de-navier-stokes/>
- [3] GRENIER O. : Mécanique des fluides : http://olivier.granier.free.fr/MOOC/co/racine_Preparer_oral_8.html
- [4] CORFDIR A. ET BONNET G. : Exact degenerate scales in plane elasticity using complex variable methods : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255476>
- [5] ITAMI T. : Basic Course on Turbulence and Turbulent Flow Modeling No.19 : <https://www.cradle-cfd.com/tec/column04/019.html>
- [6] VALENTIN F. : Méthode d'éléments finis stabilisée pour les équations de Navier-Stokes incompressibles avec conditions aux limites équivalentes : <https://hal.archives-ouvertes.fr/inria-00073209>
- [7] KPANIA K.R., SCHETZ A.J. ET MULANI B.S. : Control Power Optimization using Artificial Intelligence for Hybrid Wing Body Aircraft : https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56580/Chhabra_R_T_2015.pdf?sequence=1

DOT

- [1] *En Septembre, choix du sujet et recherche documentaire.*
- [2] *Mi Octobre, étude de la mécanique des fluides et de l'équation de Navier-Stokes.*
- [3] *Début Novembre, rencontre avec le professeur Edouard Tantard qui à suggéré l'utilisation de la transformation de Joukowski.*
- [4] *Mi Novembre, visite du laboratoire de l'IPEST et réalisation de la mesure des forces exercées sur un prototype d'aile avec le professeur Chokri Mrabet.*
- [5] *Début Décembre, prise de connaissance de l'apprentissage statistique et ses applications potentielles à l'optimisation de la forme d'aile.*
- [6] *Mi Décembre, une tentative de résolution numérique de l'équation de Navier-Stokes qui a échoué à retrouver les expressions des forces exercées sur l'aile.*
- [7] *Mi Février, implémentation d'un second code inspiré par l'étude analytique faite avec la transformé de Joukowski. Une approche semi réussite qui n'a pu donner que la portance.*
- [8] *Début Mars, réalisation du code de l'apprentissage statistique pour l'optimisation de l'aile en exploitant le code obtenu précédemment.*

Transport de l'information par LASER

Nous assistons à une révolution considérable dans le domaine du transport de l'information réduisant les distances dans un contexte de mondialisation à travers plusieurs outils tel que le LASER. Passionné par la musique, j'ai considéré un exemple faisant intervenir le son et le laser. Ce sujet est étroitement lié au thème proposé cette année car il permet de mettre en évidence un moyen de transport d'information à l'aide d'un laser.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>LASER</i>	<i>LASER</i>
<i>SON</i>	<i>SOUND</i>
<i>COMMUNICATION</i>	<i>COMMUNICATION</i>
<i>FIBRE OPTIQUE</i>	<i>OPTICAL FIBER</i>
<i>MODULATION</i>	<i>MODULATION</i>

Bibliographie commentée

Depuis toujours, la transmission de l'information représentait un centre d'intérêt capital pour l'homme. En effet, plusieurs guerres dans l'histoire ont vu leur sort basculer du côté de celui qui possédait des moyens de communication plus efficaces [1].

Au fil du temps on est passé du simple coup de feu ou l'utilisation des pigeons à des moyens plus avancés basés sur la propagation des ondes électromagnétiques. Il a fallu attendre le 18ème siècle où Claude Chappe a mis en place en 1793 un télégraphe optique pour voir apparaître le premier réseau de transmission de l'information à longue distance [2].

L'histoire des télécommunications modernes est relativement récente. Elle a pris naissance avec l'invention du télégraphe électrique par Samuel Morse en 1837[3]. Depuis, l'utilisation d'une onde pour communiquer une information a connu un essor très important grâce notamment aux contributions de Maxwell [4] et de Hertz [5]. La première moitié du XXème siècle a connu une grande révolution des moyens de télécommunications surtout à cause des deux guerres mondiales.

Les temps modernes pour la télécommunication ont commencé vers les années soixante avec la découverte du laser par T. Maiman [6] où l'idée de transmettre de l'information sur support optique voit le jour. Les télécommunications optiques en espace libre ont vite envahis les domaines civils et militaires. En particulier les liaisons optiques spatiales ont été très utilisées car elles permettaient d'accroître considérablement le débit par rapport aux liaisons radios tout en réduisant la puissance électrique nécessaire. À la fin des années 1970, les premiers systèmes de transmission d'informations

reposant sur la fibre optique sont installés dans les réseaux interurbains de télécommunications [7].

On transcrit ainsi l'information sur une porteuse optique, qui va se propager le long de la fibre sur plusieurs dizaines, voire milliers, de kilomètres avant d'atteindre le détecteur. Ce dernier convertit enfin la modulation optique en signal électrique au cours d'une opération dite de démodulation [8].

L'utilisation d'une porteuse optique présente deux intérêts majeurs. Le premier intérêt est la large bande passante (jusqu'à 1Thz), qui est directement liée au nombre d'informations que l'on peut transférer par unité de temps et le deuxième intérêt majeur correspond à l'utilisation d'une porteuse optique présentant des pertes faibles et une insensibilité aux perturbations électromagnétiques. La fibre optique étant un objet cylindrique constitué d'un cœur de diamètre compris entre 10 à 80 μm , d'une gaine optique mesurant 125 μm et une gaine en plastique pour assurer la protection de la fibre.

Les liaisons optiques semblent être le futur des communications par satellites : capables de connecter des systèmes sur de très longues distances, de manière plus fiable que les ondes radio et avec une quantité de données bien plus importantes.

On peut prendre comme exemple NASDAQ qui a lié ses Datacenter des marchés actions avec des faisceaux lasers. Ainsi, leur réseau de trading haute fréquence qui utilise les lasers pourrait gagner de nombreuses microsecondes par rapport à un réseau fibre optique classique. [9]

Problématique retenue

Comment transporter rapidement et à haut débit une information avec un laser ?

Quels sont les différences entre les communications libres et celles utilisant une fibre optique ?

Quels sont les limites de cette technique et quelles sont les améliorations possibles?

Quelle application en finance des marchés peut-on faire ?

Objectifs du TIPE

Modélisation physique .

Réalisation d'une expérience illustrant le principe du transport d'une information modulée dans un laser.

Quantification des propriétés physiques du milieu de propagation (pertes énergétiques, dispersion, analyse spectrale).

Implémentation de différents codes en python afin de comparer les résultats expérimentaux à ceux numériques.

Application en trading hautes fréquences en finance des marchés.

Abstract

In the last decades optical communication based on laser became a very important way of information transport either in free space or in optic fiber. In particular, it is found that sound information could be transmitted by externally modulating the diode laser amplitude.

This method has several advantages such as reducing energy loss, allowing transmission in a given direction with low power. Furthermore, laser communication system is immune from jamming and from interference by spurious radio noise.

However, the laser transmission of sound couldn't be successful unless using a photoreceptor in order to extract the sound information.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A. CANTEAUT : Turing à l'assaut d'Enigma : <https://interstices.info/turing-a-lassaut-denigma/>
- [2] D. COUDREUSE : Le télégraphe Chappe : *Bibliothèque de Travail (BT), Publications de l'Ecole moderne française, 1996*
- [3] B. CATHERINE : Télégraphes et téléphones de Valmy au microprocesseur : *Librairie Générale Française, 1981, 538p.*
- [4] J. CLERK MAXWELL : A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field : <http://www.bem.fi/library/1865-001.pdf>
- [5] H. HERTZ : Über die Berührung fester elastischer Körper : <https://home.uni-leipzig.de/pwm/web/download/Hertz1881.pdf>
- [6] T. MAIMAN : Stimulated Optical Radiation in Ruby : <https://www.nature.com/articles/187493a0>
- [7] J. HECHT : City of Light, The Story of Fiber Optics : *Oxford University Press, New York, 1999*
- [8] J.B DESMOULIERE ET C. CHEVILLARD : La modulation de signaux analogiques et la boucle à verrouillage de phase dans les télécommunications : http://xcotton.pagesperso-orange.fr/electron/DOSSIER_Modulation_et_PLL_Chevillard_Desmouliere.pdf
- [9] T. GROENFELDT : NASDAQ Uses NASA-Style Tech For High-Speed Connection To BATS Exchange : <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2015/06/18/nasdaq-uses-nasa-style-tech-for-high-speed-connection-to-bats-exchange/#6ca8c38162c1>

DOT

- [1] 18 août 2018 , après plusieurs essais j'ai fixé mon choix sur ce sujet et j'ai commencé mes recherches bibliographiques sur les télécommunications optiques.
- [2] Dimanche 21 octobre 2018 , après plusieurs entretiens avec mes encadrants j'ai réussi à structurer mon plan de travail pour les mois à venir .
- [3] samedi 10 novembre 2018 ,j'ai commencé par effectuer une étude de la propagation de l'onde sonore dans l'air où j'ai mis en évidence les limitations de cette méthode.
- [4] vendredi 11 janvier 2019 , j'ai pris contact avec le professeur Ali Zaidi à l'IPEST où on a mis en place le montage de transport d'information sonore par laser .
- [5] En février, j'ai effectué les mesures nécessaires pour la réalisation de mon TIPE.
- [6] En mars, j'ai sollicité mon encadrant monsieur Ahmed Rebai pour la modélisation informatique de la propagation dans la fibre .

Etude du couplage des transports thermiques et électriques

Un jour en feuilletant une revue, un article a attiré mon attention: C'était celui de la montre "seikothermic". C'était une montre à effet thermique (cutané).

Cela m'a beaucoup tenté et suscité ma curiosité. C'est pourquoi j'ai décidé d'étudier les effets thermoélectriques.

Je me propose d'étudier les transports couplés des propriétés électriques et thermiques. Ce sujet est ancré avec le thème de l'année qui est le transport.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Théorique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Couplage</i>	<i>Coupling</i>
<i>Effet Thermoélectrique</i>	<i>Thermoelectric Effect</i>
<i>Générateur</i>	<i>Generator</i>
<i>Efficacité</i>	<i>Efficiency</i>

Bibliographie commentée

De nos jours, les fabricants des montres et afin de concurrencer les téléphones intelligents (smart phones) ,ont opté pour des montres intelligentes intégrant de multiples fonctionnalités: écran tactile, antenne radio, détecteurs de pression artérielle ...

Ce nouveau fonctionnement est avare en terme énergétique.

Une solution innovante consiste à intégrer un générateur thermoélectrique dans la montre pour récupérer la chaleur du corps et la transférer en énergie électrique.[2]

Le fonctionnement physique d'un générateur thermoélectrique se base sur des effets thermoélectriques.

En physique, on dénombre trois effets : effet Peltier,effet Seebeck,effet Thomson. Ces effets illustrent le couplage entre les phénomènes du transport des propriétés physiques.

En effet, on parle du transport thermique quand le milieu physique présente une non-uniformité de sa température qui est une grandeur intensive. D'après la loi de fourrier on obtient un flux thermique. De même, si le système physique présente une certaine homogénéité spatiale de son potentiel électrique (une grandeur intensive). D'après la loi d'ohm locale , on obtient un transport des propriétés électriques.

Ces effets cités ci-dessus, traitent le couplage entre les deux c'est à dire on obtient un transport thermique grâce à un gradient de potentiel électrique et vis versa.[1][3]

L'effet Seebeck est découvert en 1821. En effet, le physicien allemand Thomas Johann Seebeck s'est aperçu qu'on ne peut pas faire dévier une aiguille aimantée à l'aide des conducteurs placés de ses deux côtés et soumis à un gradient de température. On peut appliquer cet effet pour mesurer la température d'un thermocouple.[1][4]

La compréhension profonde de cet effet passe par la physique statistique, science enseignée en deuxième cycle universitaire et particulièrement par la théorie des forces thermodynamique d'Onsager. Lars Onsager, physicien norvégien a établi en 1931 des relations appelées relations d'Onsager qui relient le flux aux forces généralisées. Cependant, ces relations se limitent au régime linéaire.[3][5]

La modélisation physique fournit des équations aux dérivées partielles couplées. La première modélise la température et la deuxième le potentiel électrique. Il est vraiment nécessaire de déterminer la température dans le milieu qui nous permet d'accéder au potentiel électrique.

Il faut alors résoudre ces équations différentielles. En littérature scientifique avancée, les chercheurs appliquent soit la méthode d'éléments finis soit la transformée de Fourier avec cette méthode.

Si on veut résoudre ces équations avec des techniques plus faciles, on peut moyenner des hypothèses simplificatrices: régime stationnaire, séparation de variables, méthode de différences finies (Euler Explicite), méthodes Crank Nicolson...

Problématique retenue

Comment convertir de manière efficace l'énergie thermique en énergie électrique?

Objectifs du TIPE

Modélisation physique de l'effet Seebeck par des équations aux dérivées partielles.

Tentatives de résolution analytique moyennant différentes approximations.

Résolution numérique avec la technique des différences finies et l'algorithme de Crank Nicolson.

Etude mathématique de convergence numérique des solutions trouvées.

Comparaison des différentes approximations.

Abstract

The use of Seiko watches has become very widespread since it is an innovative solution in terms of energy. The operation of the watch is reflected in the Onsager equations that treat the cut between its effects. This explains the thermal transport thanks to a gradient of electric potential. This effect is used for example to measure the temperature of the thermocouple. this effect is highlighted with resolution methods.

Finally, this effect can be applied in several areas.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] G.J.SNYDER : Thermoelectrics Handbook Marcoto Nano : *G. J. Snyder, "Thermoelectric Power Generation: Efficiency and Compatibility," in Thermoelectrics Handbook Macro to Nano, edited by D. M. Rowe (CRC, Boca Raton, 2006), Ch. 9, lu en Septembre 2018*

[2] G. JEFFREY SNYDER : Small Thermoelectric Generators :

https://www.electrochem.org/dl/interface/fal/fal08/fal08_p54-56.pdf, lu en Septembre 2018

[3] CASIMIR : Le régime linéaire de la thermodynamique hors d'équilibre :

https://users.lal.in2p3.fr/puzo/thermo/ch15_thermo.pdf, lu en Octobre 2018

[4] DJALILA BOUDEMAGH : Synthèse et Etude des Matériaux Thermoélectrique du Système :

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00488411/document>, lu le 18/11/2018

[5] S.R. DE GROOT : Sur la thermodynamique de quelques processus irréversibles. :

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00234049/document>, lu en Novembre 2018

DOT

[1] *Début septembre, choix du sujet*

[2] *Novembre, Décembre rencontre avec mr Edward Tentart*

[3] *Janvier, tentatives de contacter l'ENIS pour une expérience*

[4] *Avril, résolution des équations*

Les avalanches

Étant un grand amateur de ski, je me suis intéressé à ce phénomène qui pourrait représenter un grand danger pour les skieurs.

Mon étude s'inscrit parfaitement dans le thème de l'année. En effet, l'avalanche représente le transport d'une masse de neige, qui se déplace suite à une rupture d'équilibre dans le manteau neigeux.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
-------------------------	------------------------

<i>Avalanche</i>	<i>Avalanche</i>
------------------	------------------

<i>Résolution numérique</i>	<i>Digital resolution</i>
-----------------------------	---------------------------

<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>
---------------------	-----------------

<i>Modèle de Voellmy</i>	<i>Voellmy's model</i>
--------------------------	------------------------

<i>Equations de Navier Stokes</i>	<i>Navier Stokes equations</i>
-----------------------------------	--------------------------------

Bibliographie commentée

Les avalanches de neige font partie des catastrophes naturelles pouvant provoquer de grosses pertes aussi bien humaines que matérielles. En effet, plus d'une centaine de morts sont recensés chaque année en Europe seulement [1]. C'est pour cette raison, que depuis des années, des scientifiques, à travers le monde, se sont intéressés à ce phénomène naturel pour mieux le comprendre, et en limiter les risques. Car pouvoir prévoir la trajectoire des avalanches, ou connaître les conditions propices à son déclenchement, permettrait de diminuer les dégâts qu'elle pourrait causer.

Pour pouvoir étudier proprement les avalanches de neige, il faut se renseigner sur la neige en elle-même. La neige est un matériau naturel, formé par des particules d'eau à l'état solide sous forme cristalline ou granulaire, agglomérées en flocons. Chaque flocon est alors un assemblage de cristaux de glace, dont la forme dépend de la température et de l'humidité du milieu. Il existe deux types de neige : la neige sèche, mélange d'air et de glace, ne contient pas d'eau liquide. Quant à la neige humide, elle contient de l'eau à l'état liquide. [2]

Néanmoins, le phénomène d'avalanche demeure complexe à étudier. En effet, sa modélisation reste compliquée, due à la modification de la masse volumique au cours de l'avalanche. C'est pourquoi de

nombreux modèles ont été proposés à travers les années dans le but de décrire ce phénomène, notamment le modèle de Voellmy[3]. Les équations de ce modèle se basent sur le principe fondamental de la dynamique, en introduisant différentes forces qui régissent sur le système, et également sur l'introduction d'une force de frottement turbulent, dépendant de la viscosité de l'avalanche mais également des caractéristiques du milieu (présence d'obstacles, rugosité de la surface, ...) en plus des forces de frottement solide. Des modèles plus élaborés ont été introduits, dans le domaine de la mécanique des fluides, caractérisé par des équations aux dérivées partielles non linéaires, ou en utilisant l'équation de la conservation de la masse, où on retrouvera également des équations aux dérivées partielles non linéaires. [4].

Après avoir étudié les modèles, il faudra résoudre les équations associées à chaque modèle, et cela en ayant recours à une résolution numérique, en utilisant l'équation de Navier Stokes pour les modèles les plus élaborés, ou encore au moyen de la méthode des différences finies [5]. Quant aux modèles les plus simples, on pourra également s'attaquer à une résolution analytique, en plus de la résolution numérique.

Une fois avoir conclu l'étude théorique, on pourra envisager de reproduire ce phénomène d'avalanche, en substituant la neige par d'autres milieux granulaires (le sable ou la farine par exemple) en différenciant neiges humides et neiges sèches à chaque expérience. Puis on essaiera de comparer les résultats théoriques retrouvés par les résultats expérimentaux [6].

Problématique retenue

Peut-on prévoir d'une manière précise la trajectoire d'une avalanche de neige ?

Peut-on réellement sauver des vies grâce à ces modèles ?

Objectifs du TIPE

-Je modéliserai l'avalanche par 3 modèles :

Le modèle de Voellmy que je résoudrai à partir d'une équation différentielle non linéaire du 1er ordre.

L'équation de conservation de la masse que j'aborderai grâce à la méthode des différences finies.

L'équation de la mécanique des fluides, de Navier Stokes, que je résoudrai grâce à certaines approximations.

Je réaliserai une partie expérimentale en remplaçant la neige par du sable ou de la farine afin d'en

déduire certaines conclusions.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] UN GROUPE DE HUIT CHERCHEURS À L'UNIVERSITÉ DE ZURICH : Avalanche fatalities in the European Alps: long-term trends and statistics :
<https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/128875/1/128875.pdf>
- [2] ASSOCIATION NATIONALE DES PROFESSEURS DE LA NEIGE DE CULTURE (ANPNC) : Connaissance de la neige : <http://www.anpnc.com/recueil/chapitre%203-p24-36.htm>
- [3] G.BRUGNOT : Modélisation des avalanches :
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/21592/RFF_1982_5_131.pdf?sequence=1
- [4] DIETER ISSLER : Dynamique et modélisation des avalanches : http://risknat.org/wp-content/uploads/2015/01/UEE2010-Module61.pdf?fbclid=IwAR0uCx9QtrugmRMZNsuH7Ef5g3hnxKIj_7ZRUnZeJgyBqNdOk5S9PWPw2F
- [5] LORENA A BARBA : 12 steps to Navier–Stokes :
https://nbviewer.jupyter.org/github/barbagroup/CFDPython/blob/master/lessons/05_Step_4.ipynb?fbclid=IwAR0BEg5NWpkNyDyn4vMshqW8XShl9KDNejyjsolS5LKVmktaHPS0fG0WIU
- [6] FRANÇOIS PETITET-GOSGNACH : Concevoir et réaliser des expériences de physique : *Edition De Boeck , Avril 2013*

LA CRYPTOGRAPHIE

J'ai été marqué par le film IMITATION GAME retraçant le rôle décisif joué par TURING dans l'issue de la deuxième guerre mondiale grâce au décryptage d' ENIGMA. C'est de cette époque là que la cryptographie a commencé à me passionner jusqu'à ce que l'occasion de concrétiser cet intérêt me soit présenté dans le cadre d'un TIPE

Ce sujet s'inscrit dans le thème de cette année dans la mesure où pendant le transport des données entre un émetteur et un récepteur on risque un certain espionnage. La cryptographie apporte des solutions pour protéger la confidentialité de ce transfert.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Algèbre), INFORMATIQUE (Informatique Théorique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>transport sécurisé</i>	<i>secured transport</i>
<i>clé publique/privée</i>	<i>Public/Private Key</i>
<i>chiffrement</i>	<i>encryption</i>
<i>Complexité</i>	<i>Complexity</i>
<i>nombres premiers</i>	<i>prime numbers</i>

Bibliographie commentée

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde où toutes les informations circulent à travers la planète à des vitesses vertigineuses. Aujourd'hui, nous sommes tous des rouages de ce mécanisme, nous avons tous des adresses mail ou des comptes sur le réseau social Facebook. Nos discussions les plus banales jusqu'à notre vie privée sont stockées sur les serveurs des grandes entreprises. A ce niveau, on peut se rappeler du scandale Analytica où les services des renseignements russes ont été impliqués dans le piratage des informations personnelles des électeurs américains pendant les dernières élections aux Etats-unis. [3] Nous sommes donc partis du principe que notre vie privée n'appartient qu'à nous et que nous ne voulons pas que les différents gouvernements et firmes internationales l'utilisent pour nous surveiller et pour les utiliser à des fins commerciales. De nombreux lanceurs d'alertes comme l'association Wikileaks et le célèbre groupe de hackers "Anonymous" essayent de nous sensibiliser à ces problèmes. La cryptographie est donc utilisée pour assurer une certaine confidentialité aux utilisateurs d'internet ainsi que de gérer l'authentification dans certains systèmes tel que l'accès à un compte sur un site internet.

En effet, la cryptographie est une discipline à mi-chemin entre l'arithmétique et l'informatique [2]. Son but est de développer des théorèmes et des algorithmes permettant de crypter une quantité d'informations données. En partant de cet état de fait, nous pensons qu'il est raisonnable de se poser la question suivante : comment pouvons nous par le biais de la cryptographie protéger la confidentialité des données lors de leur transfert? Il existe des techniques de codage relativement

facile notamment le chiffrement par décalage, aussi connu comme le chiffre de César ou le code de César qui est une méthode de chiffrement très simple utilisée par Jules César dans ses correspondances secrètes

En effet, le texte chiffré s'obtient en remplaçant chaque lettre du texte clair original par une lettre à distance fixe, toujours du même côté, dans l'ordre de l'alphabet. Pour les dernières lettres (dans le cas d'un décalage à droite), on reprend au début. Dans le cas de l'alphabet latin, le chiffre de César n'a que 26 clés possibles (y compris la clé nulle, qui ne modifie pas le texte). Nous avons également le chiffre de Vigenère qui utilise le chiffre de César mais avec un décalage différent suivant la position de la lettre décalée dans le texte ; la valeur de ce décalage est définie à l'aide d'un mot-clé, chaque lettre du mot-clé désigne le décalage correspondant à sa position dans l'alphabet (0 pour A, 1 pour B). On peut aussi voir le chiffrement de Vernam (ou « masque jetable ») comme un chiffre de Vigenère où le mot-clé est de même longueur que le texte à chiffrer, choisi de façon complètement aléatoire, et utilisé une seule fois. Il est alors théoriquement incassable, mais difficile à utiliser en pratique.

La structure d'un algorithme RSA reste quasiment inchangé vu que la méthode de résolution est la même (choix de nombres premiers, création d'une clé publique, chiffrement)[1]. Ses performances sont d'ailleurs les plus élevées d'où sa grande utilisation dans la société notamment dans les banques et les grandes entreprises [4]. Parlant de sa complexité, elle est exponentielle.

Problématique retenue

Comment pouvons-nous par le biais de la cryptographie protéger la confidentialité des données lors de leur transfert ?

Nous présenterons les différents types de cryptographie. Nous mettrons au point une résolution analytique sur les méthodes de cryptage. Enfin, nous implémenterons un algorithme en python pour aider à la résolution de ce problème de confidentialité.

Objectifs du TIPE

Dans mon travail, je me propose à commencer par comprendre les algorithmes les plus basiques en cryptographie comme de Vigenere et de César.

Ensuite, je passerai à la méthode RSA. Dans un premier temps, je la comprendrai théoriquement ainsi que son degré de fiabilité.

Je chercherai également à établir une correspondance entre les notions de chiffrement et de déchiffrement et ensuite vérifier cela à l'aide d'algorithmes particuliers(). Enfin je montrerai les limites de ma démarche scientifique

Références bibliographiques (phase 2)

[1] INCONNU : Chiffrement RSA : https://fr.wikipedia.org/wiki/Chiffrement_RSA

- [2] DOUGLAS R. STINSON : Cryptography: Theory and practice : <https://b-ok.cc/book/437458/909d93>
- [3] DOCUMENT COLLECTIF : affaire cambridge analytica : <https://www.lemonde.fr/affaire-cambridge-analytica/>
- [4] JEAN-PAUL DELAHAYE : la cryptographie RSA vingt-ans après : <http://cryptage.sectionpc.info/crypto/pdfs/rsa.pdf>
- [5] DANIEL PERRIN : Arithmétique et cryptographie : <https://www.math.u-psud.fr/~perrin/interdisciplines/Cours6cryptographie.pdf> (lu le 23 septembre 2018)

Covoiturage Multimodal : La fin du chacun pour soi.

Étudiante à tunis, non motorisée venant de quitter ma ville natale, je me trouve face à des problèmes de transport qui s'avère être cher et pas si facile. Quelques fois mes amis me déposaient prendre le métro pour plus de sécurité d'où l'idée du covoiturage multimodal.

Le covoiturage multimodal offre un nouvel aspect plus pratique du transport, en combinant les moyens de transports publics et nos propres voitures, il permet aux personnes de se déplacer intra-villes ou inter-villes ce qui convient au thème transport de cette année.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Autres), INFORMATIQUE (Informatique Théorique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Algorithme de Dijkstra</i>	<i>Dijkstra's Algorithm</i>
<i>routage multimodal</i>	<i>Multimodal Routing</i>
<i>covoiturage</i>	<i>carpooling</i>
<i>théorie des graphes</i>	<i>graph theory</i>
<i>jumelage</i>	<i>twinning</i>

Bibliographie commentée

La mobilité est devenue plus importante au cours des dernières décennies et pourrait continuer de l'être dans l'avenir. Avec l'augmentation de la population, de plus en plus de gens utilisent les réseaux de transport. Selon les estimations, un habitant d'une grande ville effectue jusqu'à 20 déplacements par jour. Considérant qu'aujourd'hui, l'automobile est le mode de transport le plus utilisé des transports, bien qu'elle soit considérée comme la plus polluante du point de vue environnemental. Comme nous l'avons dit plus haut, les gens sont fortement liés à leurs voitures. . Par conséquent, un moyen de transport qui combine la flexibilité des voitures avec l'efficacité des transports publics peut être une solution raisonnable[2]. Le covoiturage multimodal est l'art de combiner plusieurs réseaux de différents moyens de transport en un seul. Un réseau est un graphe qui est un modèle mathématique composé de deux ensembles : un ensemble de nœuds modélisant les points de rencontre et un ensemble d'arêtes pondérées pour modéliser les rues et les routes.

Le routage est décrit comme le problème de trouver un chemin à travers ce graphe. Trouver un tel chemin n'est pas seulement lié aux réseaux de transport, mais peut être appliqué à n'importe quel type de réseau : réseaux de communication, réseaux sociaux, etc. Un système qui fournit des capacités d'acheminement dans un réseau doit être modélisé de manière adéquate pour fournir des résultats corrects dans un délai approprié pour permettre au voyageur de prendre une décision fiable. Typiquement, le temps de traitement ne doit pas dépasser plusieurs secondes sur un appareil standard. Par conséquent, des algorithmes rapides et fiables sont nécessaires pour garantir ce qui précède.

Puis on votera pour le meilleur algorithme selon la complexité temporelle et la rapidité d'exécution. À titre d'exemple schématique, la requête doit entraîner un chemin optimal [4] où un utilisateur doit marcher jusqu'à un train qui l'amène à l'aéroport par exemple ces chemins de marche, doivent être optimisés d'où l'étude de quelques algorithmes comme l'algorithme de Dijkstra[1] qui sert à résoudre le problème du plus court chemin. Il permet, par exemple, de déterminer un plus court chemin pour se rendre d'une ville à une autre connaissant le réseau routier d'une région ainsi il est utilisé pour calculer un plus court chemin entre un sommet de départ et un sommet d'arrivée.

L'algorithme A^* [3] comme techniques d'accélération (de recherche) : il adopte une approche typique axée sur le but, élaborée par Hart en 1968.

Cet algorithme est essentiellement une version modifiée de l'algorithme de Dijkstra dans lequel la priorité des nœuds est définie. Priorisation des nœuds mène à des nœuds de balayage plus près de la cible plus tôt. Toutefois, à l'exception de Dijkstra, un A^* ne s'applique qu'aux perquisitions individuelles alors que Dijkstra peut, comme mentionné ci-dessus, trouver des chemins à tous les sommets. L'algorithme de jumelage s'explique par cette illustration : un passager souhaite réaliser son trajet et une liste de conducteurs est disponible dans la base de données du service de covoiturage.

La première étape : réduire cette liste de conducteurs de manière à sélectionner les meilleurs candidats potentiels pour le covoiturage classique et les meilleurs candidats pour le covoiturage multimodal. D'où l'utilisation du graphe multimodal

La seconde étape est : sélectionner le meilleur jumelage possible pour le passager, classique ou multimodal.

Problématique retenue

Mon travail consiste à coder les différents algorithmes en python de plus court chemin comme ceux de Dijkstra, puis de les appliquer sur des exemples concrets de graphes représentant la ville de Tunis, pour enfin optimiser les chemins pour le covoiturage multimodal en prenant compte des transports communs existants

Objectifs du TIPE

Au cours de ce travail, je me propose de :

- Modéliser le plan du transport d'une ville par la théorie d'un graphe (mathématique discrète)
- Application de l'algorithme de Dijkstra pour trouver le plus court chemin
- Amélioration de la modélisation pour inclure plusieurs contraintes
- Tentative d'implémentation de l'algorithme de jumelage en python
- Application sur des données réelles

Abstract

Urban multimodal ridesharing is an economical way to reduce greenhouse gases emissions in cities. The goal of the project is to modelise and implement a multimodal matching algorithm and a shortest path algorithm able to match drivers and passengers for everyday short ridesharing. These algorithms aim an acceptable detour Which led to searching for an algorithm to find the shortest path possible using the dijkstra algorithm. The jumelage algorithm tries to mix ridesharing with public transportation. The objectif consists of making a data structure representing Tunis and enabling travelling the shortest and fastest way .Multimodal paths will also be calculated .

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] MARIE-LAURENCE BRIVEZAC : ALGORITHME DE DIJKSTRA : https://education.ti.com/-/media/files/activities/france/math%C3%A9matiques/alg%C3%A8bre-lin%C3%A9aire/resoudre-une-equation/dijkstra_prof.pdf?rev=79c44e62-9e7b-426c-b245-c36ed02a9ba9
- [2] SACHA VARONE AND KAMEL AISSAT : Multi-modal Transportation with Public Transport and Ride-sharing - Multi-modal Transportation using a Path-based Method : <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220%2f0005366204790486>
- [3] SAFIA KEDAD-SIDHOUM : Algorithme A* : <http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/2005/IMG/pdf/Astar-2.pdf>
- [4] SONDES BEN CHEIKH : Optimisation avancée au service du covoiturage dynamique : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01735243/document>

DOT

- [1] *rencontre avec le professeur Edouard Tantart afin de mieux comprendre le concept de la modelisation*
- [2]
- [3]
- [4]

La route de la soie du XXI^e siècle

Je fus fasciné par l'ingéniosité humaine au cours de l'histoire de la navigation maritime et du transport. A 270 ans après J-C, la route de la soie était un réseau de routes commerciales reliant l'est à l'ouest. Avec le progrès, je me propose, donc, d'étudier un modèle d'optimisation du transport intercontinental.

Mon sujet traite la modélisation mathématique et informatique d'un réseau de transport routier. Ainsi, il est en adéquation avec le thème de l'année qui est le transport.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Route de la soie</i>	<i>Silk road</i>
<i>théorie des graphes</i>	<i>Graph theory</i>
<i>plus court chemin</i>	<i>Shortest path</i>
<i>problème de transbordement</i>	<i>Transshipment problem</i>
<i>Contraintes</i>	<i>Constraints</i>

Bibliographie commentée

La chine, deuxième puissance mondiale, aspire à ressusciter l'antique route de la soie. Ce projet titanesque de près de 1000 milliards de dollars englobera 68 pays asiatiques et européens représentant 4,4 milliards d'habitants [1]. Cependant, l'établissement d'un réseau de routes commerciales, notamment, des auto-routes intercontinentales, des voies ferroviaires et des routes maritimes, a commencé. À l'ébauche des échanges économiques, le transport des marchandises va accroître la compétitivité et le développement des affaires [2].

Dans le domaine des réseaux de transport, la modélisation est une tâche complexe qui nécessite l'élaboration de modèles appropriés afin d'obtenir une représentation mathématique utilisable et une description parfaite pour l'exploiter [3].

Pour un réseau donné des auto-routes, on va l'assimiler à un graphe constitué uniquement par des villes représentées par des sommets et des voies routières représentées par des arêtes pondérées. La pondération, bien évidemment, représente la distance entre deux villes. Ici, le graphe est homogène donc on utilise des algorithmes issus des mathématiques discrètes afin de trouver le plus court chemin possible pour diminuer les coûts. En 1959, le mathématicien néerlandais, Edsger Dijkstra, publie un algorithme, de complexité polynomiale, qui sert à résoudre le problème de plus court chemin. Contrairement à l'algorithme de Dijkstra, l'algorithme de Ford-Bellman, portant le nom des ses inventeurs, Richard Bellman et Lester Randolph Ford Junior, calcule les plus courts

chemins, même en présence de certains arcs de poids négatif, et permet de détecter l'existence d'un circuit absorbant [4,5].

Comme la nouvelle route de la soie n'est pas uniquement un réseau de auto-routes, mais aussi des voies maritimes, des problèmes de transports peuvent se manifester en déposant des marchandises ou des conteneurs aux ports, qui s'appellent « Shipping Problems » [6]. Par exemple, Une société minière extrait de l'acier, le produit de base vendu, de trois mines, M1, M2 et M3. La production hebdomadaire de chaque mine est de 75, 150 et 45 tonnes d'acier respectivement. L'acier doit être transporté vers trois principaux ports, P1, P2 et P3 nécessitant pour leurs besoins 100, 40 et 75 tonnes d'acier par semaine respectivement. Le problème qui concerne la gestion de la société est la minimisation des coûts requis pour le transport du produit chez le consommateur. D'une autre façon, la minimisation des coûts dans notre cas s'intéresse à réduire le temps nécessaire pour arriver aux ports et minimiser la consommation du carburant pour les chauffeurs des camions. Ceci est possible lorsqu'on parcourt le chemin le plus court, des mines vers les ports.

Finalement, la résolution du problème de plus court chemin avec les outils mathématiques et informatiques, va nous offrir une solution économique dédiée aux sociétés et même aux individus, pour parcourir des très longues trajets, en gagnant considérablement des kilomètres et beaucoup de temps et avec moins de dépenses.

Problématique retenue

Est-il possible de reconstruire une route reliant l'est à l'ouest en minimisant les coûts et en intégrant des contraintes économiques, technologiques et géopolitiques ?

Objectifs du TIPE

Je me propose de :

- modéliser un réseau routier avec la théorie des graphes.
- étudier les algorithmes de Dijkstra, de Ford-Bellman et A*.
- Implémenter ces algorithmes avec Python et calculer la complexité temporelle.
- Modéliser mathématiquement le problème de transbordement.
- Analyser le bon fonctionnement de la solution pour les différentes méthodes.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] LE MONDE : La nouvelle route de la soie, arme économique de pékin :

https://www.lemonde.fr/asie-pacifique/article/2017/05/15/la-nouvelle-route-de-la-soie-arme-economique-de-pekin_5127721_3216.html (lu le 07/10/2018)

[2] AQTr : Les enjeux dans le transport des marchandises :

<https://aqtr.com/association/actualites/enjeux-intermodaux-transport-marchandises-accroitre-competitivite-augmenter-echane-augmenter> (lu le 21/10/2018)

[3] BELAYACHI NAÏMA : Étude et modélisation du fonctionnement d'un Réseau de Transport

Modèle : <https://theses.univ-oran1.dz/document/TH3792.pdf> (pdf sur la modélisation d'un réseau routier lu le 16/11/2018)

- [4] RICHARD BELLMAN : On a routing problem : *Quarterly of Applied Mathematics*, vol. 16, 1958 p .87–90 (*Math Reviews* 0102435 lu le 30/12/2018)
- [5] EDWARD F. MOORE : The shortest path through a maze : dans *Proc. Internat. Sympos. Switching Theory 1957, Part II* : 285–292 p., Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press. (lu le 05/01/2019)
- [6] VASSILIS KOSTOGLOU : Transportation Problems :
https://aetos.it.teithe.gr/~vkostogl/en/Epixeirisiaki/Transportation%20problems_en_29-5-2012.pdf
(pdf sur les problèmes de transport et de transbordement lu le 20/01/2019)

Envisager l'impossible:Un Maglev en Afrique

Jeune, je rêvais de sillonner les pays en voiture volante, mais ce rêve demeure encore une fiction. Cependant je peux aujourd'hui le réaliser grâce au Maglev le train volant. ce véhicule me propose la solution d'aller plus vite plus loin et de pouvoir visiter ma famille plus souvent

L'intérêt de mon travail sera donc porté sur un mode de transport ce qui est en adéquation avec le thème de cette année.

En effet, je vais étudier la faisabilité de ce mode de transport dans un pays à climat plutôt chaud.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>supraconductivité</i>	<i>superconductivity</i>
<i>transition</i>	<i>transition</i>
<i>température</i>	<i>temperature</i>
<i>matériaux</i>	<i>materials</i>
<i>magnétisme</i>	<i>magnetism</i>

Bibliographie commentée

Au début du XXe siècle le physicien hollandais, Heike Kamerlingh Onnes et son groupe ont créé un nouveau domaine spectaculaire qui intéresse la communauté scientifique et c'est grâce à cette découverte que le domaine de la supraconductivité a vu le jour.

En effet, Onnes est le premier physicien qui avait réussi à liquéfier de l'hélium, et à atteindre la température de 4,2 kelvins. Une expérience qui a donné lieu à des observations inimaginables [3].

Aux très basses températures, la transition de certains métaux de l'état ordinaire à l'état supraconducteur est brusque. Ils changent de propriétés physiques et présentent deux propriétés remarquables :

L'absence de la résistance électrique en dessous de la température critique T_c , implique que le courant électrique qui parcourt un circuit supraconducteur ne sera pas affecté par aucune dissipation d'énergie.

La propriété de la résistivité nulle ne suffit pas pour décrire le comportement électromagnétique d'un supraconducteur. En 1933, W. Meissner et R. Ochsenfeld observèrent que ces métaux expulsent le champ magnétique de son intérieur lorsqu'on les refroidit en dessous de la température critique. Ce phénomène est l'effet Meissner [3-4-5-6]

Cet effet conduit en 1935 les frères Fritz et Heinz London à proposer une théorie phénoménologique qui explique l'effet Meissner. Dans la théorie de London on remplace la loi

d'Ohm qui relie la densité de courant et le champ électrique par une nouvelle loi qui relie la densité de courant et le potentiel vecteur donc dérive le champ magnétique [3-4-5-7].

Une explication microscopique a été proposée par Bardeen, Cooper et Schrieffer en 1957 et que l'on appelle communément la théorie BCS (du nom des initiales de ses fondateurs).

La caractéristique la plus réputée de la théorie BCS est qu'à très basse température deux électrons dans le supraconducteur sont capables de former des paires appelée paire de Cooper. Cette notion semble contre-intuitive puisque les électrons sont des fermions se repoussent normalement les uns les autres à cause de leurs charges semblables.[2]

Il y a deux types de supraconducteurs :

-Un supraconducteur de type I : il s'agit d'un supraconducteur qui expulse complètement le champ magnétique jusqu'à un niveau critique $H_c(T)$

-supraconducteurs du type 2 sont plus nombreux et intéressants. En effet, si le champ magnétique appliqué est faible ils se comportent comme des supraconducteurs de type 1 et l'excluent. Mais s'il est élevé il y a pénétration dans le matériau sous forme de vortex [1-4-5-6-7]

Malgré le fait que les supraconducteurs doivent être refroidis à des températures cryogéniques on trouve qu'ils ont fascinés le marché commercial puisqu'ils présentent des enjeux énergétiques spectaculaires: dans le domaine médical la première application de la supraconductivité est l'IRM qui fonctionne grâce à une bobine supraconductrice. De plus on les trouve dans les SQUIDS (Superconducting QUantum Interference Devices)

Et grâce à ce phénomène Il existe même des trains à lévitation magnétique [2]

Un enjeu majeur est de fabriquer des matériaux ayant ces propriétés supraconductrices à des températures ambiantes dans un pays africain comme la Tunisie.

Problématique retenue

Est-ce possible d'avoir un train Maglev en Tunisie ?

Est-ce qu'on peut avoir de la supraconductivité à température ambiante ?

Objectifs du TIPE

Je vais mener mon travail sur ces six points:

- 1- Compréhension et modélisation de la physique des milieux magnétiques.
- 2- Étude phénoménologique de la théorie de London pour expliquer la lévitation magnétique
- 3- Tentative d'introduction d'une approche quantique avec la théorie BCS.
- 4- Résolution numérique des équations trouvées.
- 5- Illustration expérimentale de la lévitation magnétique.

Abstract

This work is seeking for a way to have a Maglev in Africa. A continent known for its high temperature above 40°C.

It is divided in two parts :

- Trying to understand how does a magnetically-levitated train float on the track with no wheels and move smoothly .
- The comprehension of superconductivity a phenomenon of zero electrical resistance and expulsion of magnetic fields in certain materials when cooled below a critical temperature. It is characterized by the Meissner effect, the complete ejection of magnetic field lines from the interior of the superconductor as it transitions into the superconducting state.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] JOSÉ PHILIPPE PÉREZ, ROBERT CARLES, ROBERT FLECKINGER : Électromagnétisme: Fondements et applications : *Masson sciences, Dunod, ISBN 2 10 005574 7*
- [2] J. KHACHAN : Superconductivity by Joe Khachan and Stephen Bosi :
<http://www.physics.usyd.edu.au/~khachan/PTF/Superconductivity.pdf>
- [3] CHARLES P. POOLE, JR, HORACIO A. FARACH, RICHARD J. CRESWICK, RUSLAN PROSOLOV :
Superconductivity : *Academic Press*
- [4] ISZABELA KLUTSCH : MODELISATION DES SUPRACONDUCTEURS ET MESURES :
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00384383/document>
- [5] PETER BERGLUND : The glass transition in high-temperature superconductors :
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:372407/FULLTEXT01.pdf>
- [6] LUDIVINE CHAUVIERE : Magnétisme et supraconductivité dans les pnictures de fer étudiés par diffusion Raman : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00643775/file/these.pdf>
- [7] KEES VAN DER BEEK : Supraconducteurs La mécanique quantique à grande échelle :
<https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2011/05/refdp201127p6.pdf>

DOT

- [1] *Mai et juin 2018 : Lecture et compréhension de quelques thèses : Méthodes et outils de caractérisation électrique et magnétique des supraconducteurs de Julien LECLERC, Modélisation des supraconducteurs et mesures de Iszabela Klutsch*
- [2] *Août 2018 : Compréhension de la conférence de Julien BOBROFF (prof à l'université Paris-sud spécialisé dans la supraconductivité)*
- [3] *Début d'octobre : Etude et compréhension du fonctionnement du Maglev*
- [4] *Décembre 2018 : Rencontre avec Monsieur Edouard Tantart physicien au Saint-Louis*
- [5] *Janvier 2019 : Compréhension des deux conférences de BOBROFF (livre le plus froid du monde)*
- [6] *Février 2019 : Compréhension de l'approche quantique*

[7] *Mars 2019 : Rencontre avec le chercheur et le professeur Hassan Maaref qui a fait son doctorat à Insa Toulouse et réalisation des expériences*

vers un transport rapide et volumineux de l'information

Après avoir regardé un documentaire sur le Trading haute fréquence j'ai décidé d'étudier le transport ultra rapide de l'information dans l'une des modalités qu'utilisent les banques d'investissements. Ceci m'a amené à la question: comment on a réussi à transporter une telle quantité d'information ?

Mon travail consiste à comprendre et modéliser la solution technologique permettant de transporter instantanément une grande quantité de données dans une fibre optique, pour cela, mon sujet est en adéquation avec le thème de cette année.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fibre optique écrasée</i>	<i>Crushed optical fiber</i>
<i>dispersion</i>	<i>dispersion</i>
<i>P r o p a g a t i o n électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic propagation</i>
<i>rayon lumineux</i>	<i>optic ray</i>
<i>indice de réfraction</i>	<i>refractive index</i>

Bibliographie commentée

Pour que le monde devienne un petit village, la communication et le transport de l'information par fibres optiques sont devenus incontournables à l'heure actuelle et ce, plus encore pour des pays tels que la Tunisie. Ce progrès est principalement dû à la mise au point de sources lasers cohérentes pouvant offrir des signaux occupant des bandes de fréquences de plus en plus vastes atteignant plusieurs dizaines de gigahertz et pouvant être véhiculés sur fibres optiques.

Le problème général qui reste toujours posé pour un chercheur et un fabricant est à la fois de minimiser les pertes par atténuation lors de la transmission du signal et d'augmenter le débit de transmission. Mais ces études sont souvent découplées de l'analyse des pertes de performances de transmission après installation de ces fibres optiques [1]. Nous faisons ici l'hypothèse que ces pertes peuvent être occasionnées sur le long terme par l'écrasement répété d'une fibre installée dans le trottoir ou dans une chaussée très passante lorsque l'on opte pour une solution 100% fibre optique de type FTTH comme cela vient d'être fait en Tunisie.

Une fibre optique est un milieu qui conduit un signal électromagnétique appartenant au domaine optique et sur une grande distance on utilise l'infrarouge. Elle est composée de plusieurs matériaux diélectriques isotropes, d'indices de réfraction différents et disposés en plusieurs couches autour d'un axe de révolution. Elle est constituée principalement de trois composantes :

- un cœur de quelques micromètres (fibre monomode) à 50 micromètres (fibre multimodes),
- l'indice de réfraction du cœur, plus fort que celui de la gaine qui permet de piéger la lumière ou le signal transporté.
- une gaine de rayon d'environ 120 micromètres, tout rayon lumineux incident lancé dans ce milieu subit une réflexion totale multiple chaque fois qu'il touche l'interface cœur-gaine [2]. C'est cette gaine protectrice qui sera sollicitée par les écrasements.

Le transport du signal à travers un support physique est ainsi accompagné d'un phénomène de perte qui apparait suite à l'interaction du signal transporté avec les molécules de silice qui compose la fibre optique. L'atténuation spectrale est l'un des paramètres clés des fibres monomodes et multimodes. Elle détermine l'efficacité de transmission dans le réseau optique. Elle est fonction principalement de la qualité de la silice (défauts de structure, impureté...). L'analyse de ce spectre d'atténuation de la fibre optique constitue une étape primordiale pour un chercheur ou un fabricant mais aussi lors des opérations de maintenance. La qualité de la transmission peut être liée aux paramètres géométriques, aux propriétés mécaniques de la fibre [3].

C'est cette atténuation spectrale que nous analyserons à la fois expérimentalement et par simulation numérique en fonction des modifications des propriétés mécaniques de la fibre du fait de son écrasement.

Les supports fibres optiques ont le pouvoir de transmettre sur le même support un ou plusieurs signaux au même instant. Ce pouvoir de transmission est assuré par la technique de multiplexage. Cette technique permet d'apporter une solution à l'augmentation énorme du trafic de données et d'assurer des applications spécifiques de haute qualité telles que la télévision haute définition (TVHD). Deux modes sont généralement considérés : le monomode fibre optique (SMF) qui se rapproche de la technologie non linéaire de Shannon [4] et le multimode (MMF) qui a surmonté le manque de capacité en transmission optique haute vitesse [5].

Problématique retenue

Analyse des pertes de performances lors d'une transmission sur une fibre optique subissant un

écrasement répété, afin de mieux comprendre comment implanter la fibre pour mieux la protéger, afin d'assurer un transport optimal de l'information.

Objectifs du TIPE

- Modélisation physique du phénomène de la propagation avec l'équation de D'Alembert.
- Résolution numérique des équations de propagation.
- Réalisation d'une série d'expériences :
 - Etude du canal de transmission : pertes, dispersion, effets non-linéaires (effet Kerr) doublage de fréquence.
 - L'étude expérimentale de l'atténuation du signal transmis sera faite en fonction de la longueur, de la nature de cette fibre optique (fibre en plastique, fibre en silice SiO₂) et des efforts mécaniques exercés de manière répétitive.

Abstract

During this project, a study of the propagation of electromagnetic waves in an optical fiber has been done. A multidisciplinary approach has been followed which consists of three steps: a physical modeling of the phenomena, a numerical simulation and a series of experiments. The results show that the material used in the fiber is crucial to improve the quality of the transmitted information. The simulation works well for the linear phenomena but many difficulties have been encountered in the case of the Kerr effect which is a non-linear phenomena. As a conclusion, the optical fiber can challenge the other mediums.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] HIROSHI TANAKA : Damage to optical networks 'by wildlife and methods for protecting existing optical fiber cables in the FTTH era : *Hiroshi Tanaka, et al., Damage to optical networks by wildlife and methods for protecting existing optical fiber cables in the FTTH era, 2007*
- [2] IRÈNE JOINDOT : article scientifique : *UNIVERSALIS .fr* lu le 30 décembre 2018
- [3] DI YANG ET AL : An Optical Fiber Comprehensive Analysis System for Spectral-Attenuation and Geometry Parameters Measurement : *Yang, D., Li, D., Tao, J., Fang, Y., Mao, X., & Tong, W. (2017). An optical fiber comprehensive analysis system for spectral-attenuation and geometry parameters measurement. 2017.*
- [4] R. J. ESSIAMBRE : Weakly-coupled Mode-division-multiplexing Systems and Networks Supporting Large Quantity of Independent Modes : *Li, J., Wu, Z., Hu, T., Ge, D., Tian, Y., Zhang, Y., ... He, Y. (2017). Weakly-coupled mode-division-multiplexing systems and networks supporting large quantity of independent modes. 2017.*
- [5] GUIFANG LI ET AL : Focus issue introduction: space-division multiplexing : *Li, G., Karlsson, M., Liu, X., & Quinquempois, Y. (2014). Focus issue introduction: space-division multiplexing.*

DOT

- [1] *août 2018 fixation du sujet suite à une rencontre avec le professeur Jaidane nejmedine physicien à la faculté des sciences de tunis*
- [2] *octobre 2018 modélisation de la propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu*
- [3] *octobre 2018 réalisation d'une première expérience pour comprendre l'atténuation dans une fibre optique*
- [4] *décembre 2018 résolution numérique et implémentation du code de l'atténuation.*
- [5] *janvier 2019 retour au laboratoire , réalisation d'une nouvelle série d'expérience sur des effets non linéaires.*
- [6] *février 2019 rencontre avec monsieur Eduard Tantard physicien à l'école saint luis*
- [7] *février 2019 résolution numérique et implémentation des codes de dispersion, de modulation d'amplitude et de fréquence.*

Transport optimal : application en analyse des images satellitaires

Avec le changement climatique, les modèles de prévision des rendements agricoles sont indispensables. L'utilisation de la télédétection est pratique mais nécessite un effort considérable de validation sur le terrain. C'est pourquoi j'ai décidé de me pencher sur la théorie du transport optimal qui me permettrait d'exploiter les images satellitaires sans avoir à valider la carte d'occupation du sol.

Mon tpe s'intéresse à la théorie du transport optimal appliquée à l'imagerie. Il est donc en adéquation avec le thème de l'année.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
NDVI	NDVI
transport optimal	optimal transport
télédétection	Remote sensing
rendement agricole	Crop yield

Bibliographie commentée

L'avènement de la télédétection et son amélioration au cours des dernières années grâce à l'évolution des instruments de mesure au niveau des satellites, l'augmentation de leur résolution de mesure et la disponibilité des images satellitaires gratuites, place actuellement cette technologie comme étant la plus efficace et rentable à de grandes échelles spatio-temporelles et permet d'intégrer la complexité du parcellaire agricole. Plusieurs modèles de télédétection sont proposés dans la littérature scientifique pour estimer les rendements des cultures en se basant sur des indices synthétiques calculés à partir des réflectances des pixels dans plusieurs longueurs d'ondes. L'indice le plus utilisé pour estimer la biomasse végétative est l'indice de végétation standardisé (NDVI) [1]. La biomasse végétale est corrélée au rendement pour les cultures annuelles [2].

Le capteur MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) embarqué à bord du satellite TERRA lancé par la NASA possède une fauchée de 2330 km qui lui permet d'observer chaque point de la Terre avec un cycle de répétition de passage au sol tous les 16 jours dans 36 bandes spectrales et une résolution spatiale variant de 250 m à 1 km en fonction ces bandes [3]. Il offre un certain nombre de produits utiles y compris les NDVI des pixels qui peuvent être récupérés par le biais d'un modèle créé par les logiciels de visualisation cartographique (exemple Arc Gis).

Ces données seront dans la suite utilisées pour tracer des histogrammes de fréquence des NDVI

d'une région semi-aride de la Tunisie durant fin mars début Avril (période durant laquelle les céréales sont en épiaison avec une biomasse maximale et commencent le remplissage des grains).

La démarche classique en télédétection est de faire un masque sur la zone d'occupation du sol pour la culture à étudier et lié l'NDVI au rendement. Toutefois cette démarche nécessite une mobilisation sur le terrain et un travail important de collecte des données.

Comme la distance de Wasserstein relative à la théorie du transport optimal [4] est bien adaptée au problème d'ajustement à une famille de localisation, plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à l'utiliser dans le domaine de l'infographie et du traitement d'image [5]. Il serait donc intéressant de tester cette méthode avec les histogrammes de distribution des NDVIs.

L'objectif serait donc de déterminer une relation entre des histogrammes de référence et l'histogramme de l'année dont on veut estimer le rendement. Connaissant les rendements relatifs aux histogrammes, cette relation permettra la prévision du rendement du blé de l'année en question sans avoir à se préoccuper de l'occupation du sol. Les histogrammes de référence seront définis par rapport aux rendements agricoles (rendement maximum rendement minimum et rendement moyen).

Problématique retenue

Estimer la relation entre l'indice synthétique d'un histogramme issu du traitement des images satellitaires et le rendement dans le gouvernorat de Zagouan en Tunisie. L'adéquation du modèle étudié se fera sur la base des observations de rendements céréaliers mesurées par le ministère de l'agriculture tunisien.

Objectifs du TIPE

- Elaboration des histogrammes de fréquence des NDVIs à partir d'une base de données fournie par le Centre National de Cartographie et de Télédétection.
- Elaborer une relation entre des histogrammes de référence et un histogramme dont on veut estimer le rendement en se basant sur la théorie du transport optimal .

Abstract

Remote sensing data are nowadays frequently used to estimate crop yields through the NDVI estimation. To avoid the use of the delimitation of the area occupied by the crop, this work try to determine the wheat yield of a Tunisian region basing on the optimal transport method between two reference NDVI distributions associated with the best and the worst performances of a series of years between 2001 and 2017. 1D Wasserstein barycenter and empirical distribution transport methods are tested. The results of yield estimations by the first method are improved comparing to the use of mean NDVI.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] NAGY A., FEHÉR J., TAMÁS J., 2018 : Wheat and maize yield forecasting for the Tisza river catchment using MODIS_NDVI time series and reported crop statistics. : *Computers and Electronics in Agriculture*, 151:41-49.
- [2] GOSWAMI S., GAMON J.A., VARGAS S., TWEEDIE C.E., 2015. : . Relationships of NDVI, Biomass, and Leaf Area Index (LAI) for six key plant species in Barrow, Alaska. : <https://peerj.com/preprints/913.pdf>
- [3] <https://lpdaac.usgs.gov>
- [4] NELSON F., 2016. : Transport optimal pour l'assimilation de données images. : . <https://hal.inria.fr/tel-01480695v1/document>
- [5] BONNEEL N., PEYRÉ G., CUTURI M., 2016. : Wasserstein Barycentric Coordinates: Histogram Regression Using Optimal Transport. : https://perso.liris.cnrs.fr/nbonneel/WassersteinBarycentricCoordinates/WBC_lowres.pdf

DOT

- [1] Aout 2018 : Rencontre avec un expert en télédétection et un expert en bioclimatologie. Cette discussion m'a amené à lire les références Bonneel et al. (2016) et Nagy et al. (2018), permettant l'identification des paramètres clés de l'étude.
- [2] Septembre 2018 : Identification de notre méthode comme étant la théorie de transport optimal, pour laquelle des algorithmes de résolution existent et sont disponibles en libre accès
- [3] Octobre 2018 : Réception des bases de données en fichier Excel des valeurs des NDVI (Indice végétative de différence standardisée). Réalisation de la régression linéaire entre les moyennes des NDVI et les rendements du blé dur (En utilisant toutes les données de la base sauf les deux dernières années). Résultat : prédiction pour les deux dernières années et estimation de l'erreur.
- [4] Novembre 2018 : Réalisation d'une série d'algorithme pour l'approximation des histogrammes de fréquences par deux gaussiennes. Résultat : Échec de simulation avec de deux gaussiennes à cause des différentes allures des courbes.
- [5] Décembre 2018: Réalisation d'une série d'algorithme pour l'implémentation des barycentres de Wasserstein pour des gaussiennes de référence et la détermination du coefficient barycentrique du barycentre le plus proche d'une courbe intermédiaire. Obtention de résultats et prévision pour les deux dernières années de la série et calcul d'erreur relative.
- [6] Janvier 2019 : Adaptation des algorithmes notamment celui de Sinkhorn pour effectuer le transport entre des distributions empiriques de référence et situer une distribution intermédiaire entre les deux courbes de référence pour déterminer le coefficient alpha. Obtention de résultats et prévision pour les deux dernières années de la série et calcul d'erreur relative. Rencontre avec Mr Tantar et discussion de la nature de l'épreuve TIPE
- [7] Février 2019: Comparaison des erreurs, interprétation des résultats, production des courbes pour la présentation finale.

Etude et modélisation du transport dans une réaction oscillante.

La variation des motifs et des couleurs lors de la réaction de Belousov-Zhabotinsky comme s'ils oscillaient m'a vraiment fasciné et rendu curieux. Ce fait m'a poussé à m'interroger sur les causes de ce phénomène et d'essayer d'en proposer une explication.

Le phénomène de transport par diffusion est un phénomène remarquable dans beaucoup de réactions chimiques. La réaction de Belousov-Zhabotinsky étant l'un des meilleurs exemples de ce phénomène. Je tenterai de la modéliser et la simuler pour bien comprendre les processus mis en jeu.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Oscillation</i>	<i>Oscillation</i>
<i>Diffusion</i>	<i>Diffusion</i>
<i>Thermodynamique</i>	<i>Thermodynamic</i>

Mots-clés (phase 3)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Modèle de Lotka Volterra</i>	<i>Lotka Volterra model</i>

Bibliographie commentée

Les réactions oscillantes font partie des réactions chimiques les plus fascinantes. Dans un type de ces réactions, un mélange de produits chimiques passe par une séquence de changements de couleur, et cette séquence se répète périodiquement. Dans un autre cas, le mélange émet périodiquement une bouffée de gaz qui mousse [5].

Les oscillations dans une réaction chimique oscillante sont entraînées par la diminution de l'énergie libre du mélange. Cette diminution est le moteur de toutes les réactions chimiques, mais toutes les réactions chimiques ne présentent pas des oscillations. Il doit y avoir une caractéristique particulière aux réactions d'oscillation qui leur permet de présenter ce comportement inhabituel[5].

Les oscillateurs ont au moins trois caractéristiques communes. Tout d'abord, pendant que les oscillations se produisent, le mélange chimique est loin de l'équilibre, et une réaction de libération d'énergie se produit dont l'énergie entraîne l'oscillation. Deuxièmement, la réaction de libération d'énergie peut suivre au moins deux réactions différentes et la réaction bascule périodiquement de l'une à l'autre. Troisièmement, l'une de ces réactions produit un certain produit intermédiaire, tandis que l'autre le consomme, et la concentration de ce produit sert à déclencher le passage d'une réaction à l'autre. Lorsque la concentration du produit intermédiaire est faible, la réaction suit la réaction de production, conduisant à une concentration relativement élevée de ce produit. Quand la concentration du produit intermédiaire est élevée, la réaction passe à la réaction de consommation et la concentration de ce produit décroît. Finalement, la réaction retourne à la réaction de production, la réaction passe à plusieurs reprises d'une réaction à l'autre[1].

Les systèmes de réaction-diffusion sont des modèles mathématiques qui correspondent à plusieurs phénomènes physiques: le plus courant est le changement dans l'espace et le temps de la concentration d'une ou plusieurs substances chimiques: réactions chimiques locales dans lesquelles les substances sont transformées les unes aux autres et diffusion qui provoque la dispersion des substances sur une surface dans l'espace.

Mathématiquement, les systèmes de réaction – diffusion prennent la forme d'équations différentielles partielles paraboliques semi-linéaires[2].

Les solutions des équations de réaction-diffusion montrent plusieurs types de comportements, y compris la formation d'ondes progressives et de phénomènes analogues à des ondes, ainsi que d'autres structures auto-organisées telles que des bandes, des hexagones ou des structures plus complexes telles que des solitons dissipatifs. De tels modèles ont été surnommés "modèles de Turing". Chaque fonction, pour laquelle une équation différentielle de diffusion de réaction est vérifiée, représente en fait une variable de concentration[3].

Le critère pour un modèle théorique acceptable est qu'il concorde avec les observations expérimentales de la variation temporelle mesurée des concentrations. Si le modèle est acceptable, on peut dire que nous avons une meilleure compréhension de la réaction étudiée.

Les méthodes analytiques et informatiques se sont avérées être des outils mathématiques utiles pour étudier les mécanismes de réactions chimiques oscillantes. Les équations aux dérivées partielles ordinaires décrivant le système oscillant sont paramétrées par les constantes de vitesse, les conditions initiales, les conditions aux limites, etc.

La réaction de Belousov-Zhabotinsky, ou réaction BZ, fait partie d'une classe de réactions constituant un exemple classique de thermodynamique hors équilibre, aboutissant à l'établissement

d'un oscillateur chimique non linéaire. Le seul élément commun à ces oscillateurs est l'inclusion de brome et d'un acide. Les réactions sont importantes pour la chimie théorique en ce qu'elles montrent que les réactions chimiques ne doivent pas nécessairement être dominées par le comportement thermodynamique à l'équilibre. Ces réactions sont loin de l'équilibre, le restent pendant une longue période et évoluent de manière chaotique. En ce sens, ils fournissent un modèle chimique intéressant de phénomènes biologiques hors équilibre; en tant que tels, les modèles mathématiques et les simulations des réactions de BZ présentent un intérêt théorique[5].

Problématique retenue

Il s'agit d'étudier comment les réactions oscillantes se produisent et surtout comment un transport de matière peut produire des motifs ainsi fascinants.

Objectifs du TIPE

Je me propose de :

- Expliquer le caractère oscillant des réactions oscillantes.
- Etude du cas de la réaction de Belousov-Zhabotinsky.
- Proposer une modélisation mathématique (équation de diffusion).
- Résolution numérique et simulation

Abstract

An oscillating reaction is a reaction in which the concentrations of certain compounds increase and then decrease alternately over a period of time between two limits. The chemical system must be far from its equilibrium state, a product of an intermediate stage must have an influence on its formation rate (autocatalytic stage). The system must be able to exist under two distinct stable states (oxidation phase and reduction phase).

My study focused on the modelization of this reactions especially the Belousov-Zhabotinski reaction in order to visualise and understand the fascinating spatio-temporal patterns emerging in this reaction.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] EARLE S. SCOTT, RODNEY SCHREINER, LEE R. SHARPE, BASSAM Z. SHAKHASHIRI, ET GLEN E. DIRREEN] : Oscillating Chemical Reactions
- [2] RODICA VÎLCU DANIELA BALA : Models of oscillating chemical reactions. particularities of some proposed models for the characterization of chemical oscillations
- [3] GRÉGOIRE ALLAIRE, CMAP , XAVIER BLANC, LILL, BRUNO DESPRES, LILL, FRANÇOIS GOLSE, CMLS, : Transport et diffusion : 12 novembre 2015
- [4] JEAN-MARC RICHARD : Notes de Physique Statistique : M1, 2007-08, module CPHYS-422
- [5] J.D.MURRAY : Mathematical Biology : Geophysics and Planetary Sciences

Références bibliographiques (phase 3)

- [1] VLADIMIR K VANAG : Waves and patterns in reaction \pm diffusion systems. Belousov \pm Zhabotinsky reaction in water-in-oil microemulsions : *REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS*
PACS numbers: 05.45. \pm a, 05.65.+b, 82.40.Bj, 82.40.Ck

DOT

- [1] *Août 2018 : première observation des réactions oscillantes lors d'une recherche d'informations sur le site Youtube.*
- [2] *Septembre : Recherche bibliographique de références et documents sur le sujet.*
- [3] *Octobre/Janvier: Début de mon étude, établissement du système différentiel et rencontre de difficulté dans la résolution numérique.*
- [4] *Janvier : Rencontre avec Monsieur Edouard-Roger Tantart physicien au lycée Saint Louis à Paris.*
- [5] *Janvier/Avril : Préparation des livrables et de la présentation.*

Transport de l'information dans une fibre optique

Les moyens de transport de l'information se sont largement développés grâce aux fibres optiques et aux lasers ...

Ainsi, passionné par la musique, j'ai voulu en savoir davantage sur les similitudes entre ces deux phénomènes différents le son et la lumière afin de pouvoir « faire chanter la lumière ».

Mon tpe étudie le transport de l'information dans un guide. En effet, je me propose de travailler sur la transmission d'un signal informatif via un signal laser dans une fibre optique ce qui est en accord avec le thème de cette année.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>laser</i>	<i>laser</i>
<i>Fibre optique</i>	<i>Optical fiber</i>
<i>onde électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic wave</i>
<i>Modulation</i>	<i>Modulation</i>
<i>Effet linéaire</i>	<i>Linear Effects</i>

Bibliographie commentée

Principalement construite d'un cœur et une gaine disposant d'un milieu transparent dont le premier est d'un indice de réfraction qui dépasse celui du dernier, la fibre optique est un cylindre fin qui conduit la lumière d'un endroit à un autre.

Deux types de fibres sont à distinguer :

- Une fibre monomode : dont l'utilisation est possible sur tous les réseaux et qui dispose d'un cœur relativement petit par rapport à la gaine ce qui explique l'existence d'un seul mode de propagation qui est le mode fondamental. Cette fibre est caractérisée par une atténuation d'environ 0.2dB/Km
- Une fibre multi- modes : conçue pour de très courtes distances. [2]

Le guidage du signal optique se base sur le principe de réflexion de la lumière. Lorsqu'un rayon lumineux entre dans la fibre optique, avec un angle approprié, à l'une de ses extrémités, il subit des réflexions totales internes, et se propage jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique tout en ayant un parcours de zigzag. Pour que ce phénomène soit possible et réussi, deux conditions issues de l'optique géométrique sont à retenir :

La première est relative aux indices du cœur et de la gaine ($n_g > n_c$) quant à la deuxième elle concerne l'angle d'incidence (injection) du rayon lumineux qui ne devrait pas dépasser celui d'acceptance en se référant à l'axe de la fibre. [2,5]

D'une autre part, l'idée pour transmettre l'information sur une fibre se base sur les principes employés lors des transmissions en bande de base. En effet, l'information sera codée, convertie en

signal lumineux puis modulée avec une source optique, pratiquement un laser.

Le laser (acronyme anglais pour Amplification de Lumière par Emission Stimulée de Radiation) est un outil qui trouve ses racines dans la théorie de l'émission stimulée d'Einstein de 1916, qui présente la possibilité de produire des photons virtuellement identiques, ce qui ouvre la porte à la création d'un faisceau lumineux cohérent, unidirectionnel et monochromatique.[1]

Par ailleurs, la fibre est sujette à des dégradations de puissances du signal par différents types d'effets. On distingue deux types d'effets :

-Effets linéaires :

-L'atténuation de l'intensité lumineuse : due principalement à l'absorption et à la diffusion de la lumière dans le milieu diélectrique.

-La dispersion chromatique : Etant donné que, les sources employées pour transporter l'information ne sont pas parfaitement monochromatiques et que l'indice de réfraction d'un milieu dépend de la longueur d'onde, les composantes spectrales possèdent des vitesses de propagation différentes ce qui provoque ainsi l'élargissement d'une impulsion [3,4]

-Effets non linéaires :

-L'effet Kerr

Enfin l'information pourra être récupérée, après conversion optoélectronique, remise en forme, démodulée, puis décodée et corrigée.

Problématique retenue

Quels sont les principaux paramètres caractérisant une fibre optique pour la transmission ?

Comment augmenter le débit sur une longue distance pour optimiser le transport de l'information ?

Objectifs du TIPE

Etude du fonctionnement d'un laser semi conducteur

Quantification des effets linéaires pendant le transport de l'information dans une fibre optique :

- Etude de l'atténuation de l'intensité lumineuse en fonction de la longueur de la fibre, des matériaux, et des longueurs d'ondes.

- Etude de l'atténuation en fonction de la dispersion chromatique

Modélisation physique du signal pendant sa propagation dans la fibre à l'aide de l'équation de D'Alembert.

Résolution numérique avec une méthode de différences finies afin d'implémenter un code en python

Etude de la modulation et de la démodulation avec un montage électronique.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] DR. RÜDIGER PASCHOTTA : The Encyclopedia of Laser Physics and Technology :

<https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>

[2] Les Fibres optiques, Dossier technique, Thème d'autonomie 1999 :

https://nanopdf.com/download/sommaire--7_.pdf

[3] FRANÇOIS BARIBEAU : GUIDE D'ONDE EFFILÉ COMME COMPENSATEUR DE

DISPERSION CHROMATIQUE DANS LES SYSTÈMES DE COMMUNICATIONS MULTI-
LONGUEURS D'ONDE : <http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/MQ60696.pdf>

[4] U. OSTERBERG : Signal Processing in Optical Fibers :

<http://library.msri.org/books/Book46/files/12oster.pdf>

[5] MELLE IMANE CHIALI : Etude d' une transmission d' un signal modulé directement par une
source optique laser à un débit de 10 Gbit/s : [http://dspace.univ-](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/4025/1/Rapport_Fin_Etude.pdf)

[tlemcen.dz/bitstream/112/4025/1/Rapport_Fin_Etude.pdf](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/4025/1/Rapport_Fin_Etude.pdf)

Etude de la congestion et de la capacité sur le réseau Autoroute A7 en France.

Lors des crises de croissance générale et urbaine en particulier que connaissent les sociétés américaines et européennes au cours des années 1960, l'automobile et la circulation urbaine sont stigmatisés. Sir Buchanan est l'un des premiers à dénoncer le fait d'analyser la congestion récurrente automobile, et c'est dans cette problématique que sa motivation prend sa place dans le cadre d'un problème qui par ces effets touche le monde tout entier.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de cette année. En effet il met en exergue la connaissance et le suivi du niveau de congestion récurrente qui permettent d'envisager des actions de régulation et d'aménagement de voirie.

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Congestion</i>	<i>Congestion</i>
<i>Congestion récurrente</i>	<i>Recurrent congestion</i>
<i>Capacité</i>	<i>Capacity</i>
<i>Réseau</i>	<i>Network</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelization</i>

Bibliographie commentée

De remède à la congestion urbaine, l'automobile devient, avec sa massification au cours du XX^{ème} siècle, la cause de la congestion de la circulation. Le terme d'encombrement est remplacé par celui d'embouteillage pour désigner un problème de circulation mécanique dû à l'explosion de la motorisation et à l'émergence d'un nouveau besoin.

Comme dans les toutes grandes agglomérations françaises, il existe des problèmes de congestion sur les voies rapides urbaines de la région Marseillaise au niveau de certains tronçons des autoroutes et en particulier l'Autoroute A7.

Il existe plusieurs formes de congestion, selon leur cause : la congestion récurrente, la congestion « prévisible » (travaux, manifestation, météo) et la congestion due aux incidents et accidents par définition imprévisibles. Chaque cause de congestion est traitée par une stratégie différente. La congestion dite récurrente est liée à un excès de demande observé quotidiennement par rapport à la capacité, c'est-à-dire au débit maximal que peut supporter le réseau. Les congestions récurrentes sont un préjudice collectif d'heures perdues annuelles qui peuvent être chiffrées. Nous savons qu'à la limite de saturation, un excès de demande de quelques pourcents entraîne une chute de débit de dizaines de pourcents. Pour améliorer le niveau de service du réseau autoroutier, les différentes formes de congestion peuvent être traitées systématiquement. En ce qui concerne la congestion récurrente, plusieurs méthodes sont disponibles, soit pour augmenter la capacité, soit pour diminuer (ou reporter) la demande : mettre en œuvre des stratégies de gestion de trafic (régulation de vitesse, régulation d'accès, amélioration des voies d'insertion) par les mesures d'exploitation de la route, améliorer l'infrastructure, offrir du report multimodal. La connaissance et le suivi du niveau

de la congestion récurrente permettent ensuite d'envisager des actions de régulation, d'aménagements de voirie, voire de gestion multimodale comme perspectives concrètes. Les outils de modélisation du réseau peuvent permettre d'étudier et comparer différentes solutions envisagées.

Problématique retenue

De l'importance de l'étude de la capacité et de la congestion récurrente dans les agglomérations et surtout la partie tronç commun (Autoroute A7), on peut alors se poser la question : comment la congestion récurrente peut – elle être optimiser ? Quels Approche physique et simulation numérique pourrons envisagée?

Objectifs du TIPE

Dans le cadre de mon étude la connaissance et le suivi du niveau de congestion récurrente permettent ensuite d'envisager des actions de régulation la simulation numérique est alors employée étudier une solution parmi d'autres solutions ou proposer une solution de régulation dynamique du trafic.il s'agit dans un 1er temps d'établir le digramme fondamental (tracé du débit en fonction de la concentration) caractéristique du tronçon étudié à partir de l'historique de données ,puis de mettre en place une simulation numérique adaptée au tronçon étudié à partir du modèle afin de tester l'approche physique qui est basé sur la mécanique des fluides.

Abstract

The objective of this study is to carry out a study of traffic on a part of the urban fast lanes of the Marseilles area by studying in particular the so-called recurrent congestion on the highways axes.

The level of recurrent congestion can be defined as the excess demand that caused congestion : that is ,the volume of traffic that must be removed from sections of highways to restore smooth traffic during peak hours.

the sections equipped with stations by calibrating the fundamental diagrams by calculation of a function of approximation.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] C. BARIOU, CETE MÉDITERRANÉE/ DCEDI / TIER : étude de la capacité et de la congestion sur le réseau MARIUS : www.cete-mediterranee.fr/tt13//www/spip.php?article237
- [2] GAELE LESTEVEN : Les stratégies d'adaptation à la congestion automobile dans les grandes métropoles. Analyse à partir des cas de Paris, São Paulo et Mumbai. Géographie. Université sorbonne : [tel . archives - ouvertes .fr / tel -00981240](http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00981240)

DOT

- [1] *Aout 2018: première observation du problème de trafic routier sur youtube*
- [2] *septembre: Recherche de références et de documents sur le sujet*
- [3] *Novembre: Début d'étude et contact avec le professeur encadrant*
- [4] *Décembre: Rencontre avec le mathématicien Claude Des champs*

[5] *Janvier: Rencontre avec le physicien Edouard-Roger Tiantart*

[6] *février: préparation des livrables et présentation*

Traitement d'image avec du transport optimal

Traitement d'images avec du transport optimal

Depuis que j'ai commencé à naviguer sur le net, j'ai toujours été fasciné par la capacité de certaines applications à retoucher les images et à obtenir des résultats bluffants. Je me suis alors toujours demandé: Comment procèdent ces applications?

Mon sujet est en corrélation avec le thème car il traite le transport optimal de mesure dans des espaces mathématiques afin d'effectuer un traitement sur les images.

Une demande de confidentialité a été enregistrée pour ce MCOT.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Analyse), MATHEMATIQUES (Autres), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Transport optimal</i>	<i>Optimal transport</i>
<i>Traitement d'images</i>	<i>Image processing</i>
<i>Distance de Wasserstein généralisée</i>	<i>Generalized Wasserstein distance</i>
<i>Interpolation d'images</i>	<i>Image interpolation</i>
<i>Optimisation (non) convexe</i>	<i>(non) convex optimization</i>

Bibliographie commentée

Etant une théorie mathématique extrêmement développée, le transport optimal s'est vu être appliqué dans différents domaines tels que l'informatique, et plus précisément en traitement d'images [1].

Dans ce domaine, le transport se concrétise par exemple dans le transfert des caractéristiques d'une image vers une autre. Des modèles convexes et non-convexes permettent de réaliser ceci d'une manière convenable.

Apparu pour la première fois en 1781 par l'intermédiaire du fameux mathématicien français Gaspard Monge sous le nom de la "Théorie des déblais et des remblais", ce n'est qu'au 20ème siècle qu'on a attribué la première description mathématique du problème du transport optimal grâce au mathématicien russe Leonid Kantorovich, et par conséquent, le problème est de nos jours connu sous le nom de: problème de Monge-Kantorovich. Puis, en 2000 et 2003, des travaux ont été réalisés par J.D Benamou et Y.Brenier sur ce sujet, continuant ainsi ce qu'avaient commencé à faire les pères fondateurs [1][6].

L'expression image numérique comporte deux termes: image et numérique. Le premier est assez vague puisqu'il comporte plusieurs aspects, quant au deuxième, il désigne toute information qu'on peut représenter par des nombres. Ainsi, l'image numérique est une image qui est passée d'un état purement physique à un état électronique, et c'est ce qu'on appelle la numérisation [3].

Après la numérisation, qui est une étape essentielle pour notre étude, vient la pixellisation ou l'échantillonnage qui consiste à transformer une image numérique en pixels. En effet, cette procédure permet d'améliorer le travail à effectuer en limitant l'effet du flou. Cependant, parfois il est impossible d'utiliser cette technique à cause des problèmes d'amplitude ce qui nous pousse à réfléchir à trouver d'autres solutions, comme par exemple changer d'espace de représentation des données en les plaçant dans un espace de Wasserstein équipé d'une distance de Wasserstein[2].

Dans cette étude, on s'intéressera à l'aspect mathématique de ce problème, c'est à dire qu'une image en noir et blanc sera considérée comme étant une fonction positive de $\mathbb{R} \times \mathbb{R}$ dans l'intervalle $[0,1]$. Puis, on aura recours à la mesure d'une densité de probabilité, qui est une généralisation de l'intégrale. On définira une application qui transportera une densité à une autre, ensuite, on introduira la distance de Kantorovich définie par une norme de Minkowski notée L^p , entre deux densités et c'est elle qui va nous permettre de conclure si l'application précédemment définie est un transport optimal et si elle résout le problème L^p de Monge-Kantorovich ou non [1].

Si p est égal à 2, alors il y a un seul transport optimal qui convient et qui s'écrit sous la forme du gradient d'une fonction convexe qui est à son tour racine de l'équation de Monge-Ampère dans laquelle on trouvera la matrice hessienne de la fonction de plusieurs variables. Et au lieu de chercher à résoudre cette équation, Benamou et Brenier ont eu une toute autre vision des choses et ont proposé une alternative qui s'avère être plus adaptée à l'interpolation d'images[1].

En effet, il faudra calculer le gradient ,qui est une généralisation à plusieurs variables de la dérivée d'une fonction d'une seule variable, afin de déterminer les points critiques du fonctionnel construit qui s'appelle fonction objectif ou fonction coût. Ce calcul se fera à travers l'algorithme du gradient stochastique et la méthode du gradient conjugué qui permettent de minimiser une fonction objectif. Enfin, pour connaître la nature de ces points, c'est à dire s'ils sont des minimas locaux, des maximas locaux ou des points-selles, on effectuera le calcul de la matrice hessienne qui est la matrice carrée des dérivées partielles secondes de la fonction définie[4][5].

Problématique retenue

De quelle façon intervient le transport optimal pour transformer une image de mauvaise qualité et de couleur fade en une image de meilleure qualité constituée de couleurs éclatantes?

Objectifs du TIPE

- Compréhension du problème de Monge-Kantorovich
- Modélisation mathématique.

- Modélisation mathématique avec les équations de conservation.
- Optimisation de la fonction objectif trouvée.
- Implémentation d'un code en Python pour le calcul numérique du gradient et de la matrice hessienne.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] SYLVAIN PLANÈS : Transport optimal et interpolation d'images : <https://ensiwiki.ensimag.fr/images/2/27/RapportIRLTO.pdf>
- [2] NELSON FEYEU : Transport optimal pour l'assimilation de données images : <https://hal.inria.fr/tel-01480695v1/document>
- [3] PHILIPPE MARTIN-DOMINIQUE MARTIN : IMAGE NUMÉRIQUE ET IMAGE DE SYNTHÈSE : https://www.universalis.fr/encyclopedie/image-numerique-et-image-de-synthese/#i_99645
- [4] LAURENT GUILLOPÉ : Optimisation déterministe et stochastique : <https://www.math.sciences.univ-nantes.fr/~guillope/m1-ods/ods.pdf>
- [5] JÉRÔME DARBON : Composants logiciels et algorithmes de minimisation exacte d'énergies dédiés au traitement des images : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001680/document>
- [6] EMMANUEL MAITRE : Level set, transport optimal, applications à l'image : <http://www-ljk.imag.fr/membres/Emmanuel.Maitre/lib/exe/fetch.php?media=lstoim2012.pdf>

Étude et optimisation du transport d'énergie électrique

J'ai lu récemment un article sur le projet Desertec qui prévoit l'approvisionnement de l'Europe en électricité verte produite dans le désert d'Afrique du Nord. Cela m'a amené à me poser la question : comment serait-il possible de transporter l'électricité sur de telles grandes distances ?

Je me propose d'étudier le transport d'électricité sur de longues distances ce qui est en adéquation avec le thème de l'année.

Positionnement thématique (phase 2)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>perte en ligne</i>	<i>power line losses</i>
<i>courant continu haute tension</i>	<i>high voltage direct current</i>
<i>câbles supraconducteurs</i>	<i>superconducting wires</i>
<i>effet Joule</i>	<i>Joule effect</i>
<i>résistance électrique</i>	<i>electrical resistance</i>

Bibliographie commentée

Depuis la fin du 19e siècle, la transmission d'énergie électrique n'a cessé d'évoluer. Au début, elle s'effectuait grâce à des lignes de courant continu (DC), une technique qui a rapidement montré des défaillances notamment la nécessité d'utiliser différents générateurs et circuits pour alimenter les différentes catégories de charges [1].

De nos jours, la majorité des lignes de transport sont en courant alternatif triphasé à haute tension (AC) puisqu'il s'agit du moyen le plus simple pour transporter le courant électrique produit par les alternateurs des centrales jusqu'aux appareils de consommation. De plus, le courant alternatif permet le passage d'un niveau de tension à un autre grâce aux transformateurs [2]. Cependant, l'acheminement de l'électricité d'un point à un autre se traduit par une dissipation d'énergie par effet Joule appelée perte en ligne. Pour le réseau de transport d'électricité en France, ces pertes sont estimées en moyenne à 2,5 % de la consommation globale, soit 11,5 TWh par an [3].

Parmi les techniques adoptées pour diminuer ces pertes, figure l'utilisation du courant continu haute tension (CCHT), « *High Voltage Direct Current (HVDC)* ». Cette technique, parue au début du 20e siècle, est considérée comme la meilleure alternative assurant le transport de l'électricité sur de longues distances puisque le courant alternatif développe, par effet capacitif, une puissance réactive qui s'oppose à la circulation du courant pour des lignes souterraines ou sous-marines de plus de 50 Km [2]. Ainsi l'intérêt du courant continu, qui en est exempt, croît avec la distance. Le processus fondamental qui se produit dans un système HVDC est la conversion du courant alternatif en courant continu au niveau de l'extrémité d'émission (redressement) et du courant

continu en courant alternatif au niveau de l'extrémité de réception (conversion). Ce mécanisme de conversion, pouvant s'effectuer de plusieurs manières, est rendu possible principalement grâce aux valves à thyristors [4].

On peut aussi songer pour diminuer ces pertes en lignes aux câbles supraconducteurs ; en effet certains matériaux, refroidis en dessous d'une température critique présentent une résistance nulle. Des matériaux supraconducteurs dits de type II permettent d'atteindre une densité de courant d'environ 150 à 1500 fois supérieure à celles observées dans le cuivre [5].

Le premier câble supraconducteur de 138 kV et 600 mètres de long a été introduit dans le réseau de transport d'électricité de Long Island (Etats-Unis)[5].

Problématique retenue

Un des problèmes majeurs du transport d'énergie électrique sur de longues distances est celui des pertes en ligne. Parmi les techniques nouvelles permettant l'acheminement d'électricité quelle serait la mieux adaptée ?

Objectifs du TIPE

Le travail consiste en une étude comparative entre deux techniques de transport d'énergie électrique afin de choisir la méthode la plus performante.

Il sera organisé comme suit :

Étude de la technologie HVDC afin de déterminer les paramètres pertinents.

Étude des câbles supraconducteurs : modélisation physique de la supraconductivité avec une approche classique et résolution numérique et analytique des équations différentielles trouvées.

Réalisation d'une expérience simple.

Conclure quant à la faisabilité de chaque technique.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] THOMAS P. HUGHES : Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930 :
https://monoskop.org/images/2/29/Hughes_Thomas_P_Networks_of_Power_Electrification_in_Western_Society_1880-1930.pdf
- [2] <https://www.connaissancedesenergies.org/est-il-preferable-de-transporter-l-electricite-en-courant-alternatif-ou-continu-130830>
- [3] http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients_producteurs/vie/vie_perte_RPT.jsp
- [4] ROBERTO RUDERVALL , J.P. CHARPENTIER , RAGHUVeer SHARMA : High voltage direct current (HVDC) transmission systems technology review paper :
<http://w2agz.com/Library/Power%20Delivery/HVDC%20ABB%20Itaipu.pdf>
- [5] <https://supraconducteur1s.wordpress.com/2016/01/02/les-cables-supraconducteur/>

Un envoyé special

Durant la coupe du monde en Russie , j'étais un envoyé spécial d'une chaine et j'étais chargé d'envoyer des reportages par internet et je trouvais parfois des problèmes de connexion, alors j'ai décidé travailler sur la gestion des réseaux de communications

Le transport de l'information et la gestion du trafic sont des questions centrales pour les operateurs et les utilisateurs, et parfaitement liés au thème de cette année qui le transport puisqu' il s'agit d'un déplacement de flux d'information

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>trafic</i>	<i>traffic</i>
<i>reseaux de communication</i>	<i>communication networks</i>
<i>flux d'informaion</i>	<i>information flow</i>
<i>événements aléatoires</i>	<i>random events</i>

Bibliographie commentée

Les reseaux de communication ont connu une expansion phénoménale la question centrale est de savoir contrôler les flux d information afin d'avoir un servise de bonne qualité

Alors une connaissance approfondie des propriétés du trafic dans tels reseaux s'impose d'où la demarche mathematique de certains ingeneurs comme Erlang qui s'appuie sur un model simple de processus aléatoires, les chaines de markov qui est une suite d'événements aléatoires indépendants . cette demarche suit des lois de poisson

Mais les modifications structurelle ont eu des consequences sur les propriétés du trafic notamment on observe des processus aléatoires a memoir longue qui presente des proprietes statistiques connues sous le nom de multi-fractilité. Une autre direction de recherche importante concerne la définition de réseaux applicatifs extensibles et n'utilisant pas d'autres protocoles de routage et de transport entre deux points que ceux de l'Internet actuel. Les réseaux pair à pair, les réseaux de diffusion de données ou de recherche d'informations disséminées sont des exemples typiques de tels réseaux applicatifs. Ces réseaux sont extensibles si les mécanismes d'organisation et de contrôle qui les sous-tendent sont décentralisés et fonctionnent de manière satisfaisante lorsque le nombre d'utilisateurs est très grand.

Il s'agit d'un contrôle de flux adaptatif, où le débit d'information émise par une source est commandé par un algorithme qui augmente linéairement le débit d'émission au cours du temps,

tant qu'il ne se produit pas d'engorgement ; mais dès que des pertes sont détectées, l'algorithme réduit de moitié le débit d'émission

Problématique retenue

Assimiler les propriétés statistiques du trafic est importante pour bien contrôler un réseau et avoir un service de qualité.

Objectifs du TIPE

- Caractériser le trafic à l'aide des lois de Poisson
- Implémentation d'un code Python qui fait une simulation de cette loi
- Savoir les propriétés des processus aléatoires à mémoire longue

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] •R. RIEDI ET J. LEVY-VEHEL : Fractional brownian motion and data traffic modeling : the other end of the spectrum » : *Fractals in Engineering (Springer-Verlag, 1997)*
- [2] •F. P. KELLY, A. K. MAULLOO ET D. K. H. TAN : « Rate control in communication networks : shadow prices, proportional fairness and stability », : *Journal of the Operational Research Society, 49, pp. 237-252 (1998)*
- [3] •M. TAQQU, W. WILLINGER ET R. SHERMAN : Proof of a fundamental result in self similar traffic modeling : *Computer Communication Review, 27, pp. 5-23 (1997)*
- [4] •F. BACCELLI, A. CHAINTREAU, Z. LIU ET A. RIABOV : « The One to Many TCP Overlay : *Actes d'IEEE INFOCOM'05, Miami, mars 2005.*
- [5] •P. ABRY, P. FLANDRIN, M. S. TAQQU ET D. VEITCH : , « Wavelet for the analysis, estimation and synthesis of scaling data » : *dans la référence ci-dessus*

Contribution à l'étude du transport de données via un lien Radio Fréquence

Les technologies de communication RF sont utilisées dans plusieurs applications allant de la radiocommande à la télémétrie. Les systèmes RF permettent de transporter des informations rapidement, à longues distances. Pour cela, j'ai jugé intéressant de présenter une étude sur le transport de données par un lien RF.

Le sujet consiste à étudier les techniques de transport d'informations entre: source, destinataire à distance avec un canal radiofréquence. L'étude des caractéristiques et du principe de fonctionnement des différents blocs constituant la chaîne d'émission RF fait l'objet principal de ce sujet, ancré avec le thème.

Positionnement thématique (phase 2)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Transmission de données</i>	<i>Data transmission</i>
<i>Radio fréquence</i>	<i>Radio frequency</i>
<i>Emetteur</i>	<i>Transmitter</i>
<i>Récepteur</i>	<i>Receiver</i>
<i>Modulation</i>	<i>Modulation</i>

Bibliographie commentée

C'est vers la moitié du 20^{ème} siècle et plus précisément entre 1911 et 1930 qu'on a vu naître la Radio et qu'on a pu percevoir son développement à travers l'usage des ondes électromagnétiques. Plusieurs nouvelles applications, plus particulièrement applications grand public, sont nées vers la fin des années 1980 et ce grâce à l'apparition de l'électronique numérique et du logiciel embarqué. Certainement la téléphonie mobile associée aux réseaux cellulaires s'avère la plus symptomatique [1].

Il faut reconnaître que le domaine des fréquences utilisées pour les communications par ondes électromagnétiques, s'avère d'une grande ampleur. Il est question d'ondes radio électriques, quand ces fréquences peuvent être traitées directement par des circuits électroniques. Les ondes radioélectriques s'étendent de quelques dizaines de KHZ à plus de 100GHZ et elles se divisent en divers domaines fréquences et ce en fonction de leur mode de propagation à savoir : Radio diffusion, VHF, radars... [2].

Donc, avec le système de communication radio sans fils, il est question d'une information source en bande de base, celle-ci transmet un signal radiofréquence modulé par voie hertzienne via une antenne. Par le biais de l'antenne, le récepteur parvient à capter le signal modulé, à le démoduler et à l'envoyer au système d'estimation des données sources. Actuellement, il existe deux principales architectures d'émetteurs-récepteurs radiofréquences : l'architecture superhétérodyne et l'architecture homodyne [3].

Il existe divers circuits analogiques qui fonctionnent dans le domaine des fréquences très élevées et qui sont utilisés dans le système de transmission de données sans fils. Ces systèmes se composent de plusieurs parties : une partie émission, une partie réception et un canal de transmission. L'émetteur comprend trois sous ensembles à savoir : un circuit de traitement en bande de base, un modulateur et un amplificateur, de démodulateur et de filtrage. Ainsi, les fonctions électroniques fréquemment utilisées dans le domaine de la télécommunication peuvent constituer quatre familles distinctes : L'amplification, la modulation, la génération de signaux et le filtrage [4,5].

Le paramétrage des fonctions élémentaires dépend des techniques en rapport non seulement avec le fonctionnement de ces modules mais également de la cohérence entre eux. Donc pour choisir un procédé de modulation, il faut veiller sur les caractères spécifiques de l'application.

L'analyse spectrale des signaux modulé et démodulé permet de quantifier l'effet du canal de transmission. Cette analyse peut s'effectuer à travers deux approches. La première est une approche discrète basée sur une série de Fourier et on appelle l'algorithme utilisé DFT pour Discret Fourier Transform. La deuxième approche est continue et son algorithme est plus performant connu sous le nom de FFT pour Fast Fourier Transform.

Problématique retenue

Peut-on améliorer les performances du transport de l'information à travers un réseau d'antennes en bande radio fréquence? En minimisant les pertes et la distorsion fréquentielle?

Objectifs du TIPE

- 1) L'examen de chacune des fonctions élémentaires constituant l'émetteur-récepteur en vue d'étudier leurs principes de fonctionnement et leurs caractéristiques.
- 2) Vu que les générateurs de signaux sinusoïdaux constituent les briques de base des parties analogiques HF, Je me propose d'étudier la conception de ces circuits.
- 3) Etude des techniques de modulation tout en présentant les avantages et les inconvénients de chaque technique.

- 4) Réaliser une expérience sur des maquettes électroniques me permettant d'extraire des sorties réelles des signaux modulés.
- 5) Analyse spectrale des signaux par FFT/DFT en python.

Abstract

In the middle of the 20th century that we witnessed the birth of the radio and that we could perceive its development through the use of electromagnetic waves. Radio Frequency communication technologies are used in numerous applications namely the remote radio control and telemetry.

The research topic consists in studying the transmission techniques of information through a source and a remote recipient with a radio frequency channel. The study of the characteristics and of the functioning principle of the different blocks making up the RF transmission channel is the main purpose of this research, which is rooted in the theme.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] EMMANUEL DREINA : Conception, optimisation et intégration RF d'un système d'antennes miniatures multi capteurs utilisant la diversité en vue d'augmenter les performances radio d'un terminal mobile 4G : *Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2010. Français. <tel-00634931> (lu le 24/10/2018)*
- [2] PIERRE LEOCY : Technologie des télécoms : *Paris : Hermès, 1995.-(Réseaux et télécommunications) ISBN 2-86601-490-1 (lu le 1/11/2018)*
- [3] DAVID CORDEAU : Etude comportementale et conception d'oscillateurs intégrés polyphasés accordables en fréquence en technologies Si et SiGe pour les radiocommunications : *Thèse de doctorat. Ecole supérieure d'ingénieurs de POITIERS.2004(lu le 20/12/2018)*
- [4] FRANCOIS DE DIEULEVEULT : Electronique appliquée aux hautes fréquences : *Dunod, Paris, 1999. ISBN 2-10-004090-1 (lu le 25/12/2018)*
- [5] PHILIPPE BOUYASSE : Circuits Radio télécommunications : *Cours de Licence Professionnelle, IUT du Limousin - Département GEII Brive 2007 <cours_lpro_web.pdf> (lu le 5/11/2018)*

DOT

- [1] *Début Juin: Recherche des idées concernant le thème proposé.*
- [2] *Fin Juin: Choix de sujet*
- [3] *Novembre: Prise de contact avec un enseignant pour réaliser mon expérience à la fac des sciences à Sfax (N'ayant pas trouvé la possibilité de la faire à Tunis)*
- [4] *Décembre: Réalisation une série d'expériences dans le laboratoire de la Fac de Sciences, Sfax.*
- [5] *Fin Février: Représentation et réalisation spectrales des courbes de signaux*
- [6] *Fin Mai début Juin: Réalisation Finale du projet*

Transport du phosphate en Tunisie

En Tunisie, j'ai été le témoin des mouvements sociaux qui ont ravagé le bassin minier. Ces événements ont frappé l'industrie du phosphate, un secteur stratégique pour notre économie. En regardant un documentaire scientifique marocain, j'ai appris que le transport du phosphate pouvait se faire directement par pipeline.

Ce sujet s'inscrit parfaitement dans le thème de l'année. En effet, actuellement le transport par camions du phosphate est trop cher. Le but de cette étude prospective est de chercher une méthode efficace pour diminuer les coûts du transport.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Transport par pipeline</i>	<i>Pipeline transport</i>
<i>Phosphate</i>	<i>Phosphate</i>
<i>Transport des solides</i>	<i>Transport of solids</i>
<i>Théorie de graphe</i>	<i>Graph theory</i>
<i>Etude rhéologique</i>	<i>Rheological study</i>

Bibliographie commentée

L'extraction du phosphate est l'une des principales industries dans le monde y compris la Tunisie. Les minéraux phosphatés sont extraits à partir des mines et sont ensuite transformés en acide phosphorique utilisé pour fabriquer de divers produits sur des sites de transformation situés à quelques centaines de kilomètres. Pour assurer un transport optimal, plusieurs entreprises comme l'OCP (office chérifien des phosphates) au Maroc, utilisent des slurry pipelines pour augmenter le taux de production [1].

Un slurry pipeline est un réseau constitué par plusieurs stations de pompage connectées entre elles par des tuyaux. Un pipeline spécialement élaboré pour déplacer les minerais sur des longues distances. Il est chargé par un mélange concentré de minerai et de l'eau, pompé vers les unités de production. La faisabilité technique et économique des slurry pipelines a été démontrée avec le pipeline de charbon consolidé dans l'Ohio depuis 1956 avec réduction des tarifs de 5 millions de dollars par an et aussi avec le slurry pipeline au Maroc qui transporte 38 millions tonnes de phosphate par an contre 18 millions tonnes auparavant [1,2,3].

Les mathématiques discrètes offrent un outil puissant pour modéliser ce réseau. En effet, les articles scientifiques modélisent les sites de production et les stations de pompages par un graphe. La théorie des graphes a été introduite au 18ème siècle par le mathématicien Leonhard Euler. Dans

notre cas, le pipeline est simulé par un graphe pondéré suivant des paramètres physiques.

Ce réseau est constitué par des nœuds qui jouent le rôle des stations de pompage et des arrêtes variées selon les paramètres étudiés (la viscosité du fluide, la longueur du pipeline, diamètre des tuyauteries, taille et distribution des particules, niveau de turbulence, température) pour maximiser le flux. À ce propos, plusieurs algorithmes d'optimisation peuvent être utilisés pour maximiser le débit comme ceux de Ford-Bellman ou de Ford-Fulkerson [4,5,10].

Pour cela une étude physique des différentes parties de réseau est très importante : dans cette partie on va étudier les différentes causes qui peuvent être une source d'agrandissement de transport.

En effet, dans un réseau on trouve des tubes (des tuyauteries) qui sont constitués par différents produits pour éviter quelques phénomènes qui se produisent dans la canalisation au cours de l'écoulement. À ce propos on doit utiliser le PEHD(Polyéthylène haute densité) pour assurer la protection des canalisations contre l'abrasion et la corrosion car l'élément est inerte chimiquement et d'autre part ce tube est entouré par un acier pour assurer la résistance contre la pression et le climat extérieur[6].

Pourquoi ce type de transport des solides varie d'une matière à une autre ?

Tout d'abord, on doit utiliser aussi des turbines intermédiaires pour assurer l'écoulement et conserver le rendement tout au long du réseau. Une turbine est une machine thermique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Cet appareil consiste à étudier un cycle thermodynamique (cette étude va nous permettre de comprendre le phénomène de perte des charges qui est la conséquence du positionnement géographique). [7,9,2]

Ceci nous impose de faire un profil longitudinal de la conduite en fonction des altitudes de la région. L'étude d'ingénierie est basée sur des lois empiriques dépendant de plusieurs variables caractérisant la matière transportée.

Parmi ces paramètres, la taille et le diamètre des grains de phosphates qui ont un rôle essentiel pour le type de l'écoulement dans la tuyauterie pour éviter la sédimentation des granules solides dans les tubes et aussi de faire une étude sur le diamètre des conduites qui influe sur la vitesse de l'écoulement. Tout cela nécessite de faire une étude rhéologique qui est une approche dans la caractérisation de la formation et de l'évolution des systèmes de matériaux dans les tubes. Elles reviennent globalement à se demander comment optimiser les paramètres initiaux [7,8,3,10].

Problématique retenue

Le but de mon travail est d'étudier les différentes causes physiques pour pouvoir optimiser les coûts du transport du phosphate dans un réseau et rendre ce transport plus rentable à long terme.

Objectifs du TIPE

Détermination des différents paramètres physiques avec des lois empiriques : j'ai étudié les différents paramètres qui influent sur l'écoulement.

Modélisation du réseau avec les mathématiques discrètes : j'ai modélisé les unités de production et de pompage par un graphe pondéré.

Application de l'algorithme de Ford Fulkerson pour déterminer le chemin qui maximise le flot.

Comparaison avec des vraies données issues d'un vrai réseau : OCP au Maroc.

Abstract

The pipeline was a way to transport different materials. In this study, we looked at the flow of phosphate pulp in the pipeline linking the Gafsa mine pole and the different industrial platform. We carried out a mathematical modeling on a number of parameters influencing the process of conducting phosphate through the pipeline. We have been interested in modeling the linear or regular load losses, the friction factor and the fluid mechanics of the phosphate pulp. We used different algorithms to plot the curves after changing parameters. The pipeline path was modeled by a weighted graph to apply algorithms.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1]] FATIMA EZZAHRAE L'KADIDA, ZINEB KEMMOUNE : Thèse : Les phosphates de Khouribga : Chaîne cinématique, traitements et valorisation à Jorf Lasfar : <http://www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/3179> (lu le 27 octobre 2018)
- [2] BAHABULNAGA : Slurry Systems Handbook McGraw-Hill Handbooks : *chapitre 11* (lu le 22 décembre 2018)
- [3] plaque slurry pipeline (ocp) : <http://www.ocp-siam.com/sites/default/files/plaque-slurry-pipeline.pdf> (lu le 6 octobre 2018)
- [4] KEIJO RUOHONEN : cours : Graph Theory : http://math.tut.fi/~ruohonen/GT_English.pdf
- [5] CHRISTELLE GUÉRET, PHILIPPE LACOMME, CHRISTIAN PRINS, MARC SEVAUX, DOUGLAS B. WEST, MICHEL GONDRAN ET MICHEL MINOUX : cours: théorie de graphe : <https://www.pairform.fr/doc/1/32/180/web/co/Biblio.html> (lu le 10 novembre 2018)
- [6] RON H. DERAMMELAERE, GEORGE SHOU : article : https://www.researchgate.net/publication/267698993_Antamina's_Copper_and_Zinc_Concentrate_Pipeline_Incorporates_Advanced_Technologies
- [7] PHILIPPE COURTIN, NOVEMBRE 2012 : Pertes de charge linéiques : http://public.iutnligne.net/mecanique/mecanique-des-fluides/courtin/pertes-de-charge-lineique/co/Pertes%20de%20charges%20lineiques_web.html (lu le 22 décembre 2018)
- [8] OTTO MOLERUS (UNIVERSITÉ D'ERLANGEN-NUREMBERG, ALLEMAGNE DE L'OUEST) : article dans le journal « chemical engineering science » : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0009250981800371>
- [9] TARIK CHAKKOUR : Thèse : HAL « Slurry Pipeline for fluid transients in pressurized Conduits » : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01895394/document>

[10] JEAN-FRANÇOIS SINI : Cours : Mécanique des Fluides : <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00356205/document>

DOT

- [1] *Septembre 2018 choix de sujet.*
- [2] *Octobre 2018, compréhension des algorithmes opérant sur la théorie des graphes.*
- [3] *Novembre, implémentation de l'algorithme de dijkstra*
- [4] *Mois de décembre, une rencontre avec monsieur Edouard Tantart professeur de physique au lycée saint luis après avoir eu quelques difficultés concernant la partie physique de mon sujet de TIPE*
- [5] *Mois de janvier, réalisation d'une visite de l'usine de TIFERT pour comprendre le phénomène de pipeline sur le transport d'acide vers les réservoirs de stockage et connaître les différents types des pompes qui sont utilisés pour ce type de transport à l'aide de directeur de l'usine monsieur Ramzi hmidi.*
- [6] *Février, modélisation physique avec la mécanique des fluides.*
- [7] *Mars, implémentation de l'algorithme ford fulkerson*

Étude et modélisation du trafic routier

Lorsque tout le monde se décide de prendre la voiture simultanément, le réseau routier ne peut plus absorber, une congestion routière est alors créée. Chaque matin je me trouve dans ces circonstances, l'usage de ma véhicule devient très stressant et je risque d'être en retard pour les cours.

Mon travail est en étroite liaison avec le thème de l'année qui est le transport, consiste à faire l'analogie entre le trafic routier et la mécanique des fluides, et ainsi à modéliser le problème en des équations mathématiques à résoudre analytiquement et numériquement.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHEMATIQUES (Analyse).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>congestion</i>	<i>congestion</i>
<i>conduction</i>	<i>conduction</i>
<i>flux</i>	<i>flow</i>
<i>Equations de Burgers</i>	<i>Burgers equations</i>
<i>vitesse</i>	<i>velocity</i>

Bibliographie commentée

De nos jours et dans les grandes villes, on constate que les problèmes engendrés par les embouteillages sur les routes sont nombreuses. Ces congestions ont des conséquences considérables sur la santé et l'environnement mais surtout sur le plan financier où les pertes de temps et de main-d'œuvre peuvent s'estimer en milliards de dollars [1].

Ainsi, les scientifiques et les chercheurs ont abordé ce problème de trois manières principales, correspondant aux trois échelles principales d'observation en physique. En premier lieu, on a le modèle microscopique qui s'intéresse à chaque véhicule séparément, son mouvement et les réactions de son conducteur. Ce modèle est le plus précis, mais malheureusement le plus complexe à cause de son grand nombre de variables. En deuxième lieu, on a le modèle mésoscopique qui étudie de façon probabiliste les comportements des conducteurs. Et enfin, on a le modèle macroscopique qui étudie le trafic routier comme si c'était un fluide [2].

Le modèle de la mécanique des fluides est applicable en cas d'une congestion. En effet, une congestion routière est définie comme étant un régime de trafic où une augmentation de l'occupation de la voie s'accompagne d'une réduction du flux de voitures à travers celle ci [3].

En effet, chaque conducteur contrôle son véhicule de façon à ce qu'il ne rentre pas en collision avec

les véhicules qui le précède, chaque automobiliste modifie sa vitesse en fonction de la distance qui le sépare des autres véhicules. On peut donc assimiler le flux routier à un flux de particules qui modifient leurs vitesses pour éviter les collisions et ainsi utiliser des modèles mathématiques du trafic basés sur cette simple propriété du mouvement [4].

Parmi des différentes stratégies de gestion du trafic, on note le contrôle routier par VSL (par variables de vitesses limites) développée en Allemagne en 1970.

Bien que populaire et utilisé à l'échelle internationale, le VSL a ces limites [3]. Imposer aux automobilistes une vitesse limite à respecter semble être une solution partielle très prometteuse pour limiter les congestions. Sur le plan théorique, les limitations de vitesse, permettent de fluidifier la circulation. Cependant en pratique, plus de tests et de modélisations sont nécessaires pour avoir des résultats concrets [3].

La personnalisation du trafic repose essentiellement sur l'équation de Burgers, exploitée encore dans la dynamique des gaz ou aussi en acoustique. Il s'agit d'une équation aux dérivées partielles contenant un terme de second ordre qui contient la viscosité et qui assure la diffusion et un terme non-linéaire d'ordre un. La résolution analytique de la forme générale est compliquée, c'est pourquoi qu'on est obligé de moyenner quelques approximations et transformations mathématiques.

Pour cela, on peut par le travers d'une transformation de Hopf-Cole transformer l'équation de Burgers en une équation de chaleur linéaire dont la résolution et la modélisation sont plus simples à accomplir [5][6].

Il est possible alors de modéliser expérimentalement le flux du trafic par un flux de chaleur obtenant ainsi une très bonne approximation et après modéliser la vitesse des véhicules en jouant sur la conductivité de différents matériaux.[6][7]

Problématique retenue

Peut-on imposer aux conducteurs une vitesse limite ?

Et est-elle permet de réduire les congestions ?

Comment peut-t-on alors modéliser expérimentalement ces congestions par des modèles de conduction thermique?

Objectifs du TIPE

- Je me propose d'étudier numériquement l'impact de la réduction des vitesses sur la congestion routière en s'appuyant sur l'analogie avec le transport thermique.
- Je réaliserai une modélisation physique du phénomène via les équations de Burgers.
- J'étudierai les propriétés mathématiques des schémas numériques obtenus.
- Réalisation d'une expérience pour illustrer les résultats trouvés.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] BRUNO BISSON : Congestion routière: des impacts multiples, des milliards de pertes : <http://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201511/02/01-4916352-congestion-routiere-desimpacts-multiples-des-milliards-de-pertes.php>
- [2] CATALIN DIMON : Contributions à la modélisation et la commande des réseaux de trafic routier : Ecole Centrale de Lille; Universitatea politehnica (Bucarest), 2012, Chapitre 1, pp. 6-35 / : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00801762/document>
- [3] FRANCESC SORIGUERA , IRENE MARTÍNEZ , MARCEL SALA , MÓNICA MENÉNDEZ : Effects of low speed : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17300396>
- [4] YUKI SUGIYAMA, MINORU FUKUI, MACOTO KIKUCHI, KATSUYA HASEBE, AKIHIRO NAKAYAMA, KATSUHIRO NISHINARI, SHIN-ICHI TADAKI AND SATOSHI YUKAWA : Traffic jams without bottlenecks—experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/10/3/033001/meta>
- [5] UNI MÜNSTER : Burgers Equations : https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/physik_tp/lectures/ws2016-2017/num_methods_i/burgers.pdf
- [6] ARPAD TAKACI : Mathematical and simulation models of traffic flow : *PAMM · Proc. Appl. Math. Mech.* 5, 633–634 (2005) / DOI 10.1002/pamm.200510293
- [7] TAKASHI NAGATANI , HEIKE EMMERICH, KEN NAKANISHI : Burgers equation for kinetic clustering in traffic flow : [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(98\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(98)00082-X)

étude et caractérisation des phénomènes d'éclatement ou d'explosion des pneus

étude du mécanisme pneumatique et caractérisation du phénomène de son éclatement ou d'explosion

En Tunisie , le réseaux routier apparait en grande partie vétusté et dégradé ceci présente l'une des causes d'éclatement des pneus .

Il était intéressant pour moi d'orienter mon Tipe vers ce domaine afin de comprendre le mécanisme des pneus et d'étudier ses différentes phénomènes d'explosion ou d'éclatement

Pourquoi les pneus s'éclatent a cause d'un trou dans la chaussée ? je souhaite bien comprendre le mécanisme des pneus qui assure le contact des roues avec le sol et facilite le transport des véhicules toute en étudiant les risques de son explosion. mon Tipe est donc en adéquation avec le thème.

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>pneu</i>	<i>tire</i>
<i>éclatement</i>	<i>burst</i>
<i>modélisation</i>	<i>modeling</i>
<i>simulation</i>	<i>simulation</i>
<i>explosion</i>	<i>explosion</i>

Bibliographie commentée

Aujourd'hui, le pneu est devenu un concentré technologique , son invention représente l'une des inventions les plus importantes de notre histoire puisqu'elle elle a l'origine de la plupart de nos technologies de transports.

les premières véhicules équipés de roues apparaissent dès 3500 ans avant J.C, mais elle a connu sa véritable révolution en 1846 lorsque ROBERT WILIAM THOMSON dépose son brevet pour l'invention d'un pneumatique , il s'agissait d'un tube élastique en toile caoutchoutée entouré d'une enveloppe extérieure en cuir et boulonnée a la roue et ceci été après la découverte de la vulcanisation du caoutchouc en 1839 par l'américain CHARLES GOODYEAR: ce procédé permet de stabiliser le caoutchouc afin qu'il résiste mieux au écart de température.

Le gros inconvénient des pneus était son remplacement, c'est pourquoi dans les années 1890 les frère MICHELIN perfectionnèrent les pneus a partir de ce moment les pneu possède une chambre a air et du coup on peut le remplacer beaucoup plus rapidement et facilement .

Avec l'invention des frère MICHELIN le secteur automobile commence a utilisé ce type de pneus , au fil de temps le pneu a subi de nombreuse évolution et a su gagner tous les moyens de transport .

Il existe actuellement deux technologies de pneus, le pneu a architecture diagonale qui était le standard dominant des années 20 aux années 60, a tendance a surchauffer avec la vitesse et a une tenue latérale médiocre (forts glissement latéraux et usure rapide sur routes sinueuses) et le pneu a architecture radiale, ce type breveté en 1946 par MICHELIN révolutionna le monde du pneumatique pour devenir le standard d'aujourd'hui, il permet une surface de contact avec le sol maximum en permanence, un échauffement limité et un confort accru. [1]

Selon une étude, les défaillances causées par les pneus sont les plus dangereuses après celle causées par le système de freinage et les suspensions.

Parmi ces défaillances les éclatements ou les explosions de pneus qui sont rares mais relativement très dangereux car ils sont très difficiles à détecter.[3]

La cause la plus commune des phénomènes d'éclatement ou d'explosion de pneu est un apport de chaleur au système pneu jante. Cet apport de chaleur déclenche des réactions chimiques qui dégradent le caoutchouc des gaz et des matières inflammables qui contribuent à l'augmentation de la pression dans le pneu et augmentent ainsi le risque d'éclatement ou d'explosion, en effet l'onde de pression résultant du mélange explosif se déplace circonférentiellement dans deux directions à partir du point d'initiation. Les deux fronts d'onde se rencontrent au point diamétralement opposé au point d'initiation et la rencontre des deux fronts d'onde provoque la rupture du pneumatique au niveau des deux flancs, la rupture des flancs provoque alors un incroyable déplacement d'air à très grande vitesse à l'extérieur du pneu et s'accompagne de la projection de fragments, l'éclatement du pneu par surpression quant à lui survient lorsque le pneu est gonflé bien au-delà de la pression nominale recommandée. En pratique la pression exercée entraîne la plupart du temps une rupture au niveau de la tringle située du côté opposé au disque de la jante, l'énergie d'éclatement est alors susceptible de tuer une personne se trouvant à proximité du pneu.[1]

Problématique retenue

Afin de comprendre et prédire le comportement du pneu lors d'une explosion ou éclatement, il est nécessaire de comprendre son mécanisme.

L'enjeu ici est d'établir une modélisation de son roulement sur un chaussé et de traiter le phénomène de son éclatement ou d'explosion à travers des simulations numériques.

Objectifs du TIPE

- Modélisation simplifiée de la mécanique d'un pneumatique.
- Simulation d'une explosion de pneu par la méthode des éléments finis.
- Simulation d'un éclatement par surpression par la méthode des éléments finis.

Abstract

Even though relatively rare, tire blowouts and explosions are very dangerous because of their unpredictability. A heat input to the tire-rim assembly is the main contributor to the final blowout or explosion. In fact, the gases these reactions produce add to the increase in pressure inside the tire due to thermal expansion of the air and, consequently, the risk of blowout or explosion. Such an

explosion occurs if the three critical conditions of concentration, temperature of flammable gas and oxygen concentration occur simultaneously.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] LIONEL MICHELIN : étude et caractérisation des phénomènes d'éclatement et d'explosion des pneus de camion : https://publications.polymtl.ca/420/1/2010_LionelMichel.pdf
- [2] PIERRE-HENRI CAMPANAC : modélisation des vibrations d'un pneumatique roulant sur une chaussée : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00529388/document>
- [3] RENÉ BENOIT : l'éclatement et l'explosion des pneus : <http://www.asmavermeq.ca/wp-content/uploads/2014/05/R-568.pdf>

DOT

- [1] *mi décembre: rencontre avec monsieur edouard tantart cette discussion m'a amené a identifié mes point clé de mon étude*
- [2] *en février : rencontre avec monsieur claudes des champs*
- [3] *début mai : sortie avec un ingénieur de la société stip des pneus en tunsie*
- [4]

Optimisation du transport de l'eau

La Tunisie vit un stress hydrique. En effet, le pays est confronté à des changements climatique affectant à la fois le secteur agricole ainsi que les villes. L'eau devient donc rare! c'est qui m'a poussé à étudier les éventuelles solutions optimisant l'utilisation de nos ressources hydrauliques.

L'optimisation des ressources hydrauliques s'inscrit dans le cadre du transport. En effet le transport de l'eau exige une étude précise des paramètres qui régissent d'une part le comportement du sol et d'autre part les principes de l'écoulement de l'eau.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Distribution d'eau</i>	<i>Water distribution</i>
<i>Pression</i>	<i>Pressure</i>
<i>Optimisation linéaire</i>	<i>Linear optimisation</i>
<i>Théorie des graphes</i>	<i>Graph theory</i>
<i>L'effet Venturi</i>	<i>Venturi effect</i>

Bibliographie commentée

Dans les zones urbaines, la rareté des ressources en eau est devenue un problème majeur. Il est urgent de mettre en place de telles techniques pour réduire le gaspillage de l'eau. Les consommateurs veulent recevoir un débit optimal, en effet un débit trop faible ne couvre pas les besoins du consommateur, un débit trop élevé peut endommager le réseau : on note environ 20% de perte du au fuite dans le système. Pour cette raison, la pression doit être réglée à un niveau adéquat [1].

Améliorer le fonctionnement du système de distribution d'eau existant, ses capacités et ses performances ont toujours été et continuent d'être un défi majeur pour de nombreux ingénieurs en exercice.

Cela nécessite une modélisation complète de la capacité du réseau, qui comprend le calcul précis de diverses variables d'exploitation permettant de respecter les demandes du consommateur de manière fiable, tout en maintenant la pression du système de service à des niveaux adéquats pour une gamme des conditions de fonctionnement.

Un réseau de distribution d'eau comprenant des pompes à roue, des conduites, des détendeurs et des clapets anti-retours peuvent être analysés selon plusieurs méthodes courantes, telles que Hardy-Cross, théorie linéaire et Newton-Raphson [2].

Pour concevoir un réseau de distribution d'eau municipal, de nombreuses combinaisons de tailles

de tuyaux et des installations générant une pression peuvent être sélectionnées. Le coût total minimum est celui qui doit être recherché. Le système comprend les frais de tuyaux et de leurs installations et les frais des réservoirs et des pompes. [3]

Les mathématiques discrètes sont un outil nécessaire pour modéliser ce réseau. Les stations de pompages sont modélisées par un graphe.

La théorie des graphes a été introduite au 18ème siècle par le mathématicien Prusse Leonhard Euler.

Un graphe est un objet abstrait venant de la discipline des mathématiques discrètes constitué de deux ensembles un ensemble de nœuds modélisant les stations de pompage et un ensemble d'arêtes modélisant les tuyaux reliant entre deux stations. Un graphe peut être pondéré telle que les poids représentent le débit maximal de chaque tuyau. Ainsi, ce graphe peut constituer une modélisation d'un réseau de distribution d'eau potable. On cherche alors à maximiser le flot de l'eau transportée.

Des algorithmes peuvent être utilisés pour réaliser des calculs sur ce graphe. Ce réseau est constitué par des nœuds (les stations de pompages), pour maximiser le débit du réseau plusieurs algorithmes d'optimisation peuvent être utilisés comme Bellman ou Ford-Fulkerson.

On peut modéliser le problème de maximisation de la quantité transportée d'eau à l'aide d'une optimisation linéaire.

La programmation linéaire peut être considérée comme faisant partie d'un grand développement révolutionnaire qui a donné à l'humanité la capacité à énoncer des objectifs généraux et à tracer une voie de décisions détaillées à prendre, pour atteindre au mieux ses objectifs face à des situations pratiques d'une grande complexité [4].

Elle consiste à modéliser le problème mathématiquement par une fonction objectif et une série de contraintes d'égalité et d'inégalités. La fonction cible est une fonction linéaire à plusieurs variables. Le but de cette méthode est de maximiser ou minimiser en respectant les contraintes

Une étude physique permet de déterminer le débit, les matériaux utilisés et la pression des pompes. Elle utilise des lois empiriques, tel que l'effet Venturi dans les tubes utilisés dans le réseau. En effet, l'effet Venturi est le phénomène qui se produit lorsqu'un fluide qui s'écoule dans un tuyau est forcé à travers une section étroite, entraînant une diminution de la pression et une augmentation de la vitesse. L'effet est décrit mathématiquement par l'équation de Bernoulli et peut être observé aussi bien dans la nature que dans l'industrie. De nombreuses applications industrielles ont recours à cet effet car elles doivent pouvoir prédire la réaction d'un fluide lorsqu'elles s'écoulent dans une tuyauterie étranglée.

Problématique retenue

Face aux diverses contraintes qui s'exercent sur le transport de l'eau nous pouvons nous interroger sur la méthode la plus adéquate pour transporter ce fluide dans le cadre du développement durable. Comment garantir un transport sans perte avec un coût réduit ?

Objectifs du TIPE

Etude physique permettant de déterminer les différents paramètres du réseau.

Modélisation d'un réseau de transport de l'eau potable par la théorie des graphes.

Maximisation du flot à l'aide de l'algorithme de Ford Fulkerson et implémentation avec un code python.

Modélisation du même réseau à l'aide de la programmation linéaire.

Etude mathématique de l'optimisation avec l'algèbre linéaire et la topologie.

Application de ces approches sur des vraies données.

Abstract

Face of hydrostatic stress a study is needed to model the water distribution system in order to optimize it.

Mathematical modeling was used on a number of parameters influencing the process of conducting water through the pipeline. It was possible to model the linear or regular load losses, the friction factor and the fluid mechanics of the water pipes.

different algorithms were used to plot the curves after changing parameters. The pipeline path was modeled by

a weighted graph to apply algorithms.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] SHIN'ICHIRO MIYAOKA AND MOTOHISA FUNABASHI : Optimal Control of Water Distribution. Systems by Network Flow Theory : <http://rash.apanela.com/tf/IEEE/01103524.pdf>

[2] H. M. V. SAMANI PHD AND A. ZANGANEH : Optimization of Water Distribution Networks Using Integer Linear Programming Article in Journal of Hydraulic Engineering

[3] IOAN SARBU : Design of optimal water distribution systems : *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY, Issue 4, Vol. 3, 2009*

[4] GEORGE B. DANTZIG : LINEAR PROGRAMMING : *DANTZIG Department of Management Science and Engineering, Stanford University, Stanford, California 94305-4023*

DOT

[1] *Prise de contact avec le professeur de physique Mr. Edward Tantart du lycée Saint-Louis.*

[2] *Prise de contact avec le professeur de mathématiques Mr. Claude DesChamps.*

[3] *Sortie sur terrain accompagné d'un ingénieur en hydraulique affecté au ministère de l'agriculture.*

[4] *Visite du barrage l'Aroussia responsable de approvisionnement de l'eau pour le grand Tunis.*

Réduire la traînée pour améliorer le vol.

Depuis mon enfance j'ai rêvé de prendre l'avion un jour. Le fait de voler dans le ciel m'a toujours fasciné ce qui m'a amené à la suite de mon premier vol à m'orienter vers l'aérodynamisme.

Les efforts aérodynamiques exercés sur une aile placée dans un écoulement , sont marqués par une chute de la portance et une augmentation de la traînée, phénomène nuisible à un transport aérien optimisé et économique. Mon travail, s'inscrivant dans le thème, se focalise sur la réduction de la traînée .

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Performance</i>	<i>Performances</i>
<i>Forces aérodynamiques</i>	<i>Aerodynamic forces</i>
<i>Profile d'aile</i>	<i>Airfoil</i>
<i>Fluide</i>	<i>Fluid</i>
<i>Stabilité</i>	<i>stability</i>

Bibliographie commentée

De nos jours l'aviation remplit un rôle essentiel dans notre monde tant au niveau militaire que commercial. Ce domaine a donc connu des améliorations formidables au cours de ce dernier siècle afin d'optimiser le vol d'avion et déterminer la configuration optimale de l'aile.

L'écoulement de l'air autour de l'aile d'un avion crée une force aérodynamique (R_a) qui se décompose, par rapport au repère aérodynamique de l'avion, en deux forces F_x (force de traînée) et F_z (force de portance). [1]

R_a varie en fonction de l'incidence de l'aile α ; plus α est grand plus la force aérodynamique R_a est grande, ceci jusqu'à une valeur maximale de F_z obtenue avec un coefficient de portance maximale ($c_z \max$).

Si α continue d'augmenter progressivement, on observe une rupture de la portance (décrochage). Par conséquent, des instabilités soudaines apparaissent dans la structure de l'écoulement.

La traînée est une force qui s'oppose au mouvement (orientée dans le sens du mouvement de l'air), elle dépend de l'incidence, de la surface et de la forme du profil aérodynamique de l'aile et donc la traînée globale découle de différents types de traînée dont; la traînée induite (force induite par la portance), la traînée de forme (apparaît dès qu'un objet a une certaine épaisseur), la traînée de frottement (due à la viscosité de l'air) et la traînée de vitesse transsonique (la vitesse locale devient égale à celle du son) [2],[3]. Et par suite la variation de cette traînée globale nécessite une variation dans le même sens de la puissance des moteurs (turboréacteurs, turbo propulseurs ou hélices). En outre, la traînée affecte la performance de vol de l'avion.

Beaucoup de recherches au cours des années précédentes ont été réalisées sur les instabilités de l'écoulement afin d'améliorer le comportement des ailes pour différentes conditions de vol. En effet la littérature scientifique parlant des techniques d'optimisation de la traînée explique que la traînée totale peut se réduire soit par une modification de la configuration de l'aile qui va modifier le coefficient du traînée parasite et donc la traînée parasite elle même, qui représente toutes les traînées qui ne dépendent pas de la création de la portance [4], soit par une réduction de la portance qui va diminuer la traînée induite soit en jouant sur la forme de profile d'aile dans le but de minimiser la traînée de forme.[5]

De plus,l'ajout de winglets permet de stabiliser l'avion en évitant un trop fort écoulement tourbillonnaire tout en diminuant sa traînée.

Ainsi, en minimisant la traînée, on s'intéressera à optimiser le vol d'un avion, améliorer ses performances (donc la consommation des moteurs) et de retarder les conditions de décrochage.

NB

$$*F_z = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_z$$

$$*F_x = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_x$$

* ρ : la masse volumique de l'air (en kg/m³)

*S: la surface alaire de l'aile en m²

*V: la vitesse de l'écoulement de l'air sur l'aile

Problématique retenue

Comment réduire la traînée tout en gardant l'évolution de la portance pour améliorer les performances du vol et retarder le décrochage aux angles d'incidences élevées ?

Objectifs du TIPE

Je me propose dans ce travail de :

- Modéliser le problème physique d'écoulement d'un fluide autour de l'aile par des lois phénoménologiques.
- Déterminer les différentes relations reliant le coefficient de la traînée et les autres paramètres pertinents.
- Tracer les différentes courbes obtenues avec python.
- Faire une simulation numérique de l'aile afin de trouver la meilleure configuration.

Abstract

the objective of this work is the reduction of aerodynamic drag to optimize the flight of aircraft, improve its performance and to delay stall conditions.

To reduce the drag, firstly we have chosen different wing shapes.

By using a python code to calculate C_z and an empirical formula linking C_x and C_z , we found a shape giving a minimal C_x then for this form we will find the maximum finesse of an airplane.

Secondly, I did a numerical simulation in order to optimize friction drag.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] AUTEUR ANONYME : Précis d'Aérodynamique et de Mécanique du Vol :

<http://dassaultvoltige.fr/wp-content/uploads/2018/03/precis-aerodynamique-V7.pdf> ,consulté le 27/09/2018

[2] REGIS LE MAITRE : principe du vol de l'avion, (10 janvier 2017) :

<https://livre.fnac.com/a12136298/Regis-Le-Maitre-Introduction-aux-principes-du-vol-de-l-avion> , consulté le 15/12/2018

[3] JEAN-PIERRE FARGES : Comment font les avions pour voler ou... l'importance de la portance :

<https://www.connaissances-savoirs.com/comment-font-les-avions-pour-voler-ou-l-importance-de-la-portance.html/> ,consulté le 05/08/2018

[4] FRANÇOIS VEYSSET : Modélisation et identification de comportements de l'avion en vol turbulent par modèles à retards : [https://tel.archives-](https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/116673/filename/MainRV.pdf)

[ouvertes.fr/file/index/docid/116673/filename/MainRV.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/116673/filename/MainRV.pdf), consulté le 01/01/2019

[5] J. COUSTEIX CHEF DU D.E.R.A.T : A few techniques of drag reduction : [https://www.shf-](https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1987/05/lhb1987041.pdf)

[lhb.org/articles/lhb/pdf/1987/05/lhb1987041.pdf](https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1987/05/lhb1987041.pdf) , consulté le 23/11/2018

DOT

[1] *Pendant l'été : recherche du sujet et compréhension du travail demandé.*

[2] *Approfondissement de mes connaissances en mécanique du vol.*

[3] *Novembre, prise de rendez vous avec TUNISAIR pour comprendre le fonctionnement et le rôle de l'aile. Expérience impossible faute de moyen.*

[4] *Ecriture d'un code python qui permettrait de trouver le coefficient de la portance pour chaque forme d'aile.*

[5] *Fin février, implémentation des codes python permettant de tracer: la variation de C_x et C_z en fonction de l'incidence et la polaire.*

[6] *Après l'écrit, j'ai eu recours a une simulation.*

[7] *Rencontre des difficultés à faire la simulation numérique à l'aide de ANSYS donc j'ai utilisé python*

Transport des ondes lumineuses dans une fibre optique

J'aime jouer les jeux vidéos en ligne, mais je rencontre des problèmes de latence. En faisant quelques recherches j'ai trouvé que la fibre optique pourrait être une solution pour mon problème car elle permet le transport rapide de l'information ce qui m'a poussé à l'étudier

Ce sujet s'inscrit parfaitement dans le thème d'année. En effet, la fibre optique est un guide d'onde dans lequel on peut transporter des signaux ou des informations sous forme de lumière

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHEMATIQUES (Analyse).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>fibre optique</i>	<i>optical fiber</i>
<i>effet kerr</i>	<i>kerr effect</i>
<i>milieu non-linéaire</i>	<i>nonlinear medium</i>
<i>propagation des ondes lumineuses</i>	<i>light waves propagation</i>
<i>guidage de la lumière</i>	<i>light guide</i>

Bibliographie commentée

Une fibre optique est un guide d'onde utilisée pour transporter des informations sous forme de lumière. La propagation de la lumière dans ce milieu transparent n'aura lieu que lorsque les rayons lumineux vérifient certaines conditions appelées conditions de guidage de la lumière dans une fibre optique. Ces conditions sont déduites à partir de l'optique géométrique [1].

D'une manière générale, une fibre optique est constituée de deux milieux d'indices de réfraction différents: un coeur constituant le milieu de propagation guidée et une gaine pour protéger le coeur. Selon le domaine d'utilisation, on distingue des fibres à saut d'indice et à gradient d'indice, des fibres monomodes et multimodes [2].

Dans ce travail, on s'intéressera à une fibre optique à effet Kerr qui correspond à la modification, par une onde lumineuse intense, des propriétés optiques d'un milieu non linéaire provoquant une variation d'indice de réfraction.

L'effet kerr optique, découvert par le physicien écossais John Kerr en 1857, est l'apparition de deux indices de réfraction par un champ électrique externe variable, l'un pour la lumière polarisée parallèlement au champ et l'autre pour la lumière polarisée perpendiculairement au champ [3,5].

L'étude de la propagation des ondes lumineuses dans une fibre optique à effet kerr nécessite l'utilisation des quelques notions d'optique non linéaire qui concerne les processus apparaissant quand le milieu de propagation reçoit un faisceau lumineux ayant une intensité suffisante pour

modifier la réponse du milieu du champ électromagnétique. Il est donc impensable de déterminer la réponse du milieu par des coefficients indépendants de la puissance de l'onde lumineuse (comme l'indice de réfraction) [6,8].

Après la modélisation physique, on obtient l'équation de propagation décrite ci-dessus, sa résolution permet de déterminer la structure du champ électrique dans le milieu en fonction du temps et de l'espace [7].

En recherche scientifique avancée, la résolution analytique de cette équation se base sur des méthodes numériques comme les éléments finis et la méthode de l'intégrale de chemin [5]. Ces techniques utilisent des concepts mathématiques qui sortent complètement du cadre des classes préparatoires. Pour cela et afin de réaliser une résolution approchée, des approximations doivent être moyennées. On peut utiliser la méthode de séparation des variables mais en supprimant la propagation c'est-à-dire on suppose que l'onde est stationnaire ce qui est loin de la réalité physique. Numériquement, la technique de différences finies qui s'appuient sur des développements limités de Taylor permet d'avoir une solution approchée qui peut être améliorée à l'aide de la méthode de Crank Nicholson [3].

Problématique retenue

Mon sujet a pour but de répondre aux questions suivantes: Quelles sont les conditions que doivent être vérifiées par les rayons lumineux pour que l'onde lumineuse puisse être guidée dans la fibre optique? Comment peut-on modéliser l'équation de propagation du champ électrique dans une fibre optique à effet kerr?

Objectifs du TIPE

- 1/Trouver les conditions nécessaires pour le guidage de la lumière dans la fibre optique.
- 2/Modéliser la propagation de la lumière par une équation différentielle non linéaire d'ordre 2
- 3/Résoudre la partie linéaire de l'équation par la Transformée de Fourier et la partie non linéaire numériquement à l'aide de python

Abstract

I studied the optical fibre, its properties and the way it works with the help of the laws of geometrical optics. Then, I tried to understand some non-linear effects in the optical fibre and how it affects the propagation of light waves and how the maxwell equations will change in this medium because it is dielectric. In this type of medium some new concepts will appear and will figure in the equations

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] B. AMANA ET J.-L. LEMAIRE : Fiche TP concernant la fibre optique :
<https://docplayer.fr/5027192-Fibres-optiques-b-amana-et-j-l-lemaire.html>
- [2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique lu le 29/09/2018
- [3] FABIEN DROUART : thèse de doctorat en électromagnétisme: Novembre 2008. :
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00438491/document>

- [4] <https://www.techopedia.com/definition/27299/kerr-effect> lu le 14/10/2018
- [5] TIMO A. LAINE : Electromagnetic Wave Propagation in Nonlinear Kerr Media: Stockholm 2000 : <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:8732/FULLTEXT01.pdf>
- [6] ROMAIN PONCET : Une épreuve de TP concernant la fibre optique à effet kerr (Ecole polytechnique 2014). : <http://www.cmap.polytechnique.fr/~allaire/map411/MiniProjets/sujets2014/RomainPoncet.pdf>
- [7] R.LEVEY ET J.M. JONATHAN : L'optique non linéaire et ses matériaux : <http://dl140.zlibcdn.com/download/book/1130569?token=380c0050-bb5c-4d44-9923-5e248c6ebbf6>
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Optique_non_lin%C3%A9aire lu le 16/07/2018

DOT

- [1] *Septembre: lire une fiche de TP de B. AMANA et J.-L. LEMAIRE*
- [2] *Octobre: Visiter SUPCOM pour rencontrer un professeur*
- [3] *Novembre: Lire une thèse sur l'électromagnétisme de Mr Fabien Drouart*
- [4] *Décembre: Lire des articles sur l'optique non linéaire et le effets non linéaires*
- [5] *Février: Lire des articles sur les équations de Maxwell dans un milieu diélectrique*
- [6] *Rencontrer un professeur d'informatique pour m'aider à résoudre une équation numériquement*
- [7] *Rencontrer Mr Edward Tantart pour vérifier quelque point*

Montgolfière Infrarouge MIR : Bilan thermique.

Montgolfière Infrarouge MIR: Bilan thermique et Vol.

Le concept de montgolfière s'il n'est plus viable pour des vols commerciaux, a été retravaillé pour servir à d'autres fins. Ainsi, la Montgolfière Infrarouge est un élément important en météorologie. Séduit par l'ingéniosité du système, j'ai trouvé intéressant d'en faire mon sujet.

Afin de prélever des données atmosphériques, des appareils ont besoin d'être acheminé et de demeurer un certain temps dans la stratosphère. Un véhicule spécifique est requis, la MIR. L'étude porte sur un caractère essentiel de ce moyen de transport : son bilan thermique.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Montgolfière Infrarouge</i>	<i>Infrared Montgolfier</i>
<i>Convection</i>	<i>Convection</i>
<i>Rayonnement</i>	<i>Radiation</i>
<i>Echanges thermiques</i>	<i>Heat exchanges</i>
<i>Vol</i>	<i>Flight</i>

Bibliographie commentée

L'usage des montgolfières dans les opérations de mesures atmosphérique a débuté autour de 1945 avec les sondes de l'armée américaine [1]. En France, au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), il faudra attendre 1967 pour les débuts du projet Ballons et plus tard pour les missions de mesures. Les ballons BSO et BPS seront alors développés dans ce cadre scientifique [2]. Toutefois, ces ballons restent limités par des durées de vol faibles (quelques heures pour les BSO), ou par des altitudes fixées (type BPS). Le développement de la Montgolfière Infrarouge va donc permettre d'effectuer des vols de longue durée (de plusieurs semaines), tout en balayant des altitudes variées. Ceci en profitant du rayonnement solaire le jour et du rayonnement infrarouge la nuit, pour chauffer l'air à l'intérieur de son enveloppe [3].

Lors de son vol, la MIR est également soumise à des pertes de chaleur par convection externe, interne et par diffusion. Différents travaux ont été réalisés pour décrire les échanges thermiques par des méthodes expérimentales ou numériques suivant différents modèles. Les premiers travaux du CNES se limiteront à une configuration isotherme de la paroi de la MIR où celle-ci est supposée sphérique. Ensuite, la société R-Tech reproduira la forme en goutte d'eau de la MIR, pour effectuer numériquement le bilan thermique, en considérant une distribution non isotherme de la paroi ; et simuler la trajectoire de vol de la MIR. Un travail avec ce même modèle sera mené par Simulog. Quelques articles plus récents utiliseront l'approche RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes), et

l'approche instationnaire type DDES (Delayed Detached Eddy Simulation) pour simuler numériquement la convection [5]. Romain BRUCE dans sa thèse se penchera lui aussi sur les pertes convectives, et couplera une étude expérimentale et une étude numérique pour étudier localement le champ de température en paroi [4].

Cependant, les travaux du CNES, R-Tech et Simulog ne sont pas diffusés, et ceux accessibles se penchent plus sur la convection. Les apports thermiques par rayonnement à la MIR sont donc introuvables dans la littérature. Ces gains énergétiques étant pourtant à la base du principe de fonctionnement de la MIR.

Problématique retenue

Suivant le principe de fonctionnement de la MIR, les apports thermiques par rayonnement sont nécessaires à une bonne description du véhicule. Ceux-ci doivent être mis en corrélation avec les pertes, afin de décrire le vol de la MIR.

Objectifs du TIPE

Je me propose au cours de mon TIPE, d'étudier les principaux échanges thermiques régissant le vol de la MIR. Suite à ce bilan, simuler son vol et mettre en évidence l'intérêt de la MIR.

Abstract

Long and high flights are required to make stratospheric measures, but temperature variation and gas loss unable to do it with conventional aerostats, where Infrared Montgolfier does.

Here, a model is established, radiative and convective heat exchanges are characterized, considering the specific thermo optical properties of the balloon and its environment.

Then its altitude variation is simulated through time, to validate the expected performances.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] <https://ballons.cnes.fr/fr/web/CNES-fr/8519-historique.php>, *Bref historique sur les montgolfières*, Janvier 2019

[2] <https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/9194-aerostats-montgolfieres-infrarouges-mir-page-1.php>, *Présentation de la MIR*, Octobre 2018

[3] <https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/9276-mir-principes-du-vehicule.php>, *Principe de fonctionnement de la MIR*, Octobre 2018

[4] ROMAIN BRUCE : Etude des échanges thermiques convectifs en paroi d'un ballon scientifique de type Montgolfière Infrarouge : *Thèse de doctorat*, 2011

[5] EMMANUEL LAROCHE, ROMAIN BRUCE, PHILIPPE REULET, PIERRE MILLAN : Simulation numérique d'une montgolfière infrarouge : *Congrès français de thermique*, 2011, France

Références bibliographiques (phase 3)

[1] ÖZNUR KAYHAN, M. ALAITTIN HASTAOGLU : Modeling of Stratospheric Balloon Using Transport Phenomena and Gas Compress-Release System : *JOURNAL OF THERMOPHYSICS AND HEAT TRANSFER*, Vol. 28, No. 3, 2014

DOT

- [1] *Décembre 2018 - Familiarisation avec les loi de la convection, les nombres adimensionnels et recherche infructueuse de documentation traitant les échanges via rayonnement de la MIR.*
- [2] *Janvier 2018 - Compréhension des loi du rayonnement.*
- [3] *Février 2018 - Tentative de modélisation des échanges sur la ballon*
- [4] *Mai 2019 - Invalidation du modèle considéré et tentatives de re-modélisation*
- [5] *Fin-Mai 2018 - Correction des flux thermique suite a la lecture de l'article [1] (phase 3)*
- [6] *Juin 2019 - Problème avec la dynamique du vol du ballon et la simulation numérique*

Du transport optimal en traitement d'image

Du transport optimal en traitement d'images

J'ai toujours considéré l'image comme une chose banale, jusqu'à ce que j'ai lu un article sur le problème proposé par le fameux mathématicien Gaspard Monge a propos du transport optimal et j'étais impressionné par les progrès et recherches qui ont été réalisés dans ce domaine.

J'ai décidé de travailler sur le transport optimal en traitement d'image qui est un sujet en accord avec le thème de l'année. En effet mon sujet traite le transport des quantités mathématiques dans des espaces abstraits.

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Transport optimal</i>	<i>Optimal transport</i>
<i>Traitement d'image</i>	<i>Image processing</i>
<i>Distance de Wasserstein</i>	<i>Wasserstein distance</i>
<i>Optimisation convexe</i>	<i>Convex optimization</i>
<i>Gradient</i>	<i>Gradient</i>

Bibliographie commentée

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, une évolution très importante depuis quelques dizaines d'années. Le transport optimal en traitement d'images est une théorie mathématique très développée. On se restreindra au problème tel que le fameux mathématicien français Gaspard Monge l'a proposé, même s'il est maintenant généralisé à des espaces plus grands et plus abstraits. [1]

Une image est une application mathématique de l'espace vectoriel $R \times R$ dans R dont le couplet d'entrée est considéré comme une position spatiale, le singleton de sortie comme l'intensité (couleur ou niveaux de gris) du phénomène physique, donc c'est un ensemble bien structuré d'informations qui nous ramène à des divers paramètres à traiter (le contraste, le bruit, le degré de luminosité ...) et cette image numérique est constituée d'un ensemble de pixels qui est le plus petit élément constitutif, l'ensemble de pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions donc se présente sous forme d'une matrice dont les coefficients sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels) qui sont comprises entre 0 et 255. [1]

Le traitement d'image est donc l'ensemble des opérations et techniques qui interviennent dans la modification de ces paramètres afin de passer d'une image à une autre ou bien d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes. [2,3,4]

Le transport optimal a été l'un des plus intéressants outils proposés pour différents problèmes de traitement d'image. Cet outil est désormais majeur en vision par ordinateur et en traitement d'image qui constitue par exemple un cadre théorique idéal pour la modification des paramètres tel que le contraste et la couleur dans ces images. Dans ce cadre, Monge a traité ce problème en calculant la distance entre deux histogrammes, c'est à dire la distance parcourue par chacun des travailleurs en transportant du sable, et c'est de là que l'idée du transport optimal a été découverte pour trouver le chemin le plus court (des lignes droites) et d'éviter le croisement pour minimiser les efforts des travailleurs. Cette idée d'optimisation a été fréquemment utilisée dans certain domaine et de nos jours elle rencontre un succès énorme en informatique graphique. Etant donnée deux images différentes par exemple la première est plus stylisée et claire que la deuxième, il est possible de faire une analogie avec le problème du transport du sable. En effet, on effectue un transfert des couleurs vives et intéressantes vers une autre terne et donc la création d'un espace abstrait des couleurs où les travailleurs font le transfert des pixels (les grains de sable) dont chacun cherche l'endroit adéquat dans l'image vive en partant par l'image terne et pour minimiser l'effort. [2,3,4]

Il est par exemple plus favorisé de transférer un rouge vif vers un rouge terne que vers un vert terne puisque la distance qui les sépare est très importante par rapport à la première dans l'espace des couleurs. [2,3,4]

Afin de mesurer la distance entre deux tas de sable dans notre monde réel à trois dimensions, on utilise une distance euclidienne basée sur la norme 2. Par analogie, dans les espaces abstraits de couleurs, on utilise une distance dite de Wasserstein. Ainsi, on se propose de construire un fonctionnel appelé fonction objectif ou fonction coût. L'optimisation de cette fonction permet de trouver la solution optimale. [5,6]

D'un point de vue mathématique, on s'intéresse à des propriétés mathématiques telles que la convexité et la régularité de cette fonction. [5,6]

Pour trouver cette solution optimale, il faut calculer le gradient pour déterminer les points critiques. Le calcul de la matrice hessienne permet de déterminer la nature de ces points : minimas locaux, maximas locaux ou points scelles. [5,6]

En outre, la recherche d'une optimisation est un véritable défi donc on s'intéresse à des algorithmes d'optimisation numérique (méthode du gradient conjugué et gradient stochastique). [7,8]

Problématique retenue

Mon sujet a pour but de répondre à cette question : comment peut-on réaliser une image plus claire et plus vive à partir d'une image terne avec du transport optimal ?

Objectifs du TIPE

-Compréhension du problème de Gaspard Monge

-Modélisation mathématiques

-Modélisation mathématique avec les équations de conservation

-Optimisation de la fonction objective trouvée

-Implémentation d'un code en python pour le calcul numérique du gradient et de la matrice hessienne

Références bibliographiques (phase 2)

[1] Traitements et outils de base : <http://miv.u-strasbg.fr/mazet/ofti/bases.pdf>

[2] EMMANUEL MAITRE : Level set, transport optimal, applications à l'image : <http://www-ljk.imag.fr/membres/Emmanuel.Maitre/lib/exe/fetch.php?media=lstoim2012.pdf>

[3] SYLVAIN PLANÈS : Transport optimal et interpolation d'images :
<https://ensiwiki.ensimag.fr/images/2/27/RapportIRLTO.pdf>

[4] MORGANE HENRY : Transport optimal et ondelettes : nouveaux algorithmes et applications à l'image : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01682928/document>

[5] JULIE DELON : Transport optimal et modélisations invariantes pour le traitement et l'analyse d'images : http://helios.mi.parisdescartes.fr/~jdelon/Pdf/HDR_delon.pdf

[6] MAÏTINE BERGOUNIOUX : Quelques méthodes mathématiques pour le traitement d'image :
<https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00125868v4/document>

[7] JÉRÔME DARBON : Composants logiciels et algorithmes de minimisation exacte d'énergies dédiés au traitement des images : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001680/document>

[8] LAURENT GUILLOPÉ : Optimisation déterministe et stochastique :
<https://www.math.sciences.univ-nantes.fr/~guillope/m1-ods/ods.pdf>

Prévention des accidents dus à la fatigue du métal dans le transport aérien

J'ai une amie qui m'a raconté qu'elle avait été choquée par un accident sur un vol au moment de son embarquement. Un défaut important, concernant des fissurations, avait été détecté juste avant le décollage. Cela m'a donné l'idée d'étudier "la fatigue d'un métal". Le transport aérien impose l'utilisation quasi continue d'un avion et sollicite beaucoup sa voilure et on a compris depuis les accidents des De Havilland Comet ce qu'était "la fatigue d'un métal". Le contrôle non destructif permet de détecter l'apparition des fissures et éviter les accidents.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), MATHÉMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fissure</i>	<i>Rift</i>
<i>Propagation</i>	<i>Spread</i>
<i>Modèle de Griffith</i>	<i>Griffith model</i>
<i>Contrôle non destructif</i>	<i>Nondestructif testing</i>
<i>Courant de Foucault</i>	<i>Eddy current</i>

Bibliographie commentée

La fissure est un défaut ou une discontinuité brutale, apparaissant dans les matériaux sous l'effet de contraintes internes ou externes et où la matière est séparée sur une certaine surface. Tant que les contraintes ne sont pas libérées, elle entraîne une grande concentration des efforts à son fond [5].

La propagation des fissures diffère d'un milieu à un autre et même dans le même milieu. Il existe trois modes de propagation : le premier dans lequel la propagation se fait d'une manière perpendiculaire à la force microscopique, le second se présente sous forme d'un cisaillement dans le plan tandis que le troisième est aussi un cisaillement mais cette fois hors du plan.[2][6]

Son étude se décompose en trois phases. L'amorçage d'une fissure ou de plusieurs microfissures. Suivie de leurs propagation et enfin la rupture. Toute l'étude dépend de la vitesse de propagation ainsi que de sa direction qu'on détermine à partir de la théorie des intégrales de contour.[7]

L'étude de l'effet des rayures superficielles sur la résistance mécanique des solides, on est parvenu à des conclusions générales qui semblent avoir une incidence directe sur le problème de la rupture, du point de vue technique ainsi que sur la question plus vaste de la nature de cohésion intermoléculaire.[4]

En 1916, le physicien anglais Alan Arnold Griffith a développé un modèle sur la rupture. Ses travaux ont été réalisés à l'institut Royal Aircraft Establishment. Ce modèle présente l'aspect énergétique et son effet sur la propagation des fissures dans les milieux. Il existe plusieurs formulations de la théorie de Griffith sur la mécanique de la rupture dynamique. L'approche newtonienne est la plus classique et est résumée ici. Du côté d'Eshelby, il a exploité la symétrie que possède une intégrale d'action généralisée, introduisant un tenseur énergie-impulsion qui associé à des conditions de moment et de bilan énergétique local conduit à l'équation du mouvement de la fissure. L'hypothèse fondamentale de la théorie de Griffith de la fracture concerne la dissipation d'énergie d'une fissure en propagation. Il est modélisé comme une surface d'interface nette dans le métal. Griffith, dans son travail pionnier, postule que la création d'une fissure appelle une consommation d'énergie proportionnelle à sa surface totale qui caractérise la quantité d'énergie nécessaire pour rompre les liaisons atomiques sur la surface de la fissure à l'échelle microscopique [4].

Pour éviter les accidents dus à une propagation de fissure, il y a plusieurs méthodes de contrôle non destructif (CND) telles que : Émission acoustique, Courants de Foucault, Étanchéité, Magnétoscopie, Ressuage, Radiographie, Ultrasons, Examen visuel et Thermographie.

Le contrôle non destructif (CND) par courant de Foucault est le plus simple à utiliser. Ce sont des courants électriques induits dans des matériaux conducteurs suite à l'application des champs magnétiques dépendants du temps. Ces tourbillons circulaires de courant ont une inductance ce qui induit des champs magnétiques qu'on analyse pour détecter s'il y a une défaillance dans le matériau à contrôler [1]

Problématique retenue

- Comment se propagent les fissures dans un matériau conducteur ?
- Comment peut-on les détecter grâce au contrôle par courant de Foucault ?

Objectifs du TIPE

·Méthode Physique :

** Mise en place d'une méthode énergétique afin de déterminer les efforts à supporter par la structure

** J'essayerai d'établir les équations aux dérivées partielles régissant ce phénomène

·Résolution Analytique :

** Utilisation de quelques méthodes analytiques pour résoudre les équations trouvées

** Implémentation d'un code permettant de visualiser les solutions analytiques trouvées

·Résolution Numérique :

** Utilisation d'une modélisation numérique du modèle proposé en résolvant numériquement l'équation aux dérivées partielles trouvées en utilisant Python avec la méthode de différences finies

·Expérience :

**Réalisation de quelques expériences CND

Abstract

After reading an article that explains the De Havilland Comet accident, a work was done to clarify the principle of propagation of cracks in a conductive material by experiments, a modeling of the Griffith theory, analytical resolutions and numerical resolutions which then allow us to visualize the solution of the equations found as well as the methods of eddy current non-destructive testing. The latter ,also, is divided into 4 steps but the resolution is made by the finite difference technique resulting only in reproducing the diffusion of the heat without the simulation of the crack

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] YASMINE GABI : Modélisation FEM du système de contrôle non destructif 3MA en ligne de production des aciers dual phase, 2012 : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00749118/document>
- [2] YANNICK JAN : Modélisation de la propagation de fissure sur des structures minces, soumises à des sollicitations intenses et rapides, par la méthode X-FEM : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01503150/document>
- [3] HOCINE KEBIR : Simulation de la propagation de fissures dans les solides élastiques en modes mixtes par la méthode des équations intégrales duales : <https://www.archives-ouvertes.fr/hal-01381733/document>
- [4] G.I. TAYLOR : The Phenomena of Rupture and Flow in Solids , February 26, 1920 : <http://mbarkey.eng.ua.edu/courses/AEM644/Griffith1921fracture.pdf>
- [5] STÉPHANE SAUTUCCI : Croissance Lente Thermiquement Activée et Piégeage d'Une Fissure dans Les Matériaux Structurés à Une échelle Mésoscopique : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00009085/document>
- [6] SHIXIANG MA : Propagation de fissure en mode mixte dans un milieu élasto-plastique avec prise en compte des contraintes résiduelles, 2005 : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00664816/document>
- [7] HOAI NAM LE : Etude de la propagation d'une fissure sous chargement thermique cyclique induisant un gradient de température dans l'épaisseur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00399488/document>

DOT

- [1] *Fin Mai, lecture d'un article expliquant l'accident de De Havilland Comet*
- [2] *Début juillet, discussion avec Monsieur Atef Boulila (physicien et chercheur) et réalisation de l'expérience de la propagation des fissures à l'INSAT (Institut national des sciences appliquées et de technologie*
- [3] *Août, choix du travail sur la propagation des fissures et de la méthodes de contrôle non destructif (CND) par courant de Foucault*
- [4] *Octobre, expériences et mise en évidence du CND par courant de Foucault à TUNISAIR*
- [5] *Novembre, j'ai trouvé une méthode à l'aide de la transformée de Fourier pour résoudre l'équation de la chaleur traduisant le déplacement de la fissure*
- [6] *Décembre, j'ai employé un code python pour visualiser le déplacement de la fissure*
- [7] *Fin Janvier, j'ai utilisé la méthode de différence finie pour calculer le potentiel vecteur dans le matériau et j'ai employé un code python pour visualiser la solution de l'équation trouvé*
- [8] *Avril, élaboration d'une conclusion*

Cryptage des données

La sécurité de nos données personnelles est un problème qui nous concerne tous. En effet, de nos jours, nos données sont transportées partout sur internet, et peuvent se trouver vulnérables face aux hackers. Je me suis intéressé aux algorithmes et aux moyens utilisés pour protéger ces informations.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année puisqu'il concerne le transport sécurisé des données. Ces données numériques peuvent être modélisées sous forme de signaux, et peuvent être cryptées ou décryptées grâce à des algorithmes informatiques.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique Théorique), MATHÉMATIQUES (Algèbre).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Chiffrement</i>	<i>Cipher</i>
<i>Clé</i>	<i>Key</i>
<i>Cryptosystème</i>	<i>Cryptosystem</i>
<i>Algorithme</i>	<i>Algorithm</i>
<i>Message</i>	<i>Message</i>

Bibliographie commentée

De nos jours, tout devient numérique. Nos informations peuvent être répandue partout sur le Web et il est important pour tout site internet d'assurer la protection des données de ses utilisateurs. Tel est l'objectif de la cryptographie, qui est l'ensemble des techniques permettant de chiffrer un messages pour qu'il soit inintelligible jusqu'à ce que le destinataire le déchiffre.

Le destinataire et le destinataire utilisent des clés de chiffrement, qui sont des paramètres constitués d'une séquence de symboles et utilisé, avec un algorithme cryptographique pour chiffrer ou déchiffrer des données.

Il existe deux types de cryptographies: La cryptographie à clé secrète (appelée cryptographie symétrique) qui utilise une seule clé qui permet à la fois de chiffrer et déchiffrer, et la cryptographie à clé publique qui utilise deux clés.

En effet lors du choix d'un algorithme de cryptographie, il est important de s'assurer qu'il répond à plusieurs critères, qui sont la confidentialité (Le texte chiffré ne doit pas être lisible pour un espion.), l'authentification (Le destinataire d'un message doit pouvoir s'assurer de son origine) et

l'intégrité (Le destinataire doit avoir la possibilité de vérifier que le message n'a pas été modifié en chemin).

Nous nous intéressons à l'étude des algorithmes utilisant la seconde méthode de cryptographie puisqu'elle présente plus d'avantages en terme de sécurité et répond aux critères de confidentialité, authentification et intégrité. En effet l'usage de deux clés différentes permettent de s'assurer que personne d'autre que le destinataire ne peut déchiffrer le message et que seul celui possédant la clé de chiffrement (dite clé publique) peut chiffrer un message avant de l'envoyer.

Un exemple d'algorithme à clé publique très répandu est le chiffrement RSA (Utilisé à l'heure actuel pour les cartes bancaires, les achats sur internet, etc...). Sa sécurité repose sur le fait que le chiffrement se fait par la multiplication de nombres premiers mais qu'il est difficile de les factoriser pour déchiffrer le message.

Problématique retenue

Comment fonctionne le chiffrement RSA ? Quels sont ses avantages et inconvénients comparés aux autres algorithmes cryptographiques ?

Objectifs du TIPE

L'objectif de mon TIPE est d'expliquer l'utilité de la cryptographie en général, et de s'intéresser en particulier au fonctionnement et aux avantages du chiffrement RSA. Je m'occuperais aussi de créer un code en Python simulant un chiffrement RSA, calculer son coût et comparer l'algorithme obtenu à ce qui a été dit en théorie.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] WILLIAM STALLINGS : Cryptography and Network Security Principles and Practices : http://www.inf.ufsc.br/~bosco.sobral/ensino/ine5680/material-cripto-seg/2014-1/Stallings/Stallings_Cryptography_and_Network_Security.pdf
- [2] THOMAS VIVET : La cryptographie : <http://thomas.vivet.free.fr/crypto.html>
- [3] RENAUD DUMONT : Cryptographie et Sécurité informatique : <http://www.montefiore.ulg.ac.be/~dumont/pdf/crypto09-10.pdf>
- [4] MARIA D. KELLY : The RSA Algorithm: A Mathematical History of the Ubiquitous Cryptological Algorithm : <https://www.sccs.swarthmore.edu/users/10/mkelly1/rsa.pdf>
- [5] AVI KAK : Public-Key Cryptography and the RSA Algorithm : <https://engineering.purdue.edu/kak/compsec/NewLectures/Lecture12.pdf>

Le transport des charges par les grues

L'été dernier, une grue, qui soulevait une charge en béton, s'est renversée sous son poids sur un chantier à Toulouse, ce qui a gêné la circulation, retardé le chantier et causé des dégâts matériels considérables. Pour cela, j'ai eu l'idée d'étudier les grues, omniprésentes dans les chantiers et les ports.

Les grues sont utilisées partout afin de transporter des charges très lourdes. Cependant, compte tenu des dangers potentiels, il est essentiel d'améliorer le contrôle du fonctionnement afin d'éviter les accidents. Mon travail sur le transport des charges par les grues s'insère dans le thème.

Positionnement thématique (phase 2)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>contrôle du mouvement</i>	<i>motion control</i>
<i>oscillation</i>	<i>oscillation</i>
<i>système dynamique</i>	<i>dynamic system</i>
<i>grue</i>	<i>crane</i>
<i>systèmes sous-actionnés</i>	<i>underactuated systems</i>

Bibliographie commentée

Une grue est un appareil de levage qui sert à transporter des charges lourdes et à grandes échelles. Ces dernières années, les grues sont devenues de plus en plus sollicitées dans les chantiers et les ports vu leur maniabilité, capacité à supporter des poids très importants et la possibilité de transporter la plus part d'elles d'un site à un autre aisément. Les grues se composent traditionnellement d'éléments de levage (les câbles de suspension et les crochets) et d'éléments de support (les chariots et les flèches). Elles se présentent sous différentes formes qui peuvent être classées en trois catégories : les portiques de manutention, les grues à flèche et les grues à tour [4].

Néanmoins, les grues peuvent voir leur efficacité mise en question. En effet, le mouvement de rotation des flèches génère un balancement de charge bidimensionnel indésirable qui affecte la précision du dépôt des charges, pouvant même causer des accidents, blesser des gens et endommager les environs [2]. Des opérateurs de grues professionnels expérimentés arrivent à arrêter ces oscillations gênantes. Mais, puisque les grues sont de plus en plus hautes, grandes et rapides, un contrôle plus efficace s'impose. Effectivement, ces 40 dernières années plusieurs recherches ont été consacrées aux méthodes de contrôle des grues, la plus part d'elles visant un moyen de minimiser ou même supprimer les oscillations des charges tout en éliminant les vibrations et en gardant un temps de transport raisonnable [3].

Pour cela, il faut commencer par modéliser une grue. Plusieurs modèles ont été suggérés par plusieurs chercheurs. L'un des plus anciens modèles est le modèle plan ou de distribution de masse apparue vers la fin des années 80. Mais, ces dernières années les modèles sont plus proches de la réalité. Notamment l'un des plus utilisés est celui qui néglige la masse du câble et représente la charge et le crochet avec une masse ponctuelle. La plus part des chercheurs ayant recours à ce modèle réduisent la grue à un pendule sphérique afin de pouvoir étudier un mouvement en trois dimensions [4]. Quant à la mise en équation du mouvement, ils adoptent généralement soit une approche mécanique Newtonienne [3] ou une approche mécanique analytique à l'aide d'Euler-Lagrange [2].

Il existe plusieurs stratégies de contrôle. Ceci vient du fait qu'il y ait multiples types de grues, de modèles et de buts précis à atteindre. Par exemple, certaines méthodes ne prennent pas en compte le temps de transport et ne se focalisent que sur la suppression des oscillations. En plus, les paramètres étudiés varient d'une recherche à une autre. Par exemple, il existe des méthodes qui prennent en compte l'oscillation de la charge par rapport au câble [1], d'autres n'étudient que l'oscillation de la charge par rapport à la flèche [5].

En outre, généralement, il existe des contrôles qui se font en boucle ouverte et d'autres en boucle fermée. Ceux en boucle ouverte génèrent une trajectoire optimale de point de vue minimisation d'oscillations et temps [1][2]. Quant au contrôle en boucle fermée, il s'agit d'un asservissement qui se fait en temps réel et nécessite des informations mesurées instantanément par des capteurs. Les schémas bloc sont conçus à partir d'une étude dynamique qui, après linéarisation, on en extrait les fonctions de transfert et différentes constantes à utiliser. Contrairement au contrôle en boucle ouverte, celui-ci prend en compte en plus du mouvement de la flèche, les perturbations extérieures comme le vent ce qui le rend plus performant [3][5].

Problématique retenue

Comment peut-on contrôler le mouvement de la charge d'une grue en vue d'obtenir une trajectoire optimale et éviter les oscillations indésirables?

Objectifs du TIPE

Je me propose de :

-Modéliser une grue avec

*un pendule simple

*un pendule double avec une approche Euler-Lagrange

-Minimiser la durée de transport en essayant d'implémenter un algorithme de recherche de paramètres optimaux.

-Résoudre les équations numériquement.

-Tenter d'utiliser la méthode de contrôle et commande en boucle fermée.

Abstract

Cranes are broadly used in harbors and construction sites. However, workers can be put at risk and time efficiency can be compromised when loads start swaying due to the double-pendulum effect. My goal is to minimize these unwanted oscillations. Firstly, the crane is modeled. A simple pendulum is used, then replaced with a double pendulum. Then, a polynomial optimal trajectory is determined in accordance with stability constraints, and preserving a minimal duration of transport is taken into consideration. Finally, I attempted to find a closed-loop control method and was able to obtain a transfer function that canceled the oscillations.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] TONG YANG, NING SUN, MEMBER, IEEE, HE CHEN, AND YONGCHUN FANG, SENIOR MEMBER, IEEE : Motion Trajectory-Based Transportation Control for 3-D Boom Cranes: Analysis, Design, and Experiments : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8410596>
- [2] AHMED Y. ABDELHAMID, MOHAMED H. MABROUK, HOSAM A. ABDELKADER : Modeling and Simulation of Telescopic Rotary Crane : https://www.researchgate.net/publication/330207420_Modeling_and_Simulation_of_Telescopic_Rotary_Crane
- [3] SHIGENORI SANO, HUIMIN OUYANG, HIROSHI YAMASHITA AND NAOKI UCHIYAMA : LMI Approach to Robust Control of Rotary Cranes under Load Sway Frequency Variance : https://www.researchgate.net/publication/252499345_Suppression_of_Two-Dimensional_Load-Sway_in_Rotary_Crane_Control_Using_Only_Horizontal_Boom_Motion
- [4] EI HAB M. ABDEL-RAHMAN, ALI H. NAYFEH, AND ZIYAD N. MASOUD : Dynamics and Control of Cranes: A Review : https://www.researchgate.net/publication/258162496_Dynamics_and_Control_of_Cranes_A_Review
- [5] WIM DEVESSE, MARCUS RAMTEEN, LEI FENG, JAN WIKANDER : A real-time optimal control method for swing-free tower crane motions : <https://ieeexplore.ieee.org/document/6653933>

DOT

- [1] *Décision, début Août, du sujet et fixation de la problématique.*
- [2] *Tentative de modélisation d'une grue (pendule simple).*
- [3] *Recherche et lecture des articles, en Septembre.*
- [4] *Consultation de mon professeur de STI, Mr Jamel BERRACHED, et étude du contrôle en boucle fermée.*
- [5] *Retour sur le modèle et utilisation d'un pendule double en novembre.*
- [6] *Tentative de prise de contact avec des laboratoires (sociétés et clubs de robotique) et échec.*
- [7] *Consultation de Mr Edouard TENTART.*

[8] *Etude de la trajectoire optimale et de l'algorithme d'optimisation temporelle en Janvier.*

Transport de l'information: modulation et démodulation

Transport de l'information: Transmission hertzienne de l'information

Le Cameroun mon pays natal, vise une émergence pour 2035. Parmi les chantiers visés, celui des télécommunications. En effet, à travers mon travail traitant du transport de l'information numérique qui est l'objet principal des télécommunications, je voudrais via ce sujet éclairer ce vaste chantier.

Désignant la manière de se déplacer ou de faire parvenir par un procédé particulier et sur une distance assez longue le "Transport" est assez vaste ainsi offre une multitude de sujets dérivant des transports ou qui y sont directement liés dont le transport de l'information.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Théorique), INFORMATIQUE (Informatique Théorique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>modulation</i>	<i>modulation</i>
<i>demodulation</i>	<i>demodulation</i>
<i>frequence</i>	<i>frequency</i>
<i>signale utile</i>	<i>useful signal</i>
<i>porteuse</i>	<i>carrier</i>

Bibliographie commentée

Les ondes hertziennes [1] sont des ondes électromagnétiques [2] dans une gamme de longueurs d'onde (dans le vide supérieur à 1 mm). La transmission hertzienne de l'information est la propagation libre des ondes hertziennes qui vont elles-mêmes transporter l'information à transmettre.

En effet il existe deux grands types de propagation : la propagation libre pour laquelle l'émetteur d'onde, à savoir une antenne soumise à une tension, émet de manière isotrope dans toutes les directions offertes de l'espace et la propagation guidée pour laquelle on impose à l'onde d'emprunter un "chemin", les "chemins" les plus connus sont les fibres optiques ou encore les câbles coaxiaux. [3]

L'intérêt principal de la transmission hertzienne, pour la radio, la télévision ou le téléphone, est l'absence de support matériel et la possibilité de transmission à longue portée sans trop d'amortissement (satellites par exemple ...). On utilise pour cela des procédés comme la modulation d'amplitude [4] – MA ou AM en anglais car Amplitude Modulation – ou encore la modulation de fréquence [4] – MF ou FM en anglais car Frequency Modulation

Qu'est-ce que la modulation ? Comment moduler ? [4]

La modulation consiste à transporter le signal utile à l'aide d'un autre signal appelé porteuse, de

fréquence plus élevée.

Et la démodulation permet de réceptionner le signal utile en le séparant de sa porteuse.

Nous réaliserons donc des expériences de modulation analogique d'amplitude, de phase et de fréquence car au quotidien nous émettons des signaux analogiques comme la voix

Problématique retenue

Dans le domaine des télécommunications, l'ingénieur doit savoir comment est transmise l'information numérique ainsi que toutes les modifications que subit l'onde qui la transporte. Il est donc question de mettre en évidence ces diverses modifications.

Objectifs du TIPE

- 1) Expliciter les différentes modulations.
- 2) Simuler les différentes modulations.
- 3) Expliquer la chaîne de transmission analogique.
- 4) Expliquer pourquoi les ondes d'une station FM locale ne peuvent pas voyager sur une longue distance.
- 5) Expliquer les principes de modulation et démodulation.
- 6) chevauchement des informations ainsi que les causes et les conséquences.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] LA TRIBUNE : ondes hertziennes, le monde à porter de voix
- [2] G.DUBOST : la propagation libre et guidée
- [3] FREDERIC LAUCRAY : modulation analogique
- [4] P.RIBIÈRE : modulation et démodulation d'amplitude

Transport optimal et interpolation d'images

Etant un photographe amateur, j'ai toujours eu un penchant pour le domaine de l'image dans lequel les pixels jouent un rôle primordial.

En effet, je pourrai traiter aisément mes photos prises par ma caméra ou celles de mes ancêtres juste en manipulant ces pixels d'une manière adéquate.

L'Inpainting est une technique de traitement d'image. Il consiste à modifier une image via un transport de l'information dans un espace mathématique abstrait utilisant des concepts de transport optimal. Ainsi, mon sujet est en adéquation avec le thème.

Positionnement thématique (phase 2)

*MATHEMATIQUES (Algèbre), INFORMATIQUE (Informatique pratique),
MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées).*

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Traitement d'image</i>	<i>Image Processing</i>
<i>Répartition de pixels</i>	<i>Pixel distribution</i>
<i>algorithme itératif</i>	<i>iterative algorithm</i>
<i>Image numérique</i>	<i>Digital image</i>
<i>Inpainting</i>	<i>Inpainting</i>

Bibliographie commentée

Le traitement d'image est un domaine d'informatique et de mathématiques appliquées mettant en évidence des modifications particulières effectuées sur une image numérique pixelisée qu'elle soit acquise par un scanner ou un appareil photo, créée par un logiciel numérique tel que le photoshop ,traitée afin de supprimer des détails ou stockée en vertu d'un support de stockage informatique tel qu'une clé USB ou un SSD sous une forme binaire.[1,2]

En effet, la pixellisation est une technique d'animation provoquée par de petits éléments d'affichage carrés monochromes. On voit qu'une image en niveau de gris est codée par des valeurs entre zéro et un, correspondant à la luminosité du pixel considéré en y associant zéro pour le noir et un pour le blanc.[3]

Le problème d'inpainting se manifeste par la donnée d'une image dont certains pixels n'ont pas été transmis , ce sont éventuellement ceux à valeur nulle. On voudrait faire une interpolation entre ces cases de façon à remplir ces zones indéterminées. Pour ce faire on modélise l'image par une matrice à coefficients entre zéro et un, modélisant la luminosité au pixel de la ligne i et de colonne j . On considère également deux autres matrices qui présentent respectivement le masque et son contraire . Pour la matrice du contre-masque on y associe un si le pixel n'a pas été transmis.

Le but est de retrouver une image complète, qui corresponde le plus possible à l'image originale. Pour cela on cherche la matrice qui coïncide avec la matrice prise initialement tout en essayant de minimiser une sorte de norme en L^2 d'une discrétisation d'un gradient. On a besoin à ce stade

d'une formule sous des contraintes bien déterminées qu'il faut minimiser. On a recours désormais à une méthode mathématique qui s'appelle "la méthode du gradient conjugué". Il s'agit d'une méthode de minimisation numérique.[6] On aura besoin aussi d'une autre "méthode de descente de gradient à pas optimal" qui à son tour une seconde méthode de minimisation et on va y comparer les résultats entre ces deux méthodes. On pourra avoir à la fin deux sortes de problèmes possibles. Soit un problème "bien posé" et tout est réglé, soit en contre partie un "mal posé".[7] Il s'agit d'un problème d'Hadamard, un mathématicien français. Pour ce type de problème on a besoin d'une régularisation ou plutôt une régularisation de Tikhonov, un mathématicien Russe. On aura alors la même formule obtenue au début plus un terme supplémentaire. C'est le terme de pénalisation. On se trouve face à une matrice sous des contraintes à réaliser. Donc une minimisation différente pour l'inpainting.[3,4,5]

Problématique retenue

Dans le présent travail, il s'agit de partir d'une image réduite quelque soit sa source et essayer de la remettre à son état originale en utilisant de différentes méthodes qui mettent en évidence des algorithmes itératives à y implémenter avec le minimum de coût.

Objectifs du TIPE

Dans mon travail, je proposerai une méthode de gradient conjugué afin de traiter les images numériques. Pour se faire j'implémenterai, un code python modélisant le transport optimal des pixels dans une image et mettant en valeur l'interpolation des images.

Abstract

Inpainting is the process of filling the missing parts of an image or reconstructing its deteriorated regions. So, inpainting is a method of image restoration through applying an algorithm in a way that it fixes the damaged parts of the image data. This algorithm will be based on the gradient method which presents a numerical analysis for systems with symmetric and positive-definite matrix. It consists of the application of a mask which presents the corrupted parts of the image and then restoring the original one based on this method.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] RAFAEL C. GONZALEZ, RICHARD E. WOODS : Digital Image Processing, Pearson Prentice Hall, 2008 : *Introduction p. 3-4 (un passage d'un livre lu le 09/09/2018)*
- [2] ANIL K. JAIN : Fundamentals of Digital Image Processing, 1989 : *Introduction (un passage d'un livre lu le 15/09/2018)*
- [3] JACK E. BRESENHAM : Algorithm for computer control of a digital plotter : *vol 4 (un passage d'un livre lu en décembre 2018)*
- [4] MARCELO BERTALMIO, GUILLERMO SAPIRO, VINCENT CASELLES ET COLOMA BALLESTER : Image Inpainting : *(un article lu récemment)*
- [5] FOLKMAR BORNEMANN · TOM MÄRZ : Fast Image Inpainting Based on Coherence Transport : *(un article lu récemment)*
- [6] PHILIPPE CIARLET,ÉDUARD STIEFEL : Methods of Conjugate Gradients for Solving Linear Systems :

[7] SÉBASTIEN CHARNOZ & ADRIAN DAERR : Algorithmes de minimisation : http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/~daerr/teaching/phynumM1/notes2cours/methodes_numeriques_MINI.pdf

DOT

- [1] *Rencontre du mathématicien français Claude Deschamps (Novembre 2018)*
- [2] *Première rencontre avec le physicien français Edouard Tantart (Décembre 2018)*
- [3] *Implémentation d'un premier code python (Janvier 2019)*
- [4] *Implémentation d'un second code python (Février 2019)*
- [5] *Deuxième rencontre avec le physicien français Edouard Tantart (Février 2019)*

Modélisation du transport éolien du sable

Choquée par des images montrant des villages engloutis par le sable au sud tunisien, préoccupé par des problèmes d'ensablement, j'ai voulu étudier le phénomène qui avait lieu. En effet, je trouve intéressant à comprendre le mécanisme de transport des grains de sable sous l'action du vent.

À travers cette activité de recherche, je me propose d'étudier, via la physique de transport de sable, le mécanisme de transport des grains de sable sous l'action de vent. Ainsi, mon étude est cohérente avec le thème de l'année.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), MATHÉMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Mécanique</i>	<i>Mechanics</i>
<i>Transport éolien</i>	<i>Aeolian transport</i>
<i>Vitesse</i>	<i>Velocity</i>
<i>Sable</i>	<i>Sand</i>
<i>Écoulement turbulent</i>	<i>Turbulent flow</i>

Bibliographie commentée

L'ensablement constitue l'un des problèmes les plus pernicioeux pour les pays qui occupent le Sahara. En Tunisie, l'avancée du sable a touché une partie importante du pays causant des dommages aux infrastructures et aux terres agricoles [1]. Une perturbation de l'équilibre financier de l'état en résulte. La lutte contre l'ensablement est alors une nécessité environnementale. Elle doit s'appuyer sur des études des mécanismes de transport de grains de sable sous l'action de vent.

Le sable est un milieu granulaire constitué de particules macroscopiques ayant une taille supérieure à quelques dizaines de micromètres [3]. La taille du grain de sable est décrite par une limite inférieure (quelques dizaines de micromètres) en dessous de laquelle le grain a une vitesse de chute inférieure aux fluctuations de l'atmosphère (il va être emporté par le vent), par contre, si la taille est trop grande (supérieure à une taille de l'ordre du millimètre) on n'aura pas de transport ni par impact ni par action de vent [2,3]. Le sable peut montrer de différents aspects (selon le mode suivant lequel on le sollicite) : il peut couler comme un fluide et former des tas par ailleurs (solide qu'on peut lui appliquer les lois de la mécanique de solides) [3]. Ceci s'explique par le fait qu'il est composé d'un nombre très important de particules reliées par des interactions complexes [2].

On peut introduire le mouvement du sable par trois modes de transport : la suspension, la saltation et la reptation [4].

En effet, on peut décrire qualitativement le processus de saltation comme suit : une accélération du

vent se produit simultanément avec une chute de pression ce qui aspire le grain vers le haut [4]. Sous l'action des forces aérodynamiques (une force de traînée et une force de portance), les grains de sable commencent à rouler en faisant des sauts [6]. Pour la mise en mouvement, un seuil en vitesse statique est alors défini. Si l'action de vent est très puissante, les grains en mouvement reçoivent une énergie suffisante pour provoquer le transport d'autres grains lors de l'impact et même si la vitesse du vent descend en dessous de vitesse seuil statique, ces grains continuent à se déplacer d'où l'existence d'un seuil en vitesse dynamique [5].

Comme le vent ne peut pas faire déplacer une quantité infinie de sable, on introduit la notion de flux saturé. D'ailleurs, la théorie de Bagnold propose la dépendance du flux saturé de sable avec la vitesse du vent [6].

Le transport pour une surface de sable plane et lisse et pour des grains homogènes et sphériques peut se modéliser de trois manières :

- 1- Un modèle où on se ramène à la mécanique du point. L'équation différentielle de mouvement est obtenue en appliquant la deuxième loi de Newton sur le grain de sable [5].
- 2- Un modèle développé par Anderson qui conduit à une équation aux dérivées partielles analogue à celle de Burgers dans le cas unidimensionnel [7,8].
- 3- Un modèle d'écoulement turbulent qui utilise l'équation de Navier Stokes qui n'est autre que la loi de Newton appliquée à une particule fluide [8].

L'établissement des équations différentielles est suivi par des techniques de résolution analytique (ou des approximations) et des approches numériques (selon différents schémas numériques).

Problématique retenue

Une bonne connaissance sur le mouvement de sable représente un enjeu majeur pour contrôler l'avancée du sable.

Comment peut-on donc prévoir les trajectoires des grains ? Quels outils doit-on développer pour avoir une meilleure compréhension du mouvement ?

Objectifs du TIPE

- Modélisation : je modéliserai le phénomène de transport de sable via différents modèles physiques : équation différentielle issue du principe fondamentale de la dynamique, équation différentielle aux dérivées partielles issue du modèle d'Anderson, système d'équations différentielles couplées non linéaires (Navier Stokes).
- Résolution analytique : j'essaierai de résoudre ces équations analytiquement en moyennant certaines approximations.
- Résolution numérique : j'appliquerai plusieurs schémas numériques pour résoudre les modèles les plus compliqués.
- Expérience : illustration expérimentale du phénomène.

- Comparaison entre les différentes approches.

Abstract

The formation and migration of sand dunes is a serious problem for some areas affected by desertification and silting. Thus, a good knowledge of wind dynamics seems necessary. Starting from the physics on the grain scale, the study deals with the mechanism of movement of sand grains under the action of the wind. It presents three approaches modelling the saltation process which is the main transport mechanism of grain in air flow. The understanding of this phenomenon is still incomplete but remains greatly improved by numerical simulation.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] MERIEM KHADRAOUI : Ensablement au sud : quand la nature se révolte contre les abus de l'homme : *Mardi 20 Janvier 2015* <https://www.babnet.net/cadredetail-98474.asp>
- [2] ADELIN PONS : Le sable et le vent : *Février 2007*
http://www.geologie.ens.fr/~adeline_pons/public/doc/projet-sable.pdf (lu juin 2018)
- [3] BRUNO ANDREOTTI, YOËL FORTERRE ET OLIVIER POULIQUEN : Les milieux granulaires : entre fluide et solide : (extrait de l'ouvrage) *SAVOIRS ACTUELS. EDPSciences/CNRSÉDITIONS. 2011*
<https://ec56229aec51f1baff1d-185c3068e22352c56024573e929788ff.ssl.cf1.rackcdn.com/attachments/original/1/6/6/002603166.pdf>
(lu Septembre 2018)
- [4] ELLIS J.T. ET SHERMAN D.J. : Fundamentals of Aeolian Sediment Transport: Wind-Blown Sand : *Treatise on Geomorphology. Volume 11. Editeur : John F. Shroder. 2013*
https://www.researchgate.net/publication/281665631_Fundamentals_of_Aeolian_Sediment_Transport_Wind-Blown_Sand (lu Octobre 2018)
- [5] PASCAL HERSEN : Morphogenese et Dynamique des Barchanes : *Université Paris-Diderot - Paris VII, 2004.* <https://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/77/86/PDF/tel-00008602.pdf>
(lu novembre 2018)
- [6] H.J.HERMANN : Aeolian transport and dune formation :
<http://www.comphys.ethz.ch/hans/p/395.pdf> (lu Janvier 2019)
- [7] ROBERT S. ANDERSON : A theoretical model for aeolian impact ripples :
http://geosci.uchicago.edu/~kite/doc/Anderson_MFRP_2012_Sedimentology_1987.pdf
(lu Décembre 2018)
- [8] FRANÇOIS RIOUAL : Etude de quelques aspects du transport éolien des matériaux granulaires: Processus de saltation et formation des rides : *Université Rennes 1, 2002.* <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00199032/document> (lu Novembre 2018)

DOT

- [1] Juin 2018, lire des documents scientifiques en rapport avec le sujet.
- [2] Juillet 2018, réussir à comprendre globalement le sujet.
- [3] Septembre 2018, fixation des modèles à traiter, discussion avec Monsieur Claude Deschamps,

détermination de l'équation de mouvement de grain de sable en appliquant la deuxième loi de Newton.

[4] Octobre 2018, deuxième modélisation du phénomène à partir d'une équation différentielle aux dérivées partielles.

[5] Décembre 2018, maîtrise de Transformée de Fourier pour la résolution analytique du deuxième modèle.

[6] Janvier 2019, discussion à propos de sujet avec Monsieur Edouard-Roger Tantart.

[7] Février 2019, troisième modélisation à partir de l'équation de Navier-Stokes dans le cadre de la mécanique de fluides.

[8] Mars, Avril, Mai, Juin 2019, préparation de la présentation en contactant Monsieur Edouard-Roger Tantart.

Modélisation de la locomotion rectiligne d'un serpent.

Modélisation de différents modes de locomotion du serpent

Les serpents sont des animaux polyvalents du fait qu'ils peuvent se déplacer sur différents types de surfaces sur lesquelles les véhicules à roues se déplacent difficilement. Ceci nous a incité à décrire certains modes de mouvement d'un serpent afin de comprendre les raisons de cette polyvalence

Les modes de déplacement du serpent peuvent avoir un apport remarquable à la robotique, permettant le transport tout-terrain en minimisant les restrictions sur la taille du véhicule. Ainsi, la compréhension et la modélisation du déplacement du serpent peuvent contribuer à la conception d'une nouvelle génération de robots.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>locomotion sans membres</i>	<i>limbless locomotion</i>
<i>locomotion bio-inspirée</i>	<i>bio-inspired locomotion</i>
<i>dynamique du robot</i>	<i>robot dynamics</i>
<i>robots serpentiformes</i>	<i>snakelike robots</i>
<i>équations de Newton-Euler</i>	<i>Newton-Euler equations</i>

Bibliographie commentée

Le biomimétisme a été durant les dernières décennies un moyen accessible à l'humain pour plus comprendre la nature et ainsi pouvoir répliquer ses nombreux bienfaits. Ceci est principalement dû à l'avancée technologique fulgurante qui s'est produite tout au long du dernier siècle. En effet, et malgré le fait que le biomimétisme en tant que principe remonte à l'antiquité, il est indéniable que le domaine resta majoritairement inexploré jusqu'à la fin du dix-neuvième siècle. Les premiers essais étaient évidemment beaucoup moins avancés que ce que la technologie a pu offrir en termes de résolutions. Le biomimétisme se préoccupe aujourd'hui de la description exacte des mouvements de certains animaux dont le mouvement était autrefois un mystère pour l'être humain. Les amphibiens et les reptiles ont été des additions très importantes et qui ont eu un intérêt sur le plan pratique pour le développement de nouveaux robots plus aptes à se déplacer sur différents terrains avec un minimum de restrictions et ainsi offrir de nouvelles possibilités pour pousser les moyens de transport un cran plus loin. Dans ce cadre s'inscrit le mouvement du serpent, mouvement relativement inexploré et dont le potentiel semble à première vue outre mesure. En effet, le serpent présente une polyvalence inégalée où la liberté du mouvement est d'autant plus accessible que les modes de locomotion sont variés .

Le serpent présente principalement quatre modes de déplacement: la locomotion rectiligne, mouvement très lent mais qui présente néanmoins l'avantage d'être on ne peut plus silencieux et ainsi permet au serpent d'être un bon prédateur. Un autre intérêt est la polyvalence incommensurable de cette méthode de locomotion, elle permet en effet de traverser les différents types de terrain. Historiquement, ce mode de déplacement a suscité une vaste recherche compte tenu de l'intérêt capital qu'il pourrait présenter en robotique. En effet, un robot se déplaçant suivant ce mode présenterait des possibilités de déplacement tout-terrain ce qui n'est pas précédé pour des robots munis de roues. De plus, compte tenu des mécanismes qui sont derrière cette locomotion, les robots ont tendance à avoir des éléments moteurs répétitifs ce qui rend le robot plus robuste face aux défaillances mécaniques. Cette recherche a fait appel à plusieurs modèles extrêmement différents du point de vue de la complexité mais qui nécessitent néanmoins une simulation[1]. Certains se basent sur des approximations qui ramènent le mouvement à un mouvement unidimensionnel[2] suivies d'une étude mécanique classique[2] où le mouvement est rapproché à une succession de ressorts et dont les coefficients de frottement sont choisis pour coïncider avec les expériences menées sur les serpents[2], tandis que d'autres se concentrent sur l'aspect énergétique du mouvement et se basent dans cette étude sur des Contraintes Holonomiques Virtuelles [3] et d'autres préfèrent une approche lagrangienne en étudiant les champs de vecteurs de contrôle ainsi que plusieurs matrices Jacobiennes pour optimiser les calculs et résolvant l'équation d'Euler-Lagrange [4],[5].

Le second mode de mouvement est le la locomotion en concertina. Sujet de moins de recherches compte tenu du manque d'intérêt pratique à l'implémentation du mouvement en robotique. Néanmoins, on peut modéliser le mouvement par un mouvement unidimensionnel et en effectuant une étude mécanique des plus classiques. [6]

Le dernier mode auquel on s'intéressera est l'ondulation latérale. Cette méthode de locomotion est très pratique car elle offre un déplacement tout-terrain sans pour autant présenter l'inconvénient d'être un mouvement extrêmement lent. Ce mouvement est le mieux modélisé par des robots munis de roues et la modélisation se fait en présence de contraintes non holonomiques [7].

Problématique retenue

Les différents modes de locomotion du serpent peuvent présenter un grand intérêt à la robotique car ils présentent de nombreux avantages du point de vue de la motricité et des degrés de liberté. L'enjeu est donc de modéliser différents modes de locomotion du serpent et de simuler ensuite chaque mouvement.

Objectifs du TIPE

l'objectif principal de mon TIPE est de modéliser les trois modes de locomotion choisis, c'est-à-dire la locomotion rectiligne, la concertina et le déroulement latéral. S'ensuit alors une simulation de chacun de ces types de mouvement.

Abstract

The main goal of this study is to model a snake's rectilinear locomotion through dynamically studying its body and hypothetizing various constraints to facilitate the study where we use the lagrangian theory. This study can come in handy as snake robots offer much more freedom than legged robots and as such being able to program them and control them can lead to huge improvements in terms of mechanical engineering and freedom of motion for robots which then implies better energy economy and lower consumption which ultimately results in higher quality robots

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] RENAUD AUBIN : Contribution à l'étude, à la simulation et à la commande d'un robot de type serpent : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00437990>
- [2] HAMIDREZA MARVI, JACOB BRIDGES ET DAVID L. HU : Snakes mimic earthworms: propulsion using rectilinear travelling waves : <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsif.2013.0188>
- [3] SHUGEN MA : Analysis of Snake Movement Forms for Realization of Snake-like Robots : [10.1109/ROBOT.1999.774054](https://doi.org/10.1109/ROBOT.1999.774054)
- [4] EHSAN REZAPOUR : Model-based Locomotion Control of Underactuated Snake Robots Trondheim : https://www.researchgate.net/profile/Ehsan_Rezapour/publication/274078689_Model-based_Locomotion_Control_of_Underactuated_Snake_Robots_-_Presentation/data/55153d1f0cf2d70ee26fe018/PhD-Presentation.pdf
- [5] EHSAN REZAPOUR, KRISTIN Y PETTERSEN, PÅL LILJEBÄCK, JAN T GRAVDAHL ET ELENİ KELASIDI : Path following control of planar snake robots using virtual holonomic constraints: theory and experiments : <http://www.jrobio.com/content/1/1/3>
- [6] HAMIDREZA MARVI ET DAVID L. HU : Friction enhancement in concertina locomotion of snakes : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3479897/>
- [7] SHAUKAT ALI : Newton-Euler Approach For Bio-Robotics Locomotion Dynamics: From Discrete To Continuous Systems : *THESIS N° 2011EMNA0001*

DOT

- [1] *Prise de contact avec l'ingénieur Tarek Salhi, diplômé de l'école des mines et dont le PFE concerne la conception d'un robot serpent*
- [2] *Prise de contact avec le professeur du lycée Saint-Louis, Edouard Tantard qui a aidé pour fixer les objectifs.*
- [3] *Prise de contact avec l'ancien professeur au lycée Louis-le-Grand Claude Deschamps qui fut d'une grande aide pour la résolution d'équations autrement très difficiles.*
- [4]

Modélisation et simulation d'un générateur thermoélectrique

Il est communément admis que les sièges d'un véhicule garé deviennent très chauds et inconfortables en été. C'est dans cette optique que j'ai choisi de travailler sur les générateurs thermoélectriques qui sont éco-responsables et peuvent être utilisés pour la transformation de cette chaleur en énergie électrique.

Le générateur thermoélectrique est basé sur l'effet Seebeck qui couple un phénomène de transport de chaleur et un phénomène de transport d'électricité dans différents matériaux. En cela, mon travail sera en adéquation avec le thème de cette année.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Thermoélectrique</i>	<i>Thermoelectric</i>
<i>Générateur thermoélectrique</i>	<i>Thermoelectric generator</i>
<i>Gradient de température</i>	<i>Temperature gradient</i>
<i>Effet Seebeck</i>	<i>Seebeck effect</i>
<i>Gradient de potentiel</i>	<i>gradient of potential</i>

Bibliographie commentée

Il est connu que la cabine et le siège-auto d'une voiture garée exposée au soleil deviennent extrêmement chauds surtout pendant un jour d'été, pouvant dépasser respectivement des températures de 60 ° C et 90 ° C.

C'est dans ce cadre que le générateur thermoélectrique TEG se présente comme solution viable pour récupérer cette chaleur libérée. En effet, il est capable de générer de l'énergie électrique à partir de cette énergie solaire, en plus d'être une bonne alternative à la surexploitation des ressources naturelles polluantes telles que le pétrole, le charbon et le gaz naturel qui ont plusieurs impacts nocifs sur l'environnement [1] [2].

Les phénomènes thermoélectriques sont décrits par trois effets découverts au début du XIXe siècle.

L'effet Seebeck découvert par Thomas Seebeck en 1821 traduit le fait qu'une différence de potentiel apparaît à la jonction de deux matériaux soumis à une différence de température. L'effet Peltier découvert par Jean Peltier en 1934 met en évidence le fait que lorsque l'on fait passer un courant électrique dans un circuit formé par deux matériaux conducteurs de natures différentes, l'une des jonctions se refroidit alors légèrement (absorption de chaleur), tandis que l'autre se réchauffe (dégagement de chaleur). Et l'effet Thomson, découvert par William Thomson en 1851 décrit les effets cités ci-dessus mais dans un matériau homogène et en absence de jonctions [2] [3].

Un élément de générateur thermoélectrique est formé par deux jonctions de semi-conducteurs l'un de type p, l'autre de type n. Lorsque ces jonctions sont portées à des températures différentes T_c et T_f avec $T_c > T_f$, il apparaît un courant électrique. Le générateur thermoélectrique est formé par la réunion de ces éléments de façon à ce que les jonctions à la température T_f soient reliées entre elles, de même pour les jonctions à T_c , il s'agit d'une mise en parallèle « thermodynamique », par contre électriquement, ces éléments sont en série [4].

Dans un générateur thermoélectrique, il y a deux formes de transport couplées, à savoir un transport de charge et un transport d'énergie thermique. Ce couplage se traduit dans les équations d'Onsager.

Les équations d'Onsager relient linéairement les vecteurs densités de courant d'énergie thermique et électrique à ce qu'Onsager appelle les forces thermodynamiques qui traduisent les effets de la température et du potentiel électrique [5].

Étant obtenues par linéarisation, ces équations ne restent valables qu'à proximité de l'équilibre.

Économiquement, un générateur thermoélectrique est caractérisé par son rendement: c'est le rapport de l'énergie électrique fournie à la quantité de chaleur donnée par la source chaude. On introduit pour cela un facteur de mérite ZT pour le couple et même un coefficient de qualité pour chaque matériau [6].

Problématique retenue

Comment peut-on optimiser le rendement de conversion d'un générateur thermoélectrique ?

Objectifs du TIPE

- Modélisation du couplage thermoélectrique dans un générateur thermoélectrique en utilisant les équations d'Onsager.
- Résolution numérique de ces équations.
- Calcul du rendement de conversion d'un générateur thermoélectrique.
- Réalisation d'une expérience.

Abstract

In order to understand the emission and heat absorption at the junctions, we can analyze the thermoelectric module in the light of the band structure of the materials.

We will now be interested in calculating the conversion efficiency of thermoelectric materials. In the context of an optimization of the yield by acting only on the properties of the material, we will see that it is possible to focus on a single dimensionless parameter, the figure of merit zT .

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] DAVID YAN : Modeling and Application of a Thermoelectric Generator :
https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/31648/3/Yan_David_201111_MASc_thesis.pdf
- [2] ROUX-BRIFFAUD JONAS : La Thermoélectricité :
http://www.univnantes.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHER=1227128936576&ID_FICHE=1329&INLINE=FALSE
- [3] YEHEA ISMAIL, AHMED AL-ASKALANY : Thermoelectric Devices Cooling and Power Generation :
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1403/1403.3836.pdf>
- [4] LUC ANDREA : Modélisation du transport thermique dans des matériaux thermoélectriques :
<https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01347209v2/document>
- [5] PATRICK PUZO : Thermodynamique classique : *chapitre 15*,
https://users.lal.in2p3.fr/puzo/thermo/cours_thermo.pdf
- [6] NGENDAHAYO AIMABLE : : DESIGN, MODELING, AND FABRICATION OF THERMOELECTRIC GENERATOR FOR WASTE HEAT RECOVERY IN LOCAL PROCESS INDUSTRY :
<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2454334/Ngendahayo%2C%20Aimable.pdf?sequence=1>

DOT

- [1] *Août 2018: Lecture de l'article "La thermoélectricité" de Roux-Briffaud Jonas*
- [2] *Octobre 2018: Lecture de la thèse de Luc Andrea afin de mieux comprendre la relation d'Onsager*
- [3] *Décembre 2018: Rencontre du professeur Edouard Tantart*
- [4] *Janvier 2019: Réalisation de l'expérience permettant l'observation des effets thermoélectriques à l'aide des cellules Peltier*
- [5] *Février 2019: Implémentation du code python*

Le téléphone : ce transporteur d'informations révolutionnaire

Le smartphone est probablement l'invention qui a le plus révolutionné le 21ème siècle. Bien que son utilisation soit désormais ancrée dans notre quotidien, je demeure émerveillé face à sa fonctionnalité la plus basique : téléphoner. J'ai ainsi envisagé de reproduire le téléphone d'Alexander Graham Bell.

En lien direct avec le thème de TIPE de cette année, il s'agit d'une solution technologique permettant le transport de l'information. Je proposerai dans ce cadre une étude mettant en exergue l'évolution fulgurante que les téléphones ont pu parcourir en tant que moyen de télécommunication.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), MATHÉMATIQUES (Analyse), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Positionnement thématique (phase 3)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), MATHÉMATIQUES (Analyse), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Téléphone</i>	<i>Telephone</i>
<i>Les équations des télégraphistes</i>	<i>Telegrapher's equations</i>
<i>Signal électrique</i>	<i>Electrical signal</i>
<i>Prototype du téléphone d'Alexander Graham Bell</i>	<i>Alexander Graham Bell's Telephone Prototype</i>
<i>Bande passante</i>	<i>Bandwidth</i>

Bibliographie commentée

Depuis l'antiquité, l'Homme a toujours essayé d'optimiser le transport de l'information en termes de vitesse et de fiabilité. Tout a commencé avec des systèmes primitifs comme les torches et les signaux de fumée, et bien d'autres plus tard, comme les courriers et les pigeons voyageurs.

Vers la fin du 18ème siècle, le télégraphe optique de Claude Chappe apparaît et le premier réseau organisé de télécommunication fut ainsi établi. Au début du 19ème siècle, il a été remplacé par le télégraphe électrique. Depuis lors, le domaine des télécommunications évolue à un rythme vertigineux.

L'une des inventions phares qui ont marqué l'histoire est le téléphone. Ce petit miracle

technologique a suscité des controverses dès sa naissance. En effet, la « paternité » du téléphone est à l'origine de plusieurs débats et procès autour de la reconnaissance de la contribution de plusieurs scientifiques : les brevets d'Alexander Graham Bell et Elisha Gray ainsi que le rôle d'Antonio Meucci (reconnu notamment par la chambre des représentants aux Etats Unis) [1][2].

Le principe du fonctionnement est le suivant : un fil fixé en bas d'une membrane est ajusté de sorte qu'il touche à peine une solution acide. Le tout est intégré dans un circuit où se trouve un récepteur (comme l'a dessiné Alexander Graham Bell dans son carnet de laboratoire) [3]. Les mots prononcés au-dessus de la membrane la font vibrer, la surface de contact varie ainsi, et avec elle la résistance du circuit. Les variations de courant résultantes dans le dispositif reproduisent les sons d'origine. Pour modéliser ce système, l'équation de télégraphistes peut être utilisée.

En effet, un fil conducteur parcouru par un courant fait apparaître des grandeurs physiques comme l'inductance, la capacité électrique, la résistance et la conductance. Le prototype peut alors être modélisé par un circuit contenant les différents composants électriques usuels (condensateur, résistance, etc.). Cette expérience est mise en équation grâce à l'équation des télégraphistes. Cette dernière fait appel aux dérivées partielles, dont la variable est le potentiel V , et décrit la propagation réelle du signal électrique dans un milieu. Ainsi, elle tient compte de l'atténuation [4].

La résolution la plus précise de cette équation se base sur la notion des éléments finis qui utilise une formulation variationnelle très poussée, sortant complètement du cadre de CPGE. Il en est de même pour la méthode analytique basée sur une transformée de Fourier [5][6]. D'autres méthodes plus abordables sont toutefois proposées, analytiques et numériques.

Analytiquement deux méthodes peuvent être envisagées. La première consiste à supposer que la solution est modulée par un terme exponentiel ($\exp(-ax)$). On a alors un potentiel qui s'écrit selon la formule suivante : $V(x,t)=\exp(-ax).V(x-ct)$ avec c la célérité de propagation et a le coefficient d'amortissement. Cette méthode est intéressante car elle va introduire la condition de Heaviside [7].

L'autre méthode analytique, plus élaborée, consiste à transformer l'équation des télégraphistes par des changements de variables pour ainsi obtenir l'équation de Klein Gordon [8].

Numériquement, et moyennant un code sous Python, la technique la plus courante est celle des différences finies. Le principe est de discrétiser l'espace et l'intervalle de temps pour fournir des valeurs approchant la solution [9].

Enfin, une comparaison (certainement injuste) entre le prototype réalisé et les téléphones récents s'impose. Une étude des bandes passantes et d'encombrement peut être établie afin de mettre en exergue l'évolution de la téléphonie (mesures expérimentales, détection des signaux par oscilloscope, visualisation des courbes, etc.) [10].

Problématique retenue

Malgré l'utilisation banalisée des téléphones, la curiosité scientifique pourrait poser les questions suivantes :

- Comment ce dispositif peut-il transporter l'information ? Quels sont les mécanismes physiques sous-jacents ?
- Quelle première comparaison peut-on faire entre le téléphone du 19ème siècle et le téléphone moderne ?

Objectifs du TIPE

Mes objectifs personnels liés aux travaux du TIPE couvrent les suivants :

- J'ai reconstitué le prototype du téléphone d'Alexander Graham Bell, afin de bien appréhender le fondement physique de cette invention.
- Je vais modéliser le transport du signal électrique dans le téléphone avec l'équation des télégraphistes, qui constitue une référence incontournable permettant de poser un cadre théorique adéquat.
- Je vais résoudre cette équation aux dérivées partielles en utilisant des méthodes analytiques et numériques. Cela fait appel à des fondements mathématiques ainsi que des compétences informatiques.
- Je compare entre la bande passante du prototype et un smartphone.

Abstract

One of the first working devices that made transmitting sound possible is the telephone. To better understand how it works, I had to recreate the prototype that Alexander Graham Bell made.

This was difficult because many pieces were not available and I had to make them from scratch. After assembling the device and making sure that it functions, I found out that the telegrapher's equations can be an interesting mathematical model. The next step was to find a solution using analytical and numerical methods. Finally, I tried to figure out some notions like frequencies and bandwidth.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] <https://patents.google.com/patent/US174465?q=alexander+graham+bell>
- [2] <https://www.loc.gov/item/magbell.12300204/>
- [3] <https://www.loc.gov/resource/magbell.25300201/?sp=22>
- [4] ÉTIENNE THIBIERGE : Propagation Des Ondes : http://www.etienne-thibierge.fr/agreg/ondes_poly_2015.pdf
- [5] DAVID MANCEAU : Résolution pratique des équations aux dérivées partielles :

<http://d.p.manceau.free.fr/RPEDP/RPEDP.pdf>

[6] JEAN-MICHEL BONY, YVAN MARTEL : Analyse de Fourier, analyse spectrale et équations aux dérivées partielles : <https://gargantua.polytechnique.fr/siatel-web/linkto/mICYYYSHidY6>

[7] LUC LASNE : La belle équation des télégraphistes :
https://luc lasne.files.wordpress.com/2018/01/cours_05_luc_lasne3.pdf

[8] ANDERSEN M. S. ANG : Solving Telegrapher's Equation by Klein-Gordon Equation :
https://angms.science/doc/EM/EM_21_SolvingTelegrapher.pdf

[9] GRÉGOIRE ALLAIRE : Transport et diffusion : Methodes numériques :
<http://www.cmap.polytechnique.fr/~allaire/map567/PAEnergie5.pdf>

[10] http://partnerarea.konftel.com/Global/PDF/BetterMeetings/Network-and-soundquality/Network-and-soundquality_ES.pdf

DOT

[1] *Décembre 2017, des recherches sur Google autour des « inventions historiques » en lien avec le thème du transport (plus particulièrement le transport de l'information). Décision immédiate pour reproduire le téléphone d'Alexander Graham Bell.*

[2] *Début juin 2018, rencontre avec un tourneur pour construire les pièces nécessaires pour le prototype : échanges sur la conception et les difficultés matérielles.*

[3] *Mi-juin 2018, le dispositif est prêt, échec des premières tentatives.*

[4] *Fin juin 2018, rencontre avec un réparateur d'appareils électriques pour résoudre l'un des problèmes. Le technicien m'a précisé que les fils en cuivre, même nus, sont couverts d'une couche isolante qu'il faut gratter. Il m'a également prêté un multimètre pour tester la continuité électrique du dispositif.*

[5] *Début juillet 2018, nouveau test concluant, le prototype fonctionne.*

[6] *Février 2019, résolution analytique de l'équation des télégraphistes et début de travail sur la résolution numérique*

[7] *Mai 2019, prise de contact avec The Telecommunications History Group pour déterminer la bande passante du téléphone d'Alexander Graham Bell.*