

Les cellules photovoltaïques organiques

D'après l'International Energy Agency, le besoin mondial en énergie renouvelable surviendra entre 2010 et 2030. C'est fort de ce constat que j'ai jugé intéressant de présenter une étude des cellules photovoltaïques organiques concernant leurs modes de transformation d'énergie solaire en énergie électrique.

Le sujet met en exergue les interactions entre les cellules photovoltaïques organiques et la lumière solaire puis l'influence des différences énergétiques de l'interface entre deux composés sur les porteurs de charge dans la cellule photovoltaïque organique laquelle constituera notre milieu d'étude.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Silicium</i>	<i>Silicium</i>
<i>Photovoltaïque</i>	<i>Photovoltaic</i>
<i>Gettering</i>	<i>Gettering</i>
<i>Hydrogénation</i>	<i>Hydrogenation</i>
<i>Défaut étendu</i>	<i>Extended defect</i>

Bibliographie commentée

Le monde fait face à un besoin énergétique sans cesse croissant et cela pousse les puissances économiques de ce monde à s'investir dans une quête d'énergies plus favorables économiquement et moins polluantes pour la couche d'ozone surtout. Ainsi on assiste à l'émergence de filières basées sur les énergies renouvelables comme la filière photovoltaïque qui connaît depuis 20 ans des taux de croissance à deux chiffres. Cette filière autrefois centrée sur la matière inorganique réalise que l'effet photovoltaïque s'obtient plus aisément et à faible coût à partir de matériaux formés de molécules organiques qui s'avèrent aussi être plus durables dans le temps.

C'est à cet effet que naît en 2003 le projet Desertec, un concept éco-énergétique européen (sous direction allemande) qui envisage la production d'énergie renouvelable dans la zone nord Afrique afin de subvenir fortement aux besoins en électricité des pays maghrébins. Ceci étant, l'on assiste à la mise en place de plate-formes éoliennes et de centrales photovoltaïques propices au contexte météorologiques (très ensoleillé) que connaissent ces régions. La Terre capte une partie de la

puissance émise par le Soleil ($1,76 \cdot 10^{17} \text{W}$) et cette puissance est infiniment plus élevée que la puissance nécessaire au monde mais le seul obstacle à surmonter est le rendement médiocre des cellules photovoltaïques [1]. Afin d'y remédier deux échelles d'étude sont envisageables: une perspective macroscopique et une autre microscopique.

Sur le plan macroscopique, tout module photovoltaïque présente une structure multicouche de matériaux semi-transparents favorisant la transmission optique et chaque matériau revêt des caractéristiques qui lui sont propres [2,4]. Pour ce faire, la cellule reçoit le rayonnement solaire conformément aux lois de Fresnel, l'ensemble du rayonnement parvenu est soit absorbé soit transmis ou réfléchi selon l'indice de milieu de chaque couche. Ensuite, il y a photoconversion du fait de la diffusion thermique qui a lieu au sein de la cellule conformément à l'équation de la chaleur. Cette équation de la chaleur intègre plusieurs processus physiques comme la conduction thermique, le rayonnement électromagnétique et le transfert conducto-convectif [2].

Sur le plan microscopique, la cellule photovoltaïque généralement un semi-conducteur composé essentiellement de silicium [3], comporte des fractures dits défauts entre des blocs de liaisons moléculaires ce qui atténue la productivité de la cellule du fait des électrons libres qui y circulent. De part l'apport de composés externes à la cellule autrement dit d'impuretés l'on assiste à l'établissement d'interactions impuretés-défauts et impuretés-impuretés ce qui fluidifie et améliore la production d'électricité au sein de la cellule photovoltaïque [1,5]. En procédant ainsi selon ces deux échelles l'on parvient à une production plus optimale de la cellule photovoltaïque organique.

Problématique retenue

Le rendement de la cellule photovoltaïque organique est conditionné par les interactions entre les impuretés et défauts du réseau atomique et par l'influence de l'indice du milieu. Peut-on améliorer ce rendement selon une approche macroscopique ? Aussi selon une approche microscopique ?

Objectifs du TIPE du candidat

Afin d'améliorer le rendement d'un module photovoltaïque je me propose de travailler sur deux axes :

Approche macroscopique :

1-Obtenir une équation de la chaleur généralisée via la modélisation d'une cellule photovoltaïque contenant plusieurs couches de matériaux différents séparés par des interfaces.

2-Résoudre cette équation aux dérivées partielles pour obtenir la distribution de température dans le système.

Approche microscopique :

Montrer l'effet des interactions impureté-dislocation , impureté-impureté au sein d'un semi-

conducteur.

Expérience : J'ai commencé à contacter quelques laboratoires d'énergie photovoltaïque en Tunisie afin de faire une visite.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] SÉBASTIEN DUBOIS : Influence des interactions impureté-défaut et impureté-impureté sur le rendement de conversion des cellules photovoltaïques au silicium cristallin : *Thèse de doctorat/Le 30 mai 2007 /Ecole Doctorale Physique et Sciences de la Matière*
.http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/39/075/39075115.pdf
- [2] LUCAS WEISS1,2,, MOHAMED AMARA , FABIEN LUBINEAU AND CHRISTOPHE MENEZO :
Modelisation du productible d'un module photovoltaïque en silicium cristallin en fonction des contraintes climatiques : *http://www.sft.asso.fr/Local/sft/dir/user-3775/documents/actes/Congres_2014/Communications/8999.pdf*
- [3] MATTHIEU MANCEAU : Impact de la lumière sur la couche active des cellules photovoltaïques organiques. Chimie organique : *Chimie organique.Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2009. Français. . <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00725062/document>*
- [4] Loïc BAILLY : CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ORGANIQUES SOUPLES A GRANDE SURFACE : *Thèse de doctorat .L'UNIVERSITÉ BORDEAUX I ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES CHIMIQUES , soutenue le 03 septembre 2010.*
- [5] JORDI VEIRMAN : Effets de la compensation du dopage sur les propriétés électriques du silicium et sur les performances photovoltaïques des cellules à base de silicium solaire purifié par voie métallurgique : *Autre. INSA de Lyon, 2011. Français. .*

Etude de l'infiltration de l'eau dans le sol

j'habite la Tunisie, et constamment nous parlons d'un manque d'eau pour l'agriculture, ce qui oblige l'état à puiser parfois dans ses réserves. Pour cela, j'ai choisi d'étudier l'infiltration de l'eau dans le sol, qui est un processus d'écoulement permettant l'alimentation des nappes souterraines qui constituent les principaux ressources en eau.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de cette année. En effet, l'infiltration de l'eau dans le sol (milieu matériel) est un phénomène physique conditionné par l'inhomogénéité spatiale de la pression entre différentes couches séparées par des interfaces.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>Infiltration</i>	<i>infiltration</i>
<i>Conductivité hydraulique</i>	<i>hydraulic conductivity</i>
<i>loi de Darcy</i>	<i>Darcy's law</i>
<i>pression</i>	<i>pression</i>
<i>eau</i>	<i>water</i>

Bibliographie commentée

L' infiltration des eaux dans le sol est un phénomène fondamental des écoulements de fluide dans la terre puisqu'il favorise l'alimentation des nappes souterraines et des végétations, tendant ainsi à améliorer la productivité agricole. Mais ce mécanisme peut être néfaste dans le cas où cette eau peut être polluée et risque de contaminer le sol et les réserves hydrauliques des nappes aquifères[5].

Le processus permet ainsi de mettre en évidence le transfert de l'eau à travers les couches du sol. Ce phénomène dépendra notamment des propriétés hydrauliques du sol, c'est à dire de la perméabilité des couches (structure, porosité..), ce qui permet de définir la conductivité hydraulique en milieu saturé [3] qui tiendra compte de ces caractéristiques ainsi que des propriétés du fluide, en l'occurrence l'eau (viscosité)[7],[4].

L'étude revient donc à mettre en évidence le phénomène de diffusion hydraulique dû à une différence de potentiel de pression [4], par analogie avec la différence de potentiel électrique, conduisant ainsi au transfert de l'eau des zones où le potentiel de pression est élevée vers les zones où le potentiel de pression est plus faible, tendant ainsi à homogénéiser la pression dans le sol. La mise en évidence du phénomène passe par l'établissement de l'équation de conservation de la masse

(ou équation de continuité) [1] et d'une loi expérimentale dite "Loi de Darcy "[7][6]. Cette loi possède en réalité pas mal d'applications[7], notamment dans les travaux publics de construction, de transport et dans la prévision de la circulation de l'eau provenant des précipitations . Cette loi, applicable sous certaines conditions [2] mènera à l'établissement de l'équation finale aux dérivées partielles [3] régissant le mécanisme d'écoulement de l'eau dans le sol [6] dont il sera question de proposer des techniques de résolution.

Cependant, le phénomène est en réalité beaucoup plus complexe parce qu'il mettra en jeu d'autres phénomènes, notamment la notion de rétention hydrique [4] qui permettra par la suite de définir le terme de la capacité capillaire du sol [3] figurant dans l'équation aux dérivées partielles trouvée. Ainsi, les solutions à proposer présenteront une modélisation du mécanisme d'infiltration de l'eau dans le sol.

Problématique retenue

De part l'importance de l'infiltration de l'eau dans l'irrigation des végétations et l'alimentation des nappes souterraines, on peut alors se poser la question :

Comment l'eau peut-elle s'infiltrer dans le sol ? Quels sont les mécanismes et les phénomènes responsables de ce processus ?

Objectifs du TIPE du candidat

Modélisation physique:

- 1- J'essayerai en premier lieu de mettre en évidence le processus d'infiltration de l'eau dans le sol, comme étant une application du phénomène de diffusion hydraulique.
- 2- J'essayerai d'établir les équations aux dérivées partielles régissant ce phénomène.

Résolution analytique:

- 3- Je proposerai quelques méthodes analytiques de résolution des équations trouvées.
- 4 - J'implémenterai un code permettant de visualiser les solutions analytiques trouvées

Résolution numérique:

- 5- Je proposerai une modélisation numérique du modèle proposé en résolvant numériquement l'équation aux dérivées partielles trouvée en utilisant Python avec la méthode de différences finies.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] Bilans fondamentaux du mouvement d'un fluide :

https://perso.limsi.fr/jebali/2A108/Bilans_Fondamentaux.pdf

[2] ANDRÉ MUSY, MARC SOUTTER : Physique du sol :

https://books.google.tn/books?id=eGuqqoyF2bgC&pg=PA83&lpg=PA83&dq=validit%C3%A9+loi+de+darcy&source=bl&ots=gkLSW3gfnv&sig=TCh1e1_48MfMoJEOOxddzlc0S10&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwj255uGofHYAhVBoywKHUIJDCIQ6AEIUTAI#v=onepage&q=validit%C3%A9%20loi%20de%20darcy&f=false

[3] Dynamique de l'eau dans le sol :

https://echo.epfl.ch/files/content/sites/echo/files/shared/PDF/Cours_PHYSIQUE_SOL_Mermoud/04-Dynamique%20de%20l'eau%20du%20sol.pdf

[4] Détermination expérimentale des propriétés hydrodynamiques au voisinage de la saturation :

<http://m2hh.metis.upmc.fr/wp-content/uploads/arch/memoires2001/Paris2001.pdf>

[5] Etude de la dispersion de polluants dans les sols :

<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/2324>

[6] JAUDAT TOUMA : Modélisation des infiltrations dans les sols non saturés :

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/colloques/27022.pdf

[7] Loi de Darcy : https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Darcy

Contrôle non destructif (CND)

Dans certains secteurs d'industrie à haute valeur ajoutée où le coût de production est élevé , on ne peut pas arrêter le processus pour effectuer des opérations de maintenance , le contrôle non destructif (CND) demeure une solution adéquate et peu coûteuse . Pour cela , j'ai choisi d'étudier une méthode utilisant l'ultrasons.

Le principe de contrôle non destructif par ultrasons consiste à envoyer une onde ultrasonore dans le milieu solide à inspecter puis à recueillir et analyser l'onde à l'issue de son interaction avec le matériel , interprétation des signaux reçus permet de détecter tout défaut ou rupture dans la pièce.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), PHYSIQUE (*Physique Ondulatoire*), SCIENCES INDUSTRIELLES (*Traitement du Signal*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Ultrasons</i>	<i>ultrasound</i>
<i>Contrôle non destructif</i>	<i>Non destructive testing</i>
<i>Piézoélectricité</i>	<i>Piezoelectricity</i>
<i>Fissure</i>	<i>Crack</i>
<i>Milieu élastique</i>	<i>Elastic medium</i>

Bibliographie commentée

Le contrôle non destructif est un ensemble de techniques d'analyse utilisées dans l'industrie pour évaluer les propriétés d'un matériau sans lui causer de dommages. Parce que le CND ne modifie pas de manière permanente le milieu inspecté, il s'agit d'une technique très précieuse qui permet d'économiser de l'argent et du temps dans l'industrie[3].

Ils existent plusieurs méthodes de CND ; Magnétoscopie , courants de Foucault , contrôle par ultrasons, je m'intéresserai à cette dernière méthode.

S.Y. Skolov, en Russie , a été le premier à suggérer d'utiliser des ultrasons pour détecter les discontinuités dans les métaux en 1929.[2]

Au cours des 40 années suivantes, une grande partie de l'évolution des techniques ultrasoniques a été liée à l'amélioration de l'instrumentation, et depuis, le contrôle non destructif par ultrasons est devenu une méthode classique de CND qui consiste à émettre et faire se propager une onde sonde puis à recevoir et analyser l'onde réfléchi à l'issue de son interaction avec le matériau, le principe des ultrasons est basé sur le fait que les matériaux solides sont de bons conducteurs des ondes acoustiques, qui ne sont pas seulement réfléchies aux interfaces, mais aussi par des défauts internes

(séparations matérielles, inclusions etc.)[2].

Les ondes acoustiques caractérisent la propagation de perturbations mécaniques au sein d'un milieu élastique, les fréquences comprises entre 16 Hz et 20 kHz correspondent aux ondes sonores (audibles), cette plage varie beaucoup d'un individu à l'autre le domaine des ultrasons commence à partir de 20 kHz (inaudibles par les humains) [4].

Ce n'est qu'en 1870, qu'on a commencé à s'intéresser au monde acoustique avec la publication des travaux de Rayleigh sur les sons : "the theory of sound" où il a étudié et expliqué la propagation des sons dans les différents milieux.

Les moyens de génération et de détection des ondes sonores au-dessus de la gamme audible suivirent peu de temps après, avec la découverte de l'effet piézoélectrique par les frères Curie et Lippmann en 1880 [1] , les frères Jacques et Pierre Curie ont trouvé, qu'une différence de potentiel électrique pouvait être générée en appliquant une pression mécanique sur des plaques découpées de façon particulière à partir de certains cristaux, l'année suivante, Lippmann a découvert que l'inverse était vrai et l'application d'un signal électrique à ces plaques a provoqué une distorsion mécanique .[1]

Le principe de la sonde utilisé de nos jours pour le contrôle non destructif est le suivant : un élément piézoélectrique, excité par une décharge électrique extrêmement courte, transmet une impulsion ultrasonore. D'un autre côté, le même élément génère un signal électrique lorsqu'il reçoit un signal ultrasonore, ce qui le fait osciller. La sonde est couplée à la surface de l'objet à tester avec un liquide ou une pâte de couplage de sorte que les ondes sonores provenant de la sonde puissent être transmises dans l'objet à tester.[2]

Quand le faisceau, traversant l'échantillon de métal, rencontre une discontinuité telle qu'une fissure, une stratification ou une inclusion non métallique, une partie de l'énergie est réfléchi il se produit alors des réflexions multiples et une partie de l'énergie est transmise de nouveau à l'air ce qui permet la détection des défauts.[5]

Problématique retenue

Le contrôle non destructif par ultrasons existe depuis 40 ans et fait partie des multiples méthodes de CND. Comment alors le contrôle non destructif par ultrasons permet d'optimiser la détection des fissures dans un matériau?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose de diviser mon travail en deux étapes :

1_ Je commence par une modélisation physique du processus physique mis en jeu. En effet , j'essaierai de comprendre le fonctionnement des transducteurs acoustiques et de la propagation et réflexion des ondes acoustiques dans les milieux , je réalise alors une expérience de flexion d'une poutre pour détecter les fissures et je vais utiliser Python pour analyser numériquement les données.

2_ Dans une optique d'amélioration de la détection des fissures je me propose d'étudier une technique plus évoluée qui utilise un réseau de transducteurs.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] CHARLES J. HELLIER : Handbook of Nondestructive Evaluation : *CHAPTER 7: ULTRASONIC TESTING*

http://kntu.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/Mechanical/OstadFile/dr_Honarvar2/Handbook.pdf

[2] MICHAEL BERKE : Nondestructive Material Testing with Ultrasonics Introduction to the Basic Principles : <http://www.ndt.net/article/v05n09/berke/berke.pdf>

[3] DETNORSKE VERITAS : NON-DESTRUCTIVE TESTING :

https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/cn/2004-12/99-V820_2004.pdf

[4] A TECHNICAL DOCUMENT ISSUED BY THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1988 : ULTRASONIC TESTING OF MATERIALS AT LEVEL 2 :

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/19/100/19100874.pdf

[5] INSTRUCTOR DR. ALA JAZIRI : introduction to Non-destructive testing techniques :

<https://eis.hu.edu.jo/ACUploads/10526/Ultrasonic%20Testing.pdf>

Modélisation des milieux hétérogènes composites

J'ai toujours eu un penchant pour le domaine de l'aéronautique dans lequel les matériaux composites multicouches jouent un rôle primordial. En effet, l'usage de ces matériaux dans l'aviation ne cesse d'augmenter afin de développer des nouvelles technologies pour les futures générations d'avions.

Mon étude porte sur les matériaux composites stratifiés par conséquent en adéquation avec le thème. Ces milieux multicouches sont caractérisés par des mécanismes de rupture qui peuvent se produire au niveau de l'interface.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Matériaux composites</i>	<i>Composite materials</i>
<i>Modélisation expérimentale</i>	<i>Experimental modeling</i>
<i>Modélisation numérique</i>	<i>Numerical modeling</i>
<i>Rupture à l'interface</i>	<i>Breaking at the interface</i>
<i>Structures composites Sandwich</i>	<i>Sandwich-structured composite</i>

Bibliographie commentée

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles ayant cependant une forte capacité d'adhésion. Cette structure est principalement composée de deux parties : une matrice (une résine thermodurcissable ou une résine thermoplastique) et un renfort généralement constitué d'un matériau fibreux. On note que dans la plupart des cas, le renforcement est plus dur, plus fort et plus rigide que la matrice.

Ces nouveaux matériaux ainsi constitués possèdent des propriétés originales et potentiellement meilleures que celles des différents constituants considérés séparément. De tels matériaux présentent de nombreux avantages. En effet, ils sont plus résistants à la fatigue et à la corrosion, plus légers, présentent des rigidités optimales ainsi qu'un coût réduit et une facilité de mise en œuvre [1].

Comme renforcement, les fibres de verre et les fibres de carbone sont les plus utilisées grâce à leur facilité de production et leurs propriétés mécaniques spécifiques importantes. Les fibres naturelles ont récemment attiré l'attention des scientifiques en raison de leurs propriétés : elles sont résistantes, possèdent des densités relativement basses, ont de faibles coûts et proviennent de ressources renouvelables abondantes [2].

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans divers domaines industriels tels que l'aéronautique, l'automobile, le naval, l'aérospatial et les infrastructures. Leurs performances et comportements dépendent fortement de la technique de fabrication et de mise en œuvre choisie [1,3]. Ainsi, de nombreuses méthodes ont été développées afin de répondre aux différents besoins. De manière générale, la mise en forme de ces matériaux s'effectue par moulage et comporte deux grandes étapes : disposer les fibres et la matrice liquide dans un moule et ensuite solidifier la matrice. Les problématiques associées à ces procédés sont celles du moulage (assurer le remplissage sans bulles) ainsi que celles du dosage correct des constituants nécessaires pour assurer de bonnes propriétés mécaniques [4]. Parmi les différentes méthodes manuelles de fabrication, la technique du moulage au contact utilise de la résine thermodurcissable et s'effectue à température ambiante et à la pression atmosphérique. En effet, un renfort est déposé sur un moule contenant de la résine liquide catalysée pour ensuite, après durcissement, avoir la forme finale souhaitée. Cette procédure de moulage présente plusieurs avantages : large possibilité de formes, aucune limite dimensionnelle et aucun besoin d'un environnement spécifique de travail. Cette technique permet aussi de mettre en œuvre facilement des structures sandwich c'est à dire des pièces stratifiées composées d'une âme comprise entre des parements. Ces structures ont l'avantage de pouvoir à la fois rigidifier et alléger la structure que l'on construit tout en lui conférant de nouvelles propriétés potentiellement supérieures [5].

De plus, comme tout matériau, les composites peuvent être endommagés sous l'action d'une ou plusieurs sollicitations extérieures selon un mécanisme de rupture bien déterminé. Ce mécanisme n'est pas tout à fait simple et plusieurs mécanismes élémentaires peuvent coexister : la rupture des fibres, la rupture transverse et/ou longitudinale de la matrice, la rupture à l'interface fibre-matrice, la rupture à l'interface des différentes couches stratifiées et la rupture de l'âme [6].

Problématique retenue

Quelles sont les performances mécaniques, résistance et rigidité, des structures composites par rapport à celles des structures homogènes ? Et quels sont les différents mécanismes potentiels de rupture ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Mettre en œuvre une modélisation expérimentale d'une ou plusieurs structures composites.
- Effectuer des essais mécaniques de résistance
- Comparer les comportements des structures stratifiées et des structures homogènes
- Réaliser des simulations numériques de vérification
- Analyser la rupture des structures composites : observer et justifier les mécanismes de rupture au niveau des interfaces

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] MARC MARZANO ,PASCAL CELLE : Les matériaux composites : *ANFA, Edition 2014*
- [2] F.C. CAMPBELL : Structural Composite Materials : *Chapitre 1, ASM International, 2010*
- [3] BOB MOFFIT : Composite Materials in Building and Construction Applications : *Présentée à: ACMA's CORROSION, MINING, INFRASTRUCTURE & ARCHITECTURE CONFERENCE,*

Denver, Mai 2013

[4] MUSTAPHA MALHA : Mise en œuvre, caractérisation et modélisation de matériaux composites : polymères thermoplastique renforcé par des fibres de doum : *Thèse de doctorat, UNIVERSITÉ MOHAMMED V – AGDAL FACULTÉ DES SCIENCES Rabat, Mars 2013*

[5] SAFIA SAHRI : Etude du comportement mécanique d'un matériau composite thermoplastique (PP)/Verre : Effet de différents milieux : *Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri De TIZI-OUZOU, Janvier 2012*

[6] CÉDRIC THOMAS : Etude des mécanismes d'endommagement des composites fibres de carbone / matrice polyamide : application à la réalisation de réservoirs de stockage de gaz sous haute pression de type IV : *Thèse de doctorat, l'École Nationale Supérieure Des Mines de Paris, Octobre 2011*

effet de lixiviation sur le béton

J'ai habité la Côte d'Ivoire et j'ai appris que le béton, l'un des matériaux les plus utilisés dans le domaine de la construction, subit des dégradations dont la lixiviation. J'ai voulu par mon Tipe en savoir davantage sur ce phénomène.

L'interaction de granulats (cailloux et sable), d'un liant (ciment) et d'eau donne le béton qui constitue un milieu hétérogène.

La lixiviation du béton entraîne sa fissuration, en d'autres termes la rupture de ses éléments constitutifs. Ainsi mon Tipe est en adéquation avec le thème milieu.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>béton</i>	<i>concrete</i>
<i>lixiviation</i>	<i>leaching</i>
<i>d é g r a d a t i o n p h y s i c o -</i>	<i>physico-chemical degradation</i>
<i>chimique</i>	
<i>propriétés mécaniques</i>	<i>mechanical properties</i>
<i>essais mécaniques</i>	<i>mechanical tests</i>

Bibliographie commentée

Le béton détient une place vitale dans le domaine de la construction car celui-ci fait partie des matériaux les plus utilisés pour la mise en place de plusieurs architectures telles que les ponts, les immeubles, les conteneurs de déchets radioactifs etc. Néanmoins ces ouvrages en béton font face à plusieurs mécanismes de dégradation qui empiètent sur la durée de vie du béton, parmi lesquels on a la lixiviation qui apparaît comme l'un des mécanismes les plus probables à moyen et à long termes [1]. Le béton est un assemblage de granulats (sable et graviers), de ciment et d'eau. En effet on assiste à une réaction chimique entre le ciment et l'eau qui donne naissance à des hydrates. Et à la fin de cette réaction, une fois durci le ciment assure une forte liaison entre les grains de la matière, ce qui confère au béton une résistance. De ce fait vue de l'extérieur le béton paraît

compact, peu poreux. Certains pensent même qu'il est étanche. En réalité le béton est poreux et donc perméable. D'un autre côté l'eau utilisée pour la fabrication du béton ne réagit pas totalement avec le ciment, il reste donc une partie de l'eau à l'intérieur du béton, cette partie de l'eau est appelée solution interstitielle, qui a la capacité de se déplacer au sein de la porosité connectée du béton, elle possède un PH compris entre 13 et 14. Au regard de tout ceci le béton est considéré comme un matériau hétérogène et multiphasique [2].

La lixiviation quant à elle est le phénomène de dégradation du béton par l'action d'un milieu fluide. Ici on intéressera à l'action des liquides (des eaux pures, des eaux douces ou des solutions acides). Une étude a montré que les attaques de lixiviation du béton se font à trois niveaux : la lixiviation de la surface des fissures dans le béton, la lixiviation des surfaces libres sur le béton et la lixiviation de l'intérieur du béton qui est poreux. Ce sont ces deux dernières attaques et leurs effets sur les propriétés chimiques, physiques et mécaniques du béton qui feront l'objet de notre étude. Le processus de lixiviation s'active lorsque la solution interstitielle et la solution extérieure sont en déséquilibres. Ce qui engendre la modification de la composition chimique de la solution intérieure et de la pâte de ciment ainsi que la dissolution de ses composants (dissolution des hydrates). Et à ce stade apparaît la diffusion qui est un phénomène de transport irréversible qui se traduit par la migration des espèces chimiques d'un milieu à un autre. En effet l'écoulement d'un fluide sur une face du béton conduit à une inhomogénéité spatiale des concentrations alors d'après la loi de Fick on assiste à une diffusion. Cette étape va donner une équation de diffusion, équation aux dérivées partielles [3,4].

La lixiviation des bétons par les milieux liquides entraînent bon nombre de conséquences telles que l'augmentation de la porosité due à la dissolution des hydrates de la pâte de ciment, une fissuration conséquente liée à la réorganisation de la structure du béton. Cela conduit par ailleurs à la modification des propriétés mécaniques du béton, on aperçoit une diminution de la résistance à la compression et à la traction, diminution du module de Young [5].

Problématique retenue

Etudier l'effet de lixiviation sur le béton nécessite une compréhension des processus de lixiviation afin d'en déduire les différentes conséquences.

Objectifs du TIPE du candidat

J'étudierai les mécanismes de la dégradation et les modifications que le béton subit en contact avec le milieu fluide et je modéliserai l'un de ces mécanismes qui est la diffusion par une équation aux dérivées partielles.

Ainsi je me propose donc d'étudier les solutions analytiques et numériques, et en utilisant python j'implémenterai ces solutions.

Ensuite j'effectuerai une série d'essais mécaniques comme la compression et la flexion, l'idée est de faire une comparaison sur les propriétés mécaniques entre deux bétons : un béton sain et l'autre lixivié.

Enfin je tenterai de proposer des solutions pour combattre la lixiviation.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] MOUAD JEBLI, BOLESŁAW MIELNICZUK, FRÉDÉRIC JAMIN, CÉLINE PELISSOU, MOULAY SAÏD EL YOUSSEFI : Étude expérimentale de la lixiviation du béton à l'échelle de l'interface pâte de ciment-granulats : *Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France*. <hal-01167695>.
- [2] WEI CHEN : Etude expérimentale de la perméabilité du béton sous conditions thermiques et hydriques variables : *Autre. Ecole Centrale de Lille, 2011.Francais*. < NNT : 2011ECLI0019 >.
- [3] EKSTRÖM, TOMAS : Leaching of concrete : the leaching process and its effects Division of Building Materials : *LTH, Lund University. 2003-01-01*.
- [4] BJÖRN LAGERBLAD : Leaching performance of concrete based on studies of samples from old concrete constructions : *Swedish Cement and Concrete Research Institute September 2001*
- [5] <http://doc.lerm.fr/wp-content/uploads/2013/08/lixiviation-carde.pdf>.
- [6] I. YURTDAS, S. XIE, J. SECQ, N. BURLION, J.F. SHAO, J. SAINT-MARC : Comportement mécanique d'une pâte de ciment pétrolier sous température : effet de la dégradation chimique : *18ème Congrès Français de Mécanique Grenoble, 27-31 août 2007*.
- [7] VIET-HUNG NGUYEN : Couplage dégradation chimique - comportement en compression du béton : *Matériaux. Ecole des Ponts ParisTech, 2005. Francais*. <tel-00011140>.

Etude d'une pale d'une éolienne

Afin d'assurer une transition énergétique durable, le producteur d'électricité en Tunisie mise sur l'exploitation du potentiel éolien. Originaire d'une ville côtière, j'ai décidé de me pencher sur les éoliennes qui transforment l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

Les pales constituent un milieu solide qui peuvent entrer en résonance sous l'effet de l'interaction aérodynamique (excitation cyclique). Ce qui induit une rupture structurelle qui peut arrêter le processus de production de l'électricité.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>résonance</i>	<i>resonance</i>
<i>modes</i>	<i>modes</i>
<i>éolienne</i>	<i>wind turbine</i>
<i>rupture</i>	<i>breakdown</i>
<i>fissures</i>	<i>crack</i>

Bibliographie commentée

Le besoin en énergie croît de plus en plus jusqu'à ce qu'elle a demeuré essentielle. Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement de telle sorte qu'elle ne s'épuise pas. Elles sont généralement issues des phénomènes naturels réguliers. Les sources de ce type d'énergie sont principalement les astres comme le soleil , la lune et la terre.... Ces énergies permettent de produire la chaleur , l'électricité ... Ce caractère renouvelable dépend non seulement de la vitesse à laquelle elle se régénère mais aussi de la vitesse elle se consomme.

On s'intéresse ici à la production de l'électricité à travers les éoliennes. En effet, une éolienne est une machine qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique ou électrique. Les éoliennes atteignent leur puissance maximale pour une vitesse de vent de 50 km/h (14m/s). Si le vent devient plus violent , la machine subit des contraintes plus importantes. Elle est alors freinée grâce à un système de régulation électronique qui lui permet de rester à la puissance maximale atteinte dès les 50 km/h. Au delà de 90 km/h , cette régulation ne suffit plus. L'éolienne est alors stoppée afin d'éviter de subir les charges trop importantes sous peur qu'elle ne les supporte pas[1].

Le principal avantage de cette énergie renouvelable est qu'elle est propre. Lors de son exploitation, elle n'entraîne aucun rejet ou déchet[2]. Mais le grand inconvénient de cette source d'énergie est son inconstance. En effet , le vent ne souffle pas quand on a besoin. La structure même de l'éolienne

présente des formes élancées (mât, pâles) propices à un comportement vibratoire riche en basses fréquences. Le risque de résonance est donc réel et doit être pris en compte dès la phase d'avant projet[3]. Ce phénomène de résonance correspond à un transfert maximale d'énergie de telle sorte que les pales de l'éolienne se cassent. Si on arrive à cette étape on perd cette source et ses énormes avantages à l'humanité.

Problématique retenue

Les éoliennes sont conçues pour résister à des vents forts et présentent donc une sécurité totale. A ce titre, les tempêtes de décembre 1999 (Lothar) ont permis de démontrer la résistance des pales des éoliennes à des conditions extrêmes. Quel est le risque de la rupture des pales d'une éolienne ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Utilisation de principe fondamental de la statique pour déterminer les forces maximales supportées par les pales.
- Application du principe fondamental de la dynamique pour trouver une équation différentielle permettant d'étudier les modes propres.
- Implémentation d'un code python pour résoudre cette équation.
- Analyse de Fourier pour le calcul des modes propres.
- Etude de la résonance d'une pale.

Caractérisation d'une mer recouverte de pétrole par ondes électromagnétiques

Je fus témoin de l'affaire Probo Koala où 500 tonnes d'hydrocarbures toxiques furent déversés dans l'espace maritime ivoirien faisant des milliers de victimes. En l'occurrence, un moyen peu onéreux et précis de détection des nappes de pétrole constitue une aubaine pour la prévention de telles calamités.

L'étude se fait dans un milieu diélectrique (qui est le pétrole), dans le contexte des interactions électromagnétiques et implique une rupture d'avec l'ancien paradigme de détection. On s'intéressera à la diffusion des ondes électromagnétiques par des interfaces naturelles qualifiées de rugueuses et on suppose les milieux homogènes.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés (phase 2)

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

D i f f r a c t i o n *Electromagnetic scattering*
électromagnétique

Modèles asymptotiques *Asymptotic models*

Surfaces rugueuses *Rough surfaces*

Approximation de Kirchhoff *Kirchhoff approximation*

Approximation de l'optique géométrique *G e o m e t r i c o p t i c s*
approximation

Bibliographie commentée

Dans le triste contexte actuel où les pollutions de pétrole sur la surface de la mer sont courantes, la méthode classique de détection consiste à utiliser les hélicoptères voire de petits avions qui sillonnent la mer et d'essayer de localiser des nappes de pétrole à l'aide de jumelles. Cette méthode est très onéreuse et relativement aléatoire quant aux résultats. Les radars actuels ne sont pas suffisamment performants, car ils ont tendance à confondre des nappes de pétrole avec d'autres objets diffusants, comme des films naturels. Alors, la connaissance de la réponse électromagnétique d'un milieu composé des deux interfaces rugueuses {surface de la mer + couche de pétrole} dans le domaine de la télédétection, constitue un moyen de détecter des nappes de pétrole sur la mer peu onéreux et précis, comparativement aux moyens actuels.

Nous voyons donc ici l'intérêt d'étudier le champ réfléchi par ces surfaces (ou interfaces) naturelles. Si l'on pouvait considérer ces interfaces comme planes, le calcul du champ réfléchi serait aisé, car il suffirait d'utiliser les coefficients de Fresnel [1] (toutefois, une simulation sera présentée dans le cas d'une interface inférieure plane). Ces interfaces naturelles ont au contraire la particularité d'être rugueuse (une rugosité que nous formaliserons par le critère de Rayleigh [2]) et c'est ceci qui pose difficulté. Le terme de diffusion est alors utilisé quand les ondes électromagnétiques sont réfléchies par des interfaces rugueuses. De plus, il faut étudier la superposition de ces deux interfaces, ce qui complique un peu plus le problème. Ainsi ce TIPE s'intéresse à la diffusion des ondes électromagnétiques par des interfaces naturelles rugueuses, plus particulièrement, au cas de la superposition des deux interfaces rugueuses et on supposera les milieux homogènes.

Pour réaliser ce travail, nous rechercherons des modèles asymptotiques s'appuyant principalement sur l'Approximation de Kirchhoff [3] et l'Approximation de l'optique géométrique [4]. Il s'agira de méthodes analytiques qui ont l'avantage d'être bien plus rapide que les modèles numériques rigoureux [5](ou exacts) qui sont lourds à mettre en œuvre et dont l'inconvénient majeur est qu'ils nécessitent un temps de calcul et un espace mémoire souvent conséquents. Cependant ces derniers constitueront une référence, qui permettra de valider la méthode analytique rapide.

Problématique retenue

Rechercher un modèle rapide de simulation électromagnétique d'une nappe de pétrole qui, comparé à des mesures en fonction des différents paramètres de terrain, permettra de détecter une pollution de pétrole, et ceci en temps réel palliant ainsi le problème du temps de calcul prohibitif qu'induisent les modèles numériques.

Objectifs du TIPE du candidat

L'enjeu majeur de ce travail est de rechercher une universalité des méthodes (asymptotiques) analytiques. Nous analyserons des méthodes à basse fréquence, à haute fréquence puis des théories unifiées. Nous utiliserons donc des hypothèses simplificatrices (méthodes asymptotiques) afin d'élargir à chaque fois le domaine de validité et de faciliter la mise en œuvre. Nous modéliserons le phénomène de diffusion en dissociant le cas d'une mer contaminée de celui d'une mer propre. Des simulations numériques par comparaison avec une méthode numérique de référence seront effectuées avec le langage python, permettant ainsi de valider le modèle.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] J. OGILVY : Theory of wave scattering from random surfaces : *Institute of Physics Publishing, 1991*
- [2] P.-F. COMBES : Micro-ondes - Cours et exercices avec solutions : *Tome 1 : Lignes, guides et cavités. Dunod, 1996.*
- [3] J. CARON, J. LAFAIT, C. ANDRAUD : Scalar Kirchhoff's model for light scattering from : *Optics*

Communications, vol. 207, pp. 17–28, Juin 2002

[4] J. OGILVY : Theory of wave scattering from random surfaces : *Institute of Physics Publishing, 1991*

[5] N.DÉCHAMPS : Méthodes numériques appliquées au calcul de la diffusion d’une onde électromagnétique par des interfaces naturelles monodimensionnelles : *Thèse de doctorat, Université de Nantes, Nantes, France, Déc. 2014*

Interaction laser/matière: étude physique et simulation numérique

Environ 60 ans après son invention, l'une des plus importantes du XXème siècle, son utilisation est devenu incontournable, notamment dans l'industrie. J'ai alors voulu en savoir davantage sur l'interaction de la lumière issue d'un laser avec un milieu et plus particulièrement sur son utilisation en micro-usinage.

Dans notre cas, le micro-usinage consiste en l'enlèvement de matière d'un milieu solide, avec un laser adéquat, dont les dimensions de la zone affectée sont de l'ordre du micron. Ainsi, la rupture est assurée par cette onde électromagnétique lors de son interaction avec la surface du milieu. Mon type s'inscrit alors dans le thème.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Laser femtoseconde</i>	<i>Femtosecond laser</i>
<i>Impulsion ultra-courte</i>	<i>Ultrashort pulses</i>
<i>Micro-usinage</i>	<i>Micro-machining</i>
<i>Interaction laser-matière</i>	<i>Laser-matter interaction</i>
<i>Diffusion thermique</i>	<i>Thermal diffusion</i>

Bibliographie commentée

Un laser est un dispositif qui émet de la lumière par un processus d'amplification optique basé sur l'émission stimulée du rayonnement électromagnétique. Peu de temps après l'avènement du premier laser à rubis de Theodore Maiman en 1960, des recherches expérimentales sur les effets du laser sur les matériaux ont commencé à apparaître [1]. Les premiers lasers développés étaient trop faibles en puissance et trop instables pour un usage industriel, mais depuis le début des années 60, le domaine des lasers et de la photonique a évolué à un rythme tel que les lasers modernes sont capables de marquer, couper, souder avec une précision remarquable. A mesure qu'ils sont plus puissants et de meilleure qualité, de plus en plus d'applications sont inventées, étudiées et mises en pratique. Le laser Nd: YAG est l'un des principaux laser utilisé dans le traitement des métaux au laser. Il est utilisé couramment pour couper et souder des métaux [1].

Aujourd'hui, la miniaturisation est devenue l'un des problèmes majeurs dans les domaines

scientifiques et industriels, il y a alors un développement accru des micro et nano-technologies. Dans ce contexte, le développement des nouvelles technologies ne peut se faire que par la fabrication de matériaux de la taille d'un micron. Dans l'ensemble des techniques pouvant répondre au besoin de précision et limiter des dommages collatéraux, le laser est mis en avant, notamment le laser femtoseconde (<500 fm) ou à impulsions ultra-courtes [2]. Avec les lasers à impulsion dites longues (>10 ps), la zone affectée thermiquement augmente du fait que l'impulsion soit longue, entraînant une plus grande diffusion thermique et donc des dommages physiques du matériau (endommagement, bavures...) [3]. Mais l'utilisation de ces lasers permet seulement un usinage rapide sans éviter les dommages. L'usinage de matériaux sensibles à la chaleur fait qu'il est alors important d'avoir la plus petite zone affectée thermiquement possible. De là est venu un engouement pour le laser à impulsion ultra-courte.

En effet, le processus d'usinage au laser femtoseconde (c'est le micro-usinage) présente de nombreuses propriétés intéressantes en raison des spécificités de l'interaction laser-matière en régime ultra-rapide [4]. L'interaction laser-matière dans ce régime offre de nombreux avantages : ablation de tout type de matériau, surface affectée au minimum thermiquement, particulièrement avec une mise en forme du faisceau. Lors de l'interaction du laser avec la surface du matériau, il y a éjection de la matière avant qu'il n'y ait une trop grande diffusion thermique permettant ainsi d'avoir une faible zone affectée thermiquement. Par rapport aux autres lasers, les impulsions ultra-courtes sont donc particulièrement adaptées pour le micro-usinage en réduisant les effets secondaires sur des échelles micrométriques tout en améliorant l'efficacité de l'interaction [5]. Il faut rappeler cependant que l'utilisation des lasers femtosecondes réduit la vitesse d'usinage des matériaux.

Problématique retenue

Les contraintes impliquées par la nouvelle mécanique de précision pour la fabrication d'éléments de petites tailles a poussé la communauté des mécaniciens à introduire cette technique d'usinage. Quels sont alors les effets du laser femtoseconde à la surface d'un métal comparés à ceux causés par un laser à impulsions longues ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose d'étudier les effets produits par un laser sur une surface métallique. Pour ce faire :

- Je commencerai d'abord par faire une étude sur le principe de fonctionnement d'un laser
- Ensuite, je comparerai les effets du laser femtosecondes à ceux du laser à impulsions longues : je modéliserai alors le phénomène de diffusion thermique au niveau de l'interface métal-air.
- Enfin, je résoudrai ce modèle avec une approche analytique et une approche numérique en 3D en implémentant un code Python.

Références bibliographiques (phase 2)

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

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

[2] NICOLAS SANNER : Mise en forme programmable de faisceau laser femtoseconde pour le micro-

usinage et la photoinscription de guides d'ondes : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00122731/document>

[3] JOHN LOPEZ : Le micro-usinage par laser et ses applications :

<https://www.photoniques.com/articles/photon/pdf/2012/04/photon201260p46.pdf>

[4] SÉBASTIEN LANDON : Micro- et nano-usinage par laser à impulsions ultracourtes : amélioration de procédés par des méthodes tout optique : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00719223/file/These_-_LANDON_-_archivage.pdf

[5] YOAN DI MAIO : Étude de l'interaction laser-matière en régime d'impulsions ultra-courtes : Application au micro-usinage de matériaux à destination de senseurs : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00994999/document>

Le Réfrigérateur thermo-acoustique

Mon vif intérêt pour l'écologie, le développement durable et l'envie de m'impliquer envers ma planète me pousse à choisir un sujet éco-responsable. En effet, le réfrigérateur thermo-acoustique permettrait de s'affranchir de l'utilisation de certains gaz nocifs employés dans les réfrigérateurs traditionnels ce qui permettra d'en réduire le coût environnemental.

Le réfrigérateur thermo-acoustique peut être modélisé comme un milieu présentant une interaction entre le fluide et l'onde acoustique ce qui va créer une différence de température , ainsi que les interfaces de l'échangeur vont jouer un rôle primordial pour l'amplification des variations de température .

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>réfrigérateur thermo-acoustique</i>	<i>thermoacoustic refrigerator</i>
<i>onde acoustique</i>	<i>acoustic wave</i>
<i>gradient de température</i>	<i>temperature gradient</i>
<i>flux thermo-acoustique</i>	<i>thermo-acoustic flow</i>
<i>amplification optimale</i>	<i>amplification and optimization</i>

Bibliographie commentée

A l'heure où la dégradation de l'environnement s'impose comme une réalité toute technologie visant à diminuer le coût environnemental suscitent un vif intérêt, tel que le réfrigérateur thermoacoustique qui va permettre de s'affranchir de l'utilisation de certains gaz nocifs.

L'effet thermoacoustique est un phénomène qui résulte de l'interaction entre les ondes thermiques se propageant dans un fluide, les ondes acoustiques et un matériau solide. Ce phénomène se traduit dans le réfrigérateur thermoacoustique par un transfert de chaleur entre le fluide et la paroi [2][3][5][6]. Il est exploité par le biais d'un empilement de plaques, très fines et légèrement espacées, placé dans une guide d'onde excité sur ses premières fréquences de résonance par une source acoustique intense, permettant alors de créer une différence de température qui peut être mise à profit en couplant des échangeurs de chaleur avec la face chaude et la face froide de l'empilement [2][3].

Le réfrigérateur thermoacoustique est constitué essentiellement par :

-un fluide

- le stack qui est en fait une superposition de fines plaques, auxquelles les particules de fluide comprimées et dilatées par l'onde acoustique, fournissent de la chaleur à une extrémité tandis qu'ils en reçoivent de l'autre extrémité
- les échangeurs qui ont pour objectif d'améliorer les transferts entre le stack et les parties du tube à refroidir
- un tuyau
- une source qui génère une onde acoustique [3][5][6][8].

Dans un réfrigérateur thermoacoustique et au cours d'un cycle, le fluide est soumis à une onde acoustique générée par une source. Les ondes acoustiques induisent des interactions thermiques entre le gaz et les plaques qui engendrent un flux de chaleur le long de celles-ci de sorte qu'un gradient de température s'établit et se maintient au niveau du stack [1][3][5][7].

Mais le problème qui se présente est que le réfrigérateur thermoacoustique qui utilise une onde stationnaire a un rendement faible et qui ne pourra jamais dépasser une limite intrinsèque. Le dispositif peut être amélioré de plusieurs façons notamment en utilisant une onde progressive et en diminuant les pertes visqueuses au niveau des échangeurs [1][2][3].

Problématique retenue

La compréhension du fonctionnement d'un tel processus ainsi que la manifestation des effets thermo-acoustiques et l'exploration des différentes voies d'optimisation dans ce dernier se révèlent donc avantageuses.

Objectifs du TIPE du candidat

- 1- Analyse fine du dispositif
- 2- Approche ondulatoire et thermodynamique
- 3- Voies d'optimisation
- 4- Modélisation 3D de la diffusion du flux thermique
- 5- Expérience : réalisation du dispositif

je me propose : (1) d'étudier le fonctionnement du réfrigérateur thermo-acoustique à onde stationnaire, (2) déterminer ces voies d'optimisation, (3) développer un modèle 3D des échanges thermiques au sein du réfrigérateur thermo-acoustique et (4) de fabriquer le dispositif

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] BELLABEL FRANÇOIS - DELATTRE FRANÇOIS : Etude et Réalisation d'un réfrigérateur thermoacoustique : http://thermoacoustic.free.fr/Rapport_hq.pdf.
- [2] GAELLE POIGNARD : Etude théorique et expérimentale d'un réfrigérateur thermo-acoustique "compact" : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00319014>
- [3] SERGE DUFFOURD : Réfrigérateur thermoacoustique : Etude analytique et expérimentation en vue d'une miniaturisation : *Ecole centrale de Lyon*, Numéro d'ordre : 2001-06
- [4] GUILLAUME PENELET : Introduction à la Thermoacoustique : *UEP n° AM36B*
- [5] ILORI O.M., MAO X., JAWORSKI A.J : Design of Thermoacoustic Rig for the Analysis of Thermal and Hydraulic Performance of Heat Exchangers in Oscillatory Flow : *Proceedings of the World Congress on Engineering 2013 Vol III, WCE 2013, July 3 - 5, 2013, London, U.K.*

[6] G. POIGNAND , E. JONDEAU , PH. BLANC-BENON , E. GAVIOT , L. CAMBERLEIN , G. PENELET :

Mesure de flux de chaleur dans un réfrigérateur thermoacoustique miniature :

<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/36594/256.pdf?sequence=1>

[7] ROMAIN BEAUPERE, OLIVIER JACTEL, MATHIAS NOWAK, THOMAS NOEL ET LUCAS REMACK : comment faire du froid à l'aide du son ? : *http://www.odpf.org/images/archives_docs/15eme/memoires/gr-18/memoire.pdf*

Contrôle non destructif dans les milieux ferromagnétiques

Aujourd'hui, prendre l'avion est une chose banale. Néanmoins, à chaque fois que je prends l'avion, je ne peux m'empêcher de penser : Et si l'avion crashait ? Ceci m'a amené à la question: comment les techniciens s'assurent de la qualité des pièces et de leur fiabilité?

Les contrôles non destructifs permettent de détecter les inhomogénéités dans les milieux ferromagnétiques en émettant des champs excitateurs et d'évaluer les interactions avec le défaut contenu dans un échantillon à contrôler. Ceci est effectué sans le dégrader.

Mon Tipe porte sur un milieu et ses défauts, il est donc en adéquation avec le thème milieux.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Courants de Foucault</i>	<i>Eddy current</i>
<i>Contrôle non destructif</i>	<i>Nondestructif testing</i>
<i>Champs magnétiques</i>	<i>Magnetic field</i>
<i>Milieux ferromagnétiques</i>	<i>Ferromagnetic medium</i>
<i>Matériaux</i>	<i>Materials</i>

Bibliographie commentée

Dans l'industrie, la construction des pièces est onéreuse et les répercussions des pièces défectueuses peuvent être très graves et peuvent causer non seulement des pertes économiques à l'entreprise qui produit ces pièces, mais aussi, nuire à ses utilisateurs. En effet, le 19 Décembre 2005, le vol 101 de la Chalk's Ocean Airways s'est écrasé ne laissant aucun survivant. Cette tragédie a été due à la fatigue du métal de l'aile droite ce qui a causé la séparation de l'aile du fuselage.

Comme il est très difficile d'arrêter le processus industriel, il est donc impératif d'effectuer des contrôles sur les pièces afin de s'assurer de leur fiabilité.

Le contrôle non destructif (CND) sert à détecter une inhomogénéité, comme des fissures de surface ou des corrosions, dans un matériau sans pour autant porter atteinte à son intégrité.

Le domaine du CND est en pleine expansion et il existe plusieurs méthodes de contrôle utilisées dans diverses applications de nos jours. Le contrôle visuel est la première étape de chaque contrôle, on commence par examiner la pièce et voir s'il y a des défauts flagrants. On peut aussi utiliser le contrôle par diffusion de rayons X, découverts en 1895 par Wilhelm Conrad Roentgen et qui ont été développés plus tard en 1920 par le Dr. Lester. Ses résultats de recherche ont constitué la base

de la radiographie industrielle pour l'inspection des métaux. Cette technique permet de fournir des informations que l'on pourrait exploiter à l'intérieur de l'objet. Néanmoins, elle demeure insuffisante et requiert des investigations complémentaires. Le CND par ultrasons découvert en 1883 par Galton qui consiste à émettre des ondes ultrasonores sous forme d'impulsions de quelques microsecondes sur l'échantillon à tester[1]. L'identification du défaut est basée sur les angles de réflexions de ces ondes calculables à partir de la loi de Snell Descartes par exemple.

Je vais m'intéresser aux contrôles non destructifs par courants de Foucault. 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.

Une autre application importante des courants de Foucault consiste à mesurer les propriétés physiques des échantillons telles que la conductivité électrique (qui nous permet d'identifier la nature du matériau étudié), la perméabilité magnétique ainsi que l'épaisseur des différentes couches de l'échantillon (la plage d'épaisseur d'échantillon peut varier de l'échelle micrométrique à l'échelle millimétrique)[2].

Je compte concentrer mon travail sur l'évaluation non destructive des structures industrielles telles que les domaines de l'aéronautique, du nucléaire, de la métallurgie...

Le processus implique divers phénomènes physiques à différentes échelles spatiales et temporelles et sa modélisation implique, non seulement des phénomènes électromagnétiques dans les milieux, mais aussi d'autres champs physiques qui doivent être couplés à l'électromagnétisme afin de produire une simulation fiable. En effet, dans un milieu différent du vide, l'application des 4 équations de Maxwell ne donne pas de résultats satisfaisants car il faut tenir compte des effets engendrés par l'introduction du milieu.

Une résolution analytique permettrait de donner une solution mathématique exacte du problème. Cependant, vu sa complexité, une résolution numérique serait plus adéquate. On dispose alors de deux techniques différentes : la première est la méthode des différences finies. Il s'agit d'un outil qui aide à approcher les solutions d'équations aux dérivées partielles. Si cette méthode ne donne pas de résultats précis, la seconde méthode, qui est plus poussée, est celle des éléments finis[3]. En appliquant ces deux méthodes, je compte comparer les résultats numériques avec les résultats expérimentaux. En effet, l'expérience réalisée par Yann Le Bihan[4] qui consiste à appliquer un champ magnétique sur une pièce en bon état et une autre défectueuse et de dégager les résultats obtenus sur deux pièces.

Problématique retenue

Se doter d'une méthode de contrôle efficace représente un enjeu majeur dans l'industrie. Il s'agit de tester la fiabilité de la méthode du contrôle non destructif par courants de Foucault, peu coûteuse et facile à mettre en oeuvre. L'étude de cette méthode nous permettra d'observer ses éventuels inconvénients.

Objectifs du TIPE du candidat

Modélisation analytique:

- J'appliquerai l'électromagnétisme sur un milieu afin de trouver les équations mathématiques modélisant l'interaction entre l'excitation magnétique externe et le milieu ferromagnétique.
- Je calculerai une solution analytique basée sur des hypothèses simplificatrices.

Simulation numérique:

- J'appliquerai deux schémas numériques: les différences finies et les éléments finis que je coderai à l'aide du langage de programmation Python.
- Python me permettra de visualiser les différentes grandeurs utiles à mon étude.

Expérience:

- Je réaliserai l'expérience de Yann Le Bihan qui illustre le principe de fonctionnement de cette technique.
- J'utiliserai Python pour analyser les données expérimentales et représenter les courbes.

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] RACHID TOUZANII, JACQUES RAPPAZ : Mathematical Models for Eddy Currents and Magnetostatics With Selected Applications
- [3] CHOUA YAHYA : Application de la méthode des éléments finis pour la modélisation de configurations de contrôle non destructif par courants de Foucault, 01 Octobre 2009 : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00455379/document>
- [4] YANN LE BIHAN : Modélisation du contrôle non destructif par courants de Foucault : approche basée sur la méthode des éléments finis

Marchés financiers et Mouvement brownien

Le mouvement brownien (ou mouvement aléatoire des particules dans un fluide) m'a toujours intrigué. J'ai vu qu'il était à la base de la plupart des modèles de prix en finance. Je me suis donc décidé à approfondir le sujet.

Le mouvement brownien est provoqué par les chocs aléatoires des particules qui constituent le fluide du fait de l'agitation thermique. De même, on peut rendre compte de l'évolution des prix sur un marché financier par les interactions des agents boursiers. Le milieu boursier est ainsi le figuré d'un milieu fluide. C'est pourquoi mon Tipe est en adéquation avec le thème milieux.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (*Mathématiques Appliquées*), PHYSIQUE (*Physique Théorique*), INFORMATIQUE (*Informatique pratique*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>mouvement brownien</i>	<i>Brownian movement</i>
<i>diffusion</i>	<i>diffusion</i>
<i>prédiction</i>	<i>prediction</i>
<i>prix de l'action</i>	<i>stock price</i>
<i>hasard</i>	<i>hazard</i>

Bibliographie commentée

La finance, comme on la connaît aujourd'hui, est un domaine qui a beaucoup évolué au cours des dernières décennies. Elle a pris naissance avec le mathématicien français Louis BACHELIER. Dans sa thèse, en 1900, ce dernier crée le premier modèle de la dynamique du prix des actions boursières [1]. Il s'inspire des observations de Robert BROWN sur les mouvements aléatoires de petites particules dans un liquide [2].

Par ailleurs, Albert EINSTEIN, en 1905, s'intéresse au mouvement de diffusion. Il considère que la marche d'une particule se fait au hasard des chocs reçus par les particules du milieu homogène du fait de l'agitation thermique. Il est alors capable de relier la constante de diffusion à un coefficient de dissipation et à la température du milieu. Indépendamment, la même année, Marian SMOLUCHOWSKI aboutit à un résultat équivalent pour un milieu inhomogène [3].

Le mouvement brownien deviendra ensuite un sujet important à la fois pour les physiciens (Jean PERRIN, Paul LANGEVIN) et les mathématiciens (Norbert WIENER, Paul LEVY).

Les économistes utilisent des modèles basés sur le mouvement brownien à partir des années 1960, longtemps après L.BACHELIER. Fischer BLACK et Myron SCHOLLES proposent, en 1973, un modèle mathématique pour un marché à terme, basé sur un processus stochastique en temps continu [4]. Est venu ensuite, en 1979, un modèle mathématique équivalent nommé le modèle binaire, ou modèle de COX-ROSS-RUBINSTEIN du nom de ses auteurs, basé sur un processus stochastique en temps discret [5].

Mais bien sûr, la finance d'aujourd'hui est encore plus compliquée que cela. De nos jours, l'informatique est devenue indispensable et on parle actuellement de « robot tradeur » et « algorithme de trading ». sont-ils plus efficaces ?

Problématique retenue

Il existe plusieurs approches pour résoudre les modèles basés sur le mouvement brownien.

Ces approches conduisent-elles aux mêmes résultats ?

Peut-on rendre compte des fluctuations boursières avec un de ces modèles ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Après avoir modélisé les différentes interactions entre les particules dans un fluide et trouvé un modèle physique du mouvement brownien, je me propose de résoudre ce modèle analytiquement et numériquement avec Python.
- J'appliquerai à un modèle financier une approche discrète basée sur le modèle binaire de COX-ROSS-RUBINSTEIN tout en résolvant numériquement à l'aide de Python.
- Je comparerai les différentes approches.
- Je comparerai un résultat calculé numériquement avec des données réelles

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] LOUIS BACHELIER : Annales scientifiques de l'É.N.S, Théorie de la spéculation : *tome 17 (1900), 21-86*
- [2] NICOLE EL KAROUI, EMMANUEL GOBET : Les outils stochastiques des marchés financiers : *chapitre 1 ,éditions de l'école polytechnique, 2011*
- [3] PHILIPPE-ANDRÉ MARTIN : Physique statistique des processus irréversibles : *chapitre 1 page 2*
- [4] FISCHER BLACK, MYRON SCHOLLES : Journal of Political Economy, The Pricing of Options and Corporate Liabilities : *Vol. 81 (1973), 637-654*
- [5] JOHN C. COX, STEPHEN A. ROSS, MARK E. RUBINSTEIN : Journal of Financial Economics, Option Pricing: A Simplified Approach : *vol. 7 (1979), 229-263*

La maison écologique

Les problèmes environnementaux prennent de plus en plus d'ampleur dans notre quotidien. En effet, la protection de l'environnement devient une préoccupation collective et chacun peut y contribuer à sa propre échelle. C'est dans ce cadre que j'ai eu l'idée de la construction écologique.

Puisqu'une construction écologique est fabriquée à partir de matériaux hétérogènes biodégradables, ceux-ci doivent constituer des milieux solides afin d'éviter une rupture mécanique. D'autre part, une isolation thermique via les interfaces doit être assurée pour optimiser l'économie de l'énergie. Mon travail, sur des matériaux de construction, s'insère donc dans le thème <milieux>.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>Bloc de terre comprimée</i>	<i>Compressed earth block</i>
<i>plâtre</i>	<i>plaster</i>
<i>isolation thermique</i>	<i>thermal insulation</i>
<i>résistance mécanique</i>	<i>mechanical resistance</i>
<i>modélisation</i>	<i>modeling</i>

Bibliographie commentée

La maison écologique est un habitat respectueux de la nature et de l'environnement. En effet, elle est constituée de matériaux naturels à savoir les blocs de terre comprimée (BTC) et le plâtre, ce qui lui permet de réduire les pertes énergétiques en limitant les transferts de chaleur du milieu chaud vers le milieu froid et garder par suite une température confortable à l'intérieur de l'habitat tout en assurant une durabilité et une résistance mécanique.

Pour ce faire les BTC utilisés possèdent, d'une part, des propriétés de forte inertie thermique (la capacité du matériau à changer de température lors d'une rupture d'équilibre), ce qui garantit une égalisation des variations de température par absorption de calories et leur émission lors du refroidissement. D'autre part, la fabrication de ces blocs met en œuvre des techniques de séchage et de cuisson (à 1000°C pendant 10 à 30 heures et refroidissement avec un palier vers 600°C) dont le but est d'augmenter leur résistance mécanique[5], sachant que les briques employées dans la construction doivent avoir une résistance à la compression d'au moins 4MPa [1]. Cette teneur est d'autant plus importante lorsqu'on ajoute à la terre un stabilisant, la chaux par exemple, ce qui

augmente l'efficacité de ce matériau. L'impact du stabilisant dépend de la nature des éléments de la terre et de la quantité y présente de certains composants, ce qui appelle à une sélection judicieuse du stabilisant [2]. Par ailleurs, le plâtre, provenant du gypse calciné, est utilisé dans la fabrication des enduits. Il est caractérisé par une faible conductivité thermique ce qui assure bonne isolation thermique. En plus sa porosité donne lieu à une régulation de l'humidité ambiante ce qui constitue son rôle de régulateur hygrométrique [3].

Problématique retenue

Dans le cadre d'une construction écologique, les blocs de terre comprimée et le plâtre peuvent-ils répondre à des exigences aussi bien mécaniques à savoir la résistance aux contraintes du milieu, que thermiques soit une bonne isolation thermique et l'autorégulation de la température à l'intérieur de l'habitat ?

Objectifs du TIPE du candidat

1. Faire l'étude théorique des caractères thermique et mécanique des blocs en terre comprimée et du plâtre afin de mettre en évidence leur efficacité et leur durabilité dans la construction écologique.
2. Procéder à une modélisation et une résolution numérique du modèle en utilisant un logiciel de simulation par éléments finis.
3. Mettre en place une expérience pour illustrer les études envisagées.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] FAYCAL EL FGAIER : Conception, production et qualification des briques en terre cuite et en terre crue : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01242549/document>
- [2] BOKOR YOUSSEF SAKINE : VERIFICATION DES CARACTERISTIQUES DES BTC STABILISES AVEC LA CHAUX : http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=231
- [3] SYLVAIN MEILLE : Étude du comportement mécanique du plâtre pris en relation avec sa microstructure : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00477188/document>
- [4] TAALLAH BACHIR : ETUDE DU COMPORTEMENT PHYSICO-MECANIQUE DU BLOC DE TERRE COMPRIMÉE AVEC FIBRES : http://thesis.univ-biskra.dz/1173/1/Geni_civil_d4_2014.pdf
- [5] PIERRE MIT : GUIDE PRATIQUE BRIQUE DE TERRE CUITE : http://www.ctmnc.fr/images/galerie/Guide_pratique_Brique_de_terre_cuite_FFTB_UNTEC.pdf
- [6] Le plâtre : un matériau vertueux pour l'environnement : <http://www.placoplatre.fr/L-ENVIRONNEMENT/Le-gypse/Le-platre-un-materiau-vertueux>

Modélisation de la propagation des ondes acoustiques dans un milieu fermé

Ayant appris à jouer du violon depuis quelques années, j'en suis passionné et j'en joue un peu partout. J'aime beaucoup jouer dans certains endroits et moins dans d'autres. Cela a attisé ma curiosité autour des mécanismes qui rendent la sonorité plus agréable.

Mon tpe s'intéresse aux milieux d'un point de vue acoustique en étudiant les interactions entre le milieu fermé et l'onde acoustique. Il s'inscrit donc dans le thème 2018.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Acoustique</i>	<i>Acoustics</i>
<i>Ondes sonores</i>	<i>Sound waves</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelisation</i>
<i>Salle</i>	<i>Room</i>
<i>Qualité d'écoute</i>	<i>Listening quality</i>

Bibliographie commentée

Les ondes acoustiques (ici sonores) dans une salle se propagent dans l'air vers les interfaces qui limitent son volume. Le comportement de ces ondes dépend donc du milieu qu'est la salle [1].

L'acoustique des salles ou acoustique architecturale est le domaine qui a pour objectif de comprendre et de contrôler la qualité sonore des salles d'écoute (salle de spectacles, salle de théâtre, salle de cinéma...).

La qualité acoustique d'une salle dépend de plusieurs paramètres dont les temps de premières réflexions (comportement immédiat des ondes sonores), les temps de réverbération dus au comportement de l'onde sonore après un certain délai et l'intensité sonore.

Ces paramètres changent selon la conception de la salle et son traitement acoustique [2]. D'autres facteurs rentrent éventuellement en jeu tel que la variation environnementale due à la présence d'un public.

L'optimisation de ces paramètres pour obtenir la meilleure qualité d'écoute reste complexe et utilise actuellement des traitements informatiques [3] notamment pour résoudre les équations aux dérivées partielles régissant la propagation des ondes acoustiques (champ de vitesse ou champ de pression

[4]) et simuler leur comportement.

Plusieurs méthodes de modélisation sont employées à cet effet dont entre autres :

Les méthodes de transformations classiques [5] :

La transformation de Fourier qui sera limitée par la composition fréquentielle de l'onde sonore .Les fréquences les moins amples sont négligées pour mieux étudier les dominantes.

La méthode de développement de Taylor .Un programme informatique utilisant celle-ci est contraint de faire un nombre fini de dérivations et négliger les dérivées de plus hauts ordres.

Ces méthodes sont donc limitées par la contrainte de performance des machines.

La méthode de différences finies [6] encore plus exigeante en performance mais qui fournit des solutions plus précises et prend mieux en compte les géométries de surfaces présentant des angles aigus.

Les méthodes par images [7] qui sont plutôt utilisées pour des salles de petites dimensions.

Problématique retenue

Il est difficile de prendre en compte tous les paramètres influant sur l'acoustique d'une salle tout en ayant des résultats de modélisation précis et peu exigeants en performance. Peut-on alors déterminer le champ de pression dans une salle traitée acoustiquement de manière simple mais fidèle ?

Objectifs du TIPE du candidat

Mon TIPE s'intéresse à la géométrie et au traitement acoustique des salles et donc à l'acoustique à huis clos.

Je me propose d'abord (1) de résoudre et de modéliser numériquement l'équation de propagation des ondes acoustiques grâce à une méthode analytique.

Je tâcherai (2) de simuler cette propagation en 3D en prenant en compte la géométrie et le traitement acoustique de la salle grâce à python ou à un autre logiciel adéquat.

Finalement (3) je ferai des mesures dans une salle réelle afin de les comparer aux résultats obtenus et éventuellement de faire une critique des méthodes utilisées.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] J.S. BRADLEY : Review of objective room acoustics measures and future needs : *Applied Acoustics* 72 (2011) 713–720 doi:10.1016/j.apacoust.2011.04.004

[2] CAROLINE DE SA – HÉLÈNE HORSIN MOLINARO : Conception acoustique d'une salle – Intérêt du prototypage et principe de conception de maquette :
<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/8440/8440-conception-acoustique-dune-salle-interet-du-prototypage-et-principes-de-conception-de-maquette.pdf>

[3] J. H. RINDEL : The Use of Computer Modeling in Room Acoustics : *JOURNAL OF*

- [4] EDOUARD R. TANTART ET JACQUES BOULOUMIE : Mécanique des solides MP, MP*, PC, PC* et des fluides PC, PC*, PSI, PSI*: 2e année chapitre XV : *fourni par Mr. Tantart*
- [5] JENÖ GAZDAG : Modeling of the acoustic wave equation with transform methods : *GEOPHYSICS. VOL. 46, NO 6 (JUNE IYXI,: P 854-859. 4 FIGS*
- [6] R. M. ALFORD, K. R. KELLY ET D. M. BOORET : ACCURACY OF FINITE-DIFFERENCE MODELING OF THE ACOUSTIC WAVE EQUATION : *GEOPHYSICS, VOL. 39, NO. 6 (DECEMBER 1974), P. 834-842, 9 FIGS.*
- [7] JONT B. ALLEN ET DAVID A. BERKLEY : Image method for efficiently simulating small-room acoustics : *J.Acoust. Soc.Am.65(4),Apr.1979 0001-4966/79/040943-08500*

Les milieux financiers : cours boursiers, entre instabilité et prévisions.

La crise mondiale de 2008 a causé des pertes financières colossales dûes aux aléas associés à la finance des marchés. Les cadrer reste donc un enjeu majeur d'actualité. C'est dans cette optique que j'ai choisi d'assimiler ce milieu à des systèmes physiques pour mieux l'étudier.

Le mouvement brownien dans un milieu fluide a été utilisé dès Bachelier comme base de nombreux modèles de prix. Les marchés financiers se comportent comme un écosystème de grandes banques et de petits contributeurs avec des interactions (notamment entre agents) causant d'éventuelles ruptures (crise de 2008, flash krach de 2010).

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), MATHÉMATIQUES (*Analyse*), PHYSIQUE (*Physique Théorique*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Evolution aléatoire</i>	<i>Random evolution</i>
<i>Cours boursiers</i>	<i>Stock prices</i>
<i>Diffusion</i>	<i>Diffusion</i>
<i>Mouvement Brownien</i>	<i>Brownian Motion</i>
<i>Modèles financiers</i>	<i>Financial models</i>

Bibliographie commentée

En 1827, un botaniste écossais appelé Robert Brown se penche sur la dynamique des grains de pollen en suspension dans un fluide. Ces derniers apparaissent alors en mouvement erratique incessant [1]. Il remarque que ces particules sont soumises à des bombardements perpétuels de la part des autres molécules voisines constituant le fluide [4]. Des interactions entre particules, parois et autres facteurs résultent ainsi en un mouvement rapide et irrégulier de chaque particule qui se trouve indépendant de celui des autres grains [3].

En 1900, Louis Bachelier, un mathématicien français, exploite dans sa thèse ces découvertes afin de modéliser les fluctuations des marchés boursiers en tant que processus aléatoire appliquant ainsi pour la première fois un modèle mathématique à la finance. C'est ainsi qu'il introduit pour la première fois le mouvement brownien qui sera utilisé en finance avant d'être utilisé en physique [2]. En effet, deux systèmes analogues peuvent ici être rapprochés : le milieu qu'est le fluide contenant des particules en interactions se superpose à un système de marché financier constitué de grandes

banques, de fonds d'investissements, d'assurances, de spéculateurs, de courtiers et de régulateurs subissant aussi l'influence de facteurs externes. On cherche à travers cette analogie à contrôler, modéliser et prévoir les variations des prix afin de tirer profit des hausses sans subir les conséquences des baisses [2].

Cependant, la prévision s'avère être aussi complexe pour le mouvement des particules dans le fluide que pour le prix des cours boursiers puisque ces derniers se subordonnent à un nombre grand voire infini de facteurs. De plus, l'évolution semble être, aussi bien pour les particules que pour les prix, complètement aléatoire et imprévisible [2].

Deux approches divergent ici : l'une discrète et l'autre continue. Les deux démarches nous mènent cependant à une seule et même équation. Dans la première, on suit un processus discret permettant de retrouver la fameuse équation de Black and Scholes [6] liant valeur du sous-jacent, dérive (traduisant la déviation de la moyenne), volatilité (traduisant l'instabilité du bien) et un autre facteur lié au Brownien. En appliquant le lemme d'Itô, on arrive alors à une équation aux dérivées partielles qui peut elle-même se simplifier en une équation de la chaleur. D'un autre côté, en suivant une méthode continue se basant sur une approximation des milieux continus, on peut retrouver la même équation de la chaleur.

Bachelier exploite effectivement cette équation dans sa thèse afin de mieux décrire les prix. L'équation met en valeur ce qui suit : l'incertitude génère tout un spectre de possibilités prévues par le modèle brownien pour la courbe des prix en fonction du temps manifestant le phénomène de diffusion. En 1905, Albert Einstein s'intéresse à l'aspect théorique de l'affaire et établit un modèle probabiliste permettant de suivre la position d'une particule en diffusion [5]. Il calcule la variance, c'est à dire la largeur du spectre et les effets moyens sur un grand nombre de particules browniennes [4].

Toutefois, tous ces modèles connaissent des limites se démarquant surtout à travers les krachs boursiers de 1929, de 1987, de 2000 et de 2008. Avec l'apparition des robotraders, les transactions se font plus rapidement et efficacement. Cependant, les ruptures et les pertes financières demeurent [7].

Problématique retenue

Chaque jour, 5 300 milliards de dollars sont échangés dans les marchés financiers.

Comment peut-on donc prévoir les variations des prix dans les marchés financiers afin de limiter les pertes ? Quelle fiabilité pour les modèles de prédiction de prix appliqués à des données réelles?

Objectifs du TIPE du candidat

- 1) Modélisation : j'exploite l'analogie évoquée par Bachelier entre mouvement brownien dans un milieu fluide et variation des prix dans la bourse pour obtenir une équation de diffusion des prix
- 2) J'applique différentes approches (analytique et numérique) pour résoudre le modèle continu

- 3) J'utilise un outil informatique pour implémenter des schémas numériques et représenter les prix en fonction du temps
- 4) Afin de vérifier les modèles j'étudie une approche discrète binaire
- 5) Expérience : je contacte des banques d'investissements pour accéder à leurs salles de marchés. Je me propose de valider les résultats théoriques trouvés sur des données réelles

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] ECOLE POLYTECHNIQUE : Les outils stochastiques des marchés financiers : http://www.editions.polytechnique.fr/files/pdf/EXT_1579_4.pdf
- [2] FRÉDÉRIC CHEVY : Mouvement brownien, diffusion et marchés financiers : http://www.phys.ens.fr/~chevy/Tutorat/Tut2_2_08.pdf
- [3] HÉLÈNE GUÉRIN : Construction du Mouvement Brownien : <https://perso.univ-rennes1.fr/helene.guerin/enseignement/M2/Brownien1.pdf>
- [4] YVES MEYER : Le mouvement brownien : <http://www.irem.sciences.univ-nantes.fr/archives/JA2011/cdrom/LeMouvementBrownien.pdf>
- [5] NICOLE EL KAROUI ET EMMANUEL GOBET : Les outils stochastiques des marchés financiers : une visite guidée de Einstein à Black-Scholes : *Éditions de l'École Polytechnique, Février 2011*
- [6] FISCHER BLACK ET MYRON SCHOLES : The Pricing of Options and Corporate Liabilities : *The University of Chicago Press, 1973*
- [7] BERNARDINE DIAS : TraderBots: A New Paradigm for Robust and Efficient Multirobot Coordination in Dynamic Environments : <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1152&context=robotics>

Moteur stirling: Etude de la régénération

La nécessité de réduire les émissions de dioxyde de carbone et d'économiser les sources d'énergie polluantes, conduit à attirer l'attention sur le moteur stirling moins polluant, qui n'a pas pu se développer à ses débuts pour des raisons techniques et historiques, mais alors que les regards se tournent vers le « développement durable », ce moteur connaît une vogue nouvelle. J'ai donc décidé d'étudier le fonctionnement de ce moteur.

Mon sujet est en adéquation avec le thème. En effet, le régénérateur est un composant essentiel du moteur siège d'une interaction avec un fluide circulant entre les différents compartiments via des interfaces.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Energie</i>	<i>Energie</i>
<i>Stockage</i>	<i>Storage</i>
<i>Transfert thermique</i>	<i>Heat transfer</i>
<i>Rendement</i>	<i>Yield</i>
<i>Modélisation</i>	<i>modeling</i>

Bibliographie commentée

Aujourd'hui, La pollution de l'air devient un enjeu de santé publique très important. Des études récentes démontrent bien que les transports routiers sont à l'origine de plusieurs dizaines de millions de tonnes d'émissions polluantes (près de la moitié des émissions d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone) [1]. Des réglementations sur les émissions de ces gaz ont été mises en place dans de nombreux pays. Depuis 1975, Les règlements européens imposent aux constructeurs automobiles des niveaux d'émission maximum en masse de polluant par distance parcourue. Les travaux de recherche ont permis de minimiser ces émissions progressivement jusqu'à les limites basses. Mais la qualité de l'air, notamment dans les grandes villes qui connaissent une circulation routière importante, reste néanmoins extrêmement médiocre. Pour cela, les nouvelles solutions pour réduire davantage les émissions font appel à des solutions technologiques hautement coûteuses [2].

La nécessité de réduire ces émissions conduit donc à revaloriser les moteurs à combustion externe fonctionnant selon le cycle de Stirling. Découvert en 1816, le moteur Stirling reste très peu

développé aujourd'hui et on lui préfère encore les moteurs à explosion qui possèdent pourtant une efficacité énergétique plus petite. Cependant, les regards se tournent vers le « développement durable » et moins polluant et donc ce moteur devient donc de plus en plus pertinent, et il est d'ailleurs l'objet de récents projets industriels et de recherche. Ainsi les termes « Moteur Stirling » reviennent de plus en plus souvent ces dernières années dans les magazines spécialisées et dans la presse [3].

Le Moteur Stirling est silencieux, non polluant, et contrairement au moteur traditionnel, source de bruit et de pollution, peut (théoriquement) fonctionner avec tout combustible, solide, liquide, gazeux, même le rayonnement solaire. Au 31 janvier 2008, le record d'efficacité en conversion solaire-électricité a été battu par un moteur Stirling, atteignant 31.25% grâce à l'utilisation d'un miroir parabolique comme concentrateurs solaires [4]. Le moteur, dans sa version la plus simple, comporte deux cylindres dont l'un est chauffé de l'extérieur et l'autre refroidi, et dont les pistons sont fixés sur le même vilebrequin. Ces cylindres constituent des enceintes de compression et de détente, sans clapets ni soupapes à cycle fermé. Le gaz du travail passe entre les cylindres par un élément critique de la machine : le régénérateur. Son rôle est de récupérer l'énergie thermique cédée par le gaz lors du refroidissement, et il la redonne au gaz pendant la phase de réchauffage afin d'en maintenir le rendement proche de celui de Carnot. L'absence d'explosion dans le cycle du moteur Stirling assure un fonctionnement sans vibration et aussi sans gaz qui s'échappe. Ce qui le rend très utile à des endroits où on veut éviter toute source de bruit comme le cas d'un sous-marin nucléaire. Surtout que le moteur Stirling présente un rendement important par comparaison avec les moteurs à essence par exemple, qui peut avoisiner 40% [5].

Le moteur Stirling a des applications dans plusieurs domaines, notamment dans des situations où le coût n'est pas un inconvénient grave par rapport aux avantages (applications militaires, de recherche...). Au cours des années 1990, le SAGA (sous-marin d'assistance à grande autonomie) opérationnel fonctionnant avec deux moteurs Stirling alimentés en fuel et oxygène liquide, permettait de faire plus de 500 km de distance, de mener une campagne de plus d'une semaine de travail par 300 m de fond. Il déplaçait plus de 500 tonnes en plongée. Et en 2008, le constructeur de cartes mères d'ordinateur MSI a présenté un système de refroidissement dont le ventilateur est actionné par un moteur Stirling utilisant comme source de chaleur l'énergie dégagée.

Problématique retenue

En pratique, le travail et le rendement du moteur restent assez loin des valeurs théoriques. L'étude de la régénération (qui a pour rôle de stocker et de restituer de la chaleur lors du cycle pour maintenir le rendement proche de celui théorique) permet de mieux comprendre l'origine de cet écart.

Objectifs du TIPE du candidat

Je ferai une étude sur la régénération du moteur pour voir son influence sur le rendement, le travail et son fonctionnement en générale. Afin de mener cette étude, je me baserai sur des modèles physiques des différents phénomènes pour aboutir à des équations mathématiques que je me

propose de résoudre analytiquement et numériquement. Pour faire la résolution numérique, je rédigerai des codes Python afin de visualiser les différentes grandeurs issues de l'approche analytique et d'implémenter ainsi la résolution numérique.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] Transport routier et pollution : <http://www.vedura.fr/environnement/transports/transport-routier>
- [2]]. CENTRE INTERPROFESSIONNEL TECHNIQUE D'ÉTUDES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE : Rapport national d'inventaire Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Séries sectorielles et analyses étendu :
http://www.civviande.org/wpcontent/uploads/2014/09/secten_avril2014_sec.pdf
- [3]]. S. BEGOT, F. LANZETTA, P. NIKA, G. LAYES : Modélisation et simulation dynamique d'une machine Stirling double effet :
<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/57811/68190.pdf?sequence=1>
- [4] Sandia, Stirling Energy Systems set new world record for solar-to-grid conversion efficiency :
<https://share-ng.sandia.gov/news/resources/releases/2008/solargrid.html>
- [5] General discussions of the Stirling engine :
<http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/academic/kiriki/begin/general.html>

Lutte contre les incendies: étude d'un extincteur à ondes sonores

J'habite la Tunisie et j'ai lu un article portant sur une quinzaine d'incendies de forêts dans le gouvernorat de Jendouba, une ville de la Tunisie. Face aux dégâts causés par les incendies, la découverte d'un moyen rapide d'extinction serait très bénéfique. C'est ainsi que j'ai pensé à ce sujet pour mon Tipe.

Mon Tipe est en adéquation avec le thème car il traite de l'action de la propagation des ondes sonores dans un milieu aérien sur l'interface entre ce dernier et un autre milieu, la flamme constituée de gaz très chauds.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>feu</i>	<i>fire</i>
<i>combustion</i>	<i>combustion</i>
<i>onde</i>	<i>wave</i>
<i>acoustique</i>	<i>acoustic</i>
<i>air</i>	<i>air</i>

Bibliographie commentée

Le feu est la chaleur et la lumière produites par une réaction de combustion chimique. Trois éléments constituant le triangle de feu à savoir le comburant dont le dioxygène, le combustible et la source de chaleur sont indispensables pour la formation du feu. L'absence de l'un des ces éléments entrainerait l'extinction du feu. [1]

Une onde acoustique est un phénomène périodique qui se propage par une suite de compressions et de dilatations du milieu de propagation. Elle est une onde mécanique nécessitant un milieu matériel. [2]

L'idée que le feu soit influencé par le son a été découverte à partir de 1857 par John Tyndall un scientifique irlandais, qui a reconnu que les flammes pouvaient être éteintes par les ondes acoustiques. Ceci a initié de nouvelles recherches sur les ondes sonores et leurs effets sur le feu dont celle de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) stipulant qu'une vitesse

acoustique de seuil doit être appliquée à la flamme favorisant son extinction au lieu d'une fréquence spécifique ou une pression acoustique. [3]

Cependant, plusieurs résultats montrent que cela n'est pas toujours le cas. On a découvert que les fréquences dans la plage de 30 Hz à 60 Hz ont un impact significatif sur l'activité de la flamme dont la rupture de l'oxygène du carburant en feu. Ne pouvant donc subsister sans cet élément, les flammes finissent par s'éteindre.[4]

Aussi, les interactions entre la flamme et l'excitation acoustique notamment les perturbations de la pression sont connues pour avoir une influence sur la vitesse de combustion d'un matériau. L'utilisation d'un collimateur de diamètre plus petit entraîne l'augmentation de la vitesse acoustique et la diminution de la pression acoustique affectant ainsi le rapport air-carburant de la flamme aux limites qui est la limite la plus basse de la combustion par le changement de la vitesse de l'air et aussi un changement significatif du profil de température près de la flamme selon la loi des gaz parfaits. Ce phénomène est semblable au mécanisme de soufflage de la flamme. [5]

Problématique retenue

Etudier les interactions onde-flamme notamment l'effet de la propagation de l'onde acoustique sur la flamme.

Objectifs du TIPE du candidat

J'étudierai premièrement la génération et la propagation des ondes acoustiques modélisées par l'équation de D'Alembert , la physique des flammes donnant une équation de la chaleur et le couplage entre l'onde et la flamme.

Ensuite, j'envisagerai de résoudre par une approche analytique et une approche numérique les différents modèles. J'utiliserai la technique de différences finies et une technique de différences finies améliorées.

Eventuellement, la modélisation fera appel aux équations de Navier-Stokes issues de la mécanique des fluides. Compte tenu de leur complexité, j'envisagerai d'utiliser un logiciel informatique adéquat.

Enfin, je réaliserai une expérience où je montrerai le principe de fonctionnement.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] MICHEL FERRIOL , MARIANNE COCHEZ , JOSÉ-MARIE LOPEZ-CUESTA : L'actualité chimique, les polymères et le feu : *n°319 mai 2008, pp 41-44*

[2] WIKIPEDIA : Acoustic wave : https://en.wikipedia.org/wiki/Acoustic_wave

[3] DARPA : Instant Flame suppression Phase II- Final Report :

http://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Science_and_Technology/13-F-1078_REPORT_FLAME_SUPPRESSION_ACOUSTIC_SUPPRESSION.pdf

[4] <https://www.industrie-techno.com/des-ondes-sonores-pour-eteindre-les-incendies.37537>

[5] ALAN ARULANDOM ALEXANDER : Study of Sound Wave as a Flame Extinguisher : *Dissertation soumise pour le diplôme d'ingénieur mécanique, Universiti Teknologi PETRONAS, Janvier 2015.*
<https://fr.scribd.com/document/291330368/Study-of-Sound-Wave-as-a-Flame-Extinguisher>

résonance des ponts

On a évoqué le pont de Tacoma en classe de terminale lors du chapitre des oscillations mécaniques forcées. J'ai été fasciné par le fait qu'un objet aussi lourd pesant des tonnes, supposé stable puisse osciller d'une façon aussi élastique. Je saisi alors cette occasion pour mieux comprendre ce phénomène.

Ce sujet traite un milieu solide en interaction avec le milieu extérieur provoquant sa rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>pont</i>	<i>bridge</i>
<i>élasticité</i>	<i>elasticity</i>
<i>rupture</i>	<i>collapse</i>
<i>mode propre</i>	<i>eigenvalue</i>
<i>vibration</i>	<i>vibration</i>

Bibliographie commentée

L'infrastructure routière constitue la base du système de transport notamment les ponts qui présentent une voie de communication. Les ponts primitifs étaient réalisés avec des matériaux tels que le bois, les lianes et la pierre. On a construit des passerelles suspendues avec la pierre des ponts en poutre, une simple dalle jetée entre deux appuis. C'est au 18^{ème} siècle que la construction des ponts évolue le plus et avec l'invention du chemin de fer au 19^{ème} siècle les ponts métalliques apparaissent comme Viaduc de Garabit de Gustave Eiffel et ne cessent depuis de connaître des évolutions matérielles et esthétiques. La défaillance dans ces ouvrages peut avoir des répercussions sur l'économie et parfois causer la perte de vies humaines. En effet, des ruptures de ponts se sont succédées depuis l'antiquité jusqu'à nos jours pour des raisons climatiques (tempêtes, tremblement de terre ect...) ou à causes des activités humaines, qu'elles soient directes ou indirectes (surcharges, vitesses excessives, incendies ect...) comme l'incendie du pont de Londres en 1212 provoquant ainsi la mort de 3000 personnes ou celui en Écosse en 1297 dont l'effondrement fut provoqué par la stratégie de William Wallace durant la bataille du pont de Stirling ou encore le pont de la Basse-Chaine en France en 1850 causé par une tempête et un mouvement des soldats dans le but d'équilibrer le tablier et le fameux pont de Tacoma à Washington en 1940 causé par un couplage aéroélastique [1]. L'effondrement du pont de Tacoma est certainement le plus célèbre échec structurel de l'histoire à la fois en raison de la vidéo impressionnante [2] et en raison de l'énorme

nombre d'études qu'il a généré. Les ponts suspendus sont très souples car le tablier est suspendu au bout des câbles. La vitesse du vent n'est jamais stable. Ses variations peuvent entraîner de petites oscillations. Lorsque le tablier est mal conçu, ces petites oscillations s'amplifient au cours du temps. Le vent transfère son énergie au pont qui oscille comme pour une éolienne qui tourne dans le vent, mais là c'est volontaire. L'amplitude des oscillations ne cesse de croître alors le pont finit par casser [3]. La communauté scientifique a tenté de trouver des explications à cet accident, Un texte de mathématiques récent [4], par exemple, cherchant l'application pour une théorie développée de la résonance paramétrique, tente d'expliquer la rupture du pont de Tacoma à travers ce phénomène. McKenna [5] écrit qu'il n'y a pas de consensus sur ce qui a causé le changement soudain de mouvement de torsion.

Avec l'émergence de la science du danger, les chercheurs se sont rendus compte qu'il fallait développer de nouvelles méthodes d'évaluation pour des structures existantes, entre autres les approches probabilistes se basant sur les outils qu'offrent aujourd'hui l'approche systémique. Par conséquent, les accidents concernant l'effondrement de ces ouvrages ont nettement diminué.

Problématique retenue

Jusqu'aujourd'hui les scientifiques relient l'effondrement du pont de Tacoma à différentes raisons. Néanmoins l'explication la plus répandue consiste à incriminer un phénomène de résonance. Mon but dans ce projet est de savoir si la résonance en est la cause principale ou est-ce la faute à d'autres facteurs.

Objectifs du TIPE du candidat

L'effondrement spectaculaire du pont Tacoma Narrows a attiré l'attention d'ingénieurs, de physiciens et de mathématiciens depuis les 74 dernières années. Il y a beaucoup de tentatives pour expliquer cet événement incroyable, mais aucune n'est universellement acceptée. Mais la raison la plus répandue est un phénomène de résonance. Pour mieux comprendre cet incident je vais effectuer la modélisation expérimentale et théorique de l'effet du vent sur le pont et déterminer expérimentalement les paramètres.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] WIKIPÉDIA : catastrophe des ponts : https://fr.wikipedia.org/wiki/Catastrophe_de_pont
- [2] INCONNU : Tacoma Narrows Bridge Collapse (Sound Version) (Standard 4:3) (1940) : <https://www.youtube.com/watch?v=nFzu6CNTqec>
- [3] XAVIER AMANDOLESE ET PASCAL HÉMON : la chute du pont de Tacoma : <http://www.off-ladhyx.polytechnique.fr/people/pascal/pdf/Poster-tacoma-2010.pdf>
- [4] V.A. YAKUBOVICH : Linear differential equations with periodic coefficients : <http://www.maths.ed.ac.uk/~aar/papers/yakubovich.pdf>
- [5] P.J. MCKENNA : Torsional oscillations in suspension bridges revisited : <https://pdfs.semanticscholar.org/fba9/d0d1ab0b1c55576c03021d5303c2bc5080eb.pdf>

Étude et modélisation des mouvements de foule

J'habite en Tunisie et mon pays subit aussi des attaques terroristes. Je me suis intéressé aux mouvements de foules lorsqu'elles surviennent lors de ces événements et j'ai pensé à orienter mon TIPE vers un sujet traitant de ces mouvements à l'aide des modèles physiques afin d'améliorer les processus d'évacuation d'urgence.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année traitant la modélisation d'un milieu formé par un rassemblement d'un grand nombre de personnes humaines en s'inspirant d'un milieu granulaire. En effet: les interactions microscopiques et le comportement macroscopique peuvent influencer les mouvements de foules.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Congestion</i>	<i>Congestion</i>
<i>Assemblage granulaire</i>	<i>Granular assembly</i>
<i>Évacuation d'urgence</i>	<i>Emergency evacuation</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelization</i>
<i>Contact</i>	<i>Contact</i>

Bibliographie commentée

Dans les dernières années plusieurs études s'intéressent aux comportements des piétons afin d'améliorer leur circulation dans les endroits où il y a beaucoup de monde [1]. Plusieurs modèles de mouvements de foule ont été développés et ces modèles peuvent être classés selon le mode de représentation de la foule:

1. modèles macroscopiques, où la foule est représentée dans son ensemble [2].
2. modèles microscopiques, qui traitent le comportement de chaque personne [3].

Le traitement de ces modèles microscopiques se fait avec liaison avec les modèles qui traitent des milieux granulaires.

Afin d'étudier les comportements granulaires on a développé plusieurs approches dont les plus utilisées appartiennent à la classe DE ("Discrete Element") qui traite plusieurs collisions simultanées. Dans la classe DE deux catégories peuvent être identifiées selon la façon avec laquelle le contact est traité: les approches régulières (dites lisses), et les approches non régulières (dites non

lisses).

Pour les approches régulières introduites par Cundall [4] les forces de contact sont déterminées par un calcul direct et dépendent de la distance entre particules. Cette approche est très importante pour l'étude d'une situation lisse, Helbing l'a aussi appliqué aux mouvements de foule [5].

Concernant les approches non régulières, le calcul des forces de contact se fait par résolution des systèmes non linéaires. La méthode la plus fréquente dans cette approche est celle introduite par Moreau basée sur l'utilisation du coefficient de restitution afin de représenter la variation de la vitesse relative d'une particule. Une méthode similaire développée par Frémond [6] où la force de contact entre particules en collision est aussi déterminée avec une contrainte sur la vitesse de déformation. Il existe une autre approche très intéressante inspirée de l'approche de Moreau, qui est introduite par Maury [7]. Contrairement aux deux méthodes précédentes la méthode de Maury consiste à déterminer les forces de contact avec une contrainte sur les positions des particules. Cette approche permet de traiter non seulement des modèles microscopiques mais aussi des modèles macroscopiques [2]. Elle a été aussi appliquée aux mouvements de foule par Venel [8].

Problématique retenue

L'approche de Cundall et Maury sont les approches les plus utilisées dans la modélisation des mouvements de foule, quelles comparaisons peut-on alors faire entre elles?

Quelle est la plus adaptée à l'évacuation d'une foule?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose: (i) de modéliser la foule à un milieu granulaire pour pouvoir trouver les deux approches, (ii) d'étudier leur efficacité dans un cas d'évacuation et (iii) de les comparer en faisant une étude théorique et une simulation numérique.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] HANKIN BD, WRIGHT RA : Passenger Flow in Subways : *Operational Research Society Vol. 9 (1958)*, pp. 81-88

[2] BELLOMO N, DOGBE´ C : On the modelling crowd dynamics from scalling to hyperbolic macroscopic models : *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences Vol. 18, Suppl. (2008)* 1317-1345

[3] KARDI TEKONOMO : Application of microscopic pedestrian simulation model : *Transportation Research Part F 9 (2006)* 15-27

[4] CUNDALL PA, STRACK ODL : A discrete numerical model for granular assemblies : *Géotechnique 29 (1979)*, 47-65

[5] HELBING D, FARKAS I, VICSEK T : Simulating dynamical features of escape panic : *Nature 407 (2000)*, 487-490

[6] MICHEL FRÉMOND : Rigid bodies collisions : *Physics Letters A 204 (1995)*, 33-41

[7] BERTRAND MAURY : A time-stepping scheme for inelastic collisions : *Numer. Math, 102 (2006)*, 649-679

[8] BERTRAND MAURY, JULIETTE VENEL : A DISCRETE CONTACT MODEL FOR CROWD MOTION : *ESAIM: M2AN 45 (2011)*, 145-168

Milieux d'indice négatif

Découvrant qu'il est devenu possible d'être invisible à la manière d'Harry Potter, j'ai choisi de travailler sur la propagation dans un milieu d'indice négatif, plus précisément dans les métamatériaux, dont la découverte en 2000 a ouvert un large potentiel d'applications dans de divers domaines y compris le camouflage et le domaine optique. En étudiant les caractéristiques des milieux à indice négatif et les phénomènes résultants d'une propagation dans ces milieux, ce sujet s'inscrit parfaitement dans le thème de cette année.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>métamatériaux</i>	<i>metamaterials</i>
<i>indice de réfraction négatif</i>	<i>Negative refractive index</i>
<i>onde électromagnétique</i>	<i>electromagnetic waves</i>
<i>permittivité électrique</i>	<i>electric permittivity</i>
<i>perméabilité magnétique</i>	<i>magnetic permeability</i>

Bibliographie commentée

L'indice de réfraction n est l'un des paramètres les plus importants pour un milieu optique. Il est relié à la permittivité et la perméabilité relatives ϵ_r et μ_r par la relation $n^2 = \epsilon_r \mu_r$ et dépend, comme ϵ_r et μ_r , de la longueur d'onde. Cependant, si on se limite à des milieux naturels, homogènes, isotropes et transparents, dans un domaine de longueur d'onde où l'absorption peut être négligée, ϵ_r est alors un réel positif ou négatif alors que μ_r est un réel positif toujours proche de 1. Dans le cas où $\epsilon_r > 0$, on définit $n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$. Le cas $\epsilon_r < 0$ correspond à un indice n imaginaire pur et à une onde évanescence, c'est ce qu'on observe pour un plasma pour les pulsations les plus petites que ω_p , pulsation du plasma.

Le physicien russe Victor Vesalago, de l'Institut de physique et de technologie de Moscou, s'est demandé ce qui pourrait se passer si μ_r était négatif au même temps que ϵ_r [1][2][3], et a montré qu'il fallait alors prendre $n = -\sqrt{\epsilon_r \mu_r}$ et que pour la réfraction d'un rayon lumineux sur un dioptre plan, le rayon réfracté est du même côté que la normale. Cependant, à ce moment-là (1967), l'équipement nécessaire pour fabriquer un tel matériau n'existait pas. Ce n'est qu'en 2000 qu'un premier matériau a été développé par John Pendry pour montrer cette propriété, et c'est ainsi que les métamatériaux voient le jour.

Le matériau de Pendry est constitué d'un réseau de fils rectilignes et de boucles métalliques et se comporte comme un milieu continu si l'onde électromagnétique qui s'y propage a une longueur

d'onde très supérieure au pas du réseau. Les électrons du réseau des fils se comportent comme ceux d'un plasma dont la fréquence de coupure ω_p est ajustable, et les boucles métalliques ont la forme d'un anneau fendu. Du point de vue électrique, la boucle se comporte comme un circuit RLC, et quand on lui applique un champ magnétique de pulsation ω parallèle à son axe, la réponse est un fort courant induit si ω est voisin de la pulsation de résonance ω_0 , d'où l'appellation des boucles SRR (Split Ring Resonator). Le réseau de SRR se comporte comme un milieu continu de perméabilité négative si ω est proche de ω_0 (loi de Lenz). En prenant $\omega_0 < \omega_p$, on crée alors une plage de longueur d'onde où on a n négatif. Actuellement, cette plage est celle des longueurs d'onde des micro-ondes.

Les metamatériaux sont aussi appelés matériau « main gauche » [3] car le trièdre formé par le champ électrique, le vecteur d'onde (\vec{k}), et le champ magnétique (\vec{B}) est indirect, mais le sens de propagation de l'énergie est opposée à (\vec{k}) d'après l'expression du vecteur de Poynting. Avec ces matériaux, les propriétés liées à la géométrie des lentilles classiques sont inversées. La réfraction lors de la traversée de l'interface d'un metamatériau voit son angle inversé, et la vitesse de phase est alors négative tandis que la vitesse de groupe reste positive. Ces propriétés des metamatériaux ouvrent de nouvelles perspectives (non réalisées encore), surtout pour les instruments optiques, en permettant de descendre au dessous de la limite de résolution de Rayleigh qui est de l'ordre de $\lambda/2$, qui est le cas de la fameuse superlentille[1] et la cape d'invisibilité: Un objet entouré d'un metamatériau et éclairé donne une onde émergente identique à celle obtenue en prélevant l'objet, qui de ce fait devient invisible[2][3].

Bien que la découverte des metamatériaux ne date pas de très longtemps, leur découverte a révolutionné le monde, et les travaux actuels cherchent à les développer et à s'affranchir d'une structure rigide pour les rendre plus flexibles.

Problématique retenue

Comment construire un matériau qui réalise à la fois μ et ϵ négatifs ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Expliquer la résonance électromagnétique dans les SRRs.
- L'effet d'un indice négatif sur les propriétés du milieu.
- Essayer de simuler le phénomène de réfraction inversée ainsi que le phénomène de camouflage.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A la recherche de la superlentille : http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-la-recherche-de-la-superlentille-31287.php
- [2] WENSHAN CAI, VLADIMIR SHALAEV : Optical Metamaterials : Fundamentals and applications. : Springer
- [3] VALJEAN ELIZABETH ELANDER : Mathematical modeling of metamaterials : <https://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.fr/&httpsredir=1&article=2020&context=thesesdissertations>
- [4] D. R. SMITH,* WILLIE J. PADILLA, D. C. VIER, S. C. NEMAT-NASSER, AND S. SCHULTZ : Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity : *Physical Review Letters* 1

MAY 2000

[5] PHILIPPE GAY-BALMAZ AND OLIVIER J. F. MARTINA : Electromagnetic Fields and Microwave Electronics Laboratory : *Electromagnetic resonances in individual and coupled split-ring resonators*, *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOLUME 92, NUMBER 5 1 SEPTEMBER 2002*

Imagerie médicale par RMN

Le cancer est une maladie grave qui cause le décès des milliers des gens à travers le monde. En absence d'une guérison, il est indispensable de détecter cette maladie à des stades précoces. Parmi les techniques d'imagerie médicales qui jouent un rôle important, on distingue la RMN. Cette dernière présente plusieurs avantages. Pour cela, j'ai choisi de travailler sur cette technique. Mon sujet traite un milieu biologique qui est le corps humain. Cette technique d'imagerie médicale exploite l'interaction entre le champ magnétique et l'organe. L'hétérogénéité de ce milieu donne une différence de contraste permettant de repérer la région du tumeur.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>nucléaire</i>	<i>nuclear</i>
<i>magnétique</i>	<i>magnetic</i>
<i>dipôle</i>	<i>dipole</i>
<i>spin</i>	<i>spin</i>
<i>résonance</i>	<i>resonance</i>

Bibliographie commentée

Dans un monde plein de produits chimiques, notre environnement est devenue un milieu favorable qui stimule la propagation du cancer chez les hommes. Dans le but de chercher une remède, cette maladie a été diagnostiquée par plusieurs techniques tel que la radiographie mais cette technique n'as pas permis d'avoir une image assez nette pour pouvoir distinguer les structures superposées. Ensuite, les médecins ont eu recourt au scanner qui permet d'enregistrer des absorptions selon des directions différentes mais malheureusement le scanner ne permet pas de visualiser les cellules saines puisque le rayon X est absorbé par les cellules affectées.

D'autre part ces techniques présentent un danger contre la santé du patient puisque le rayon X provoque des anomalies dans l'ADN.

Tous ces inconvénients ont stimulé l'invention de la RMN. La découverte de la RMN a été basée sur l'étude de "I.Rabi" sur les moments magnétiques du noyau dont il a été récompensé par le prix Nobel en 1944. En effet, cette étude a permis à "E.Purell" et "F.Bloch" de découvrir le phénomène de résonance magnétique nucléaire et d'obtenir le prix Nobel en 1946. Depuis cette découverte magique, le phénomène de la RMN a été pris en considération dans plusieurs domaines scientifiques. Citons à ce propos, la découverte de la spectroscopie de la RMN par le chimiste

"Richard Ernst" et l'étude tridimensionnelle de molécules par le biochimiste "K.Wurtlich". toutes ces études ont stimulé l'invention de l'imagerie par RMN par "P.C.Lauterbur" et "P.Nans Field" qui ont été honorés sur cette fameuse découverte par le prix Nobel en médecine en 2003. [1]

L'IRM est un dispositif médical qui permet de visualiser les protons de l'eau et d'examiner à partir ces protons l'existence de la maladie puisque la quantité d'eau dans une cellule affectée est différente de celle d'une cellule saine. [2] Comme les protons sont en mouvement chaotique totalement désordonné, le patient est placé dans un aimant de champ magnétique important afin d'aligner les protons. Et comme ces protons possèdent un mouvement intrinsèque de rotation , le dispositif aura besoin de l'énergie pour stopper ces mouvement. Cette énergie est reçue au moyen d'une onde de fréquence identique à celle de rotations des noyaux d'ou la résonance.[1]

En point de vue structure, l'IRM est constitué essentiellement d'un tunnel dans lequel le patient sera placé et la région à observer sera entourée par un antenne [2] qui capte le signal.Ce dernier sera transmis et transformé en une image matricielle.Enfin, le radiologue choisit les séquences à imprimer. Les IRM se différent en : La puissance de l'aimant et leurs capacité d'examiner un corps entier ou des régions particulières.

Problématique retenue

la RMN est une méthode d'imagerie formulée mathématiquement par problème inverse. L'amélioration du rapport signal sur bruit et de la résolution passe le bon traitement des données mesurées. Ainsi, comment concevoir un algorithme efficace permettant d'éviter le caractère mal posé imposé parfois par les données ?.Et comment améliorer la résolution ?

Objectifs du TIPE du candidat

je commencerai par une modélisation du corps humain comme un milieu hétérogène constitué par des dipôles magnétiques en interaction avec une onde électromagnétique. Puis, je présenterai deux théories pour expliquer la résonance magnétique nucléaire: Une théorie classique et une autre quantique. À la fin de cette partie, j'utiliserai le langage de programmation "Python" pour visualiser les différentes grandeurs.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] INCONNU : Eléments de spectroscopie de RMN :

<http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/rmn2.htm>

[2] DALIBARD : le spin 1/2 et la la résonance magnétique nucléaire :

<http://www.phys.ens.fr/~dalibard/transparentsX/2010/cours5.pdf>

Les milieux supraconducteurs

Les trains en Tunisie fonctionnent encore avec le diesel. Le Japon développe en revanche un train qui vole : Le Mag-lev express. Cette situation m'a menée à m'intéresser au principe de fonctionnement de tel dispositif.

L'intérêt de mon sujet sera donc porté sur les milieux supraconducteurs, ce qui est en accord avec le thème. J'essayerai de démontrer que les interactions et la rupture jouent un rôle primordial dans ce sujet.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Supraconducteur</i>	<i>superconductor</i>
<i>Transition</i>	<i>Transition</i>
<i>Conductivité</i>	<i>Conductivity</i>
<i>Température critique</i>	<i>Critical temperature</i>
<i>Lévitatie magnétique</i>	<i>Magnetic levitation</i>

Bibliographie commentée

Un supraconducteur est un matériau qui présente deux propriétés caractéristiques, à savoir, une résistance électrique nulle et un diamagnétisme parfait, quand il est refroidi en dessous d'une température particulière T_c , appelée température critique. À des températures plus élevées, il se comporte comme un métal ordinaire, et n'est généralement pas un très bon conducteur. Par exemple, le plomb, le tantale, et l'étain deviennent des supraconducteurs, tandis que le cuivre, l'argent et l'or, qui sont des meilleurs conducteurs, ne disposent pas de ces propriétés. À température ambiante, certains métaux supraconducteurs sont faiblement diamagnétiques et certains sont paramagnétiques[1]. Les supraconducteurs qui excluent totalement un flux magnétique appliqué sont connus comme des supraconducteurs de type I. Les autres supraconducteurs, appelés supraconducteurs de type II, sont également des conducteurs parfaits de l'électricité, mais leurs propriétés magnétiques sont plus complexes. Ils excluent totalement le flux magnétique lorsque le champ magnétique appliqué est faible, mais l'exclusion est partielle lorsque le champ appliqué est plus élevé[3].

Sur le plan des faits, H. Kamerlingh Onnes a donné naissance en 1908 au domaine de la physique à basse température en liquéfiant de l'hélium dans son laboratoire de Leyde. En 1911, il a trouvé qu'à moins de 4,15 K, la résistance à courant continu du mercure a chuté à zéro. Avec cette découverte,

le domaine de la supraconductivité a vu le jour. L'année suivante, Onnes a découvert que l'application d'un champ magnétique axial suffisamment fort restaure la résistance à sa valeur normale. En 1933, Meissner et Ochsenfeld ont trouvé que quand une sphère supraconductrice présente dans un champ magnétique est refroidie au-dessous de sa température de transition, elle exclut le flux magnétique de son intérieur. Le rapport de l'effet Meissner conduit les frères London, Fritz et Heinz, à proposer des équations qui expliquent cet effet et prédire jusqu'où un champ magnétique statique externe peut pénétrer dans un supraconducteur. La prochaine avancée théorique est venue en 1950 avec la théorie de Ginzburg et Landau, qui a décrit la supraconductivité en termes d'un paramètre d'ordre et fourni une dérivation pour les équations de London. Ces deux théories sont macroscopiques en caractère[1].

Notre compréhension théorique actuelle de la nature de la supraconductivité est basée sur la théorie microscopique BCS proposée par J. Bardeen, L. Cooper et J. R. Schrieffer en 1957. La caractéristique centrale de la théorie BCS est que deux électrons dans le supraconducteur sont capables de former une paire liée appelée une 'paire de Cooper'. Cette notion à première vue semble contre-intuitive puisque les électrons se repoussent normalement les uns les autres à cause de leurs charges semblables.[2]

Plusieurs applications de la supraconductivité existent déjà, la première application commerciale à grande échelle de la supraconductivité a été réalisée en imagerie par résonance magnétique (IRM). Les supraconducteurs peuvent également être utilisés pour créer un dispositif connu sous le nom d'interférence quantique supraconductrice périphérique (SQUID). Les SQUIDS sont utilisés dans les diagnostics médicaux non intrusifs sur le cerveau. Ainsi, on a construit des trains qui lèvent grâce à des électroaimants fabriqués à partir de supraconducteurs[2].

Problématique retenue

Le maglev japonais peut atteindre une vitesse de pointe de l'ordre de 600 Km/h. Imaginons faire le trajet Paris-Marseille en une heure et demi. Le seul obstacle qui s'oppose à ce rêve est l'absence d'un supraconducteur à température ambiante. Pourquoi est-il difficile de fabriquer un tel matériau?

Objectifs du TIPE du candidat

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- Résolution numérique des équations trouvées.
- 4- Tentative d'introduction d'une approche quantique avec la théorie BCS.
- 5- Simulation numérique.
- 6- Illustration expérimentale de la lévitation magnétique.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] CHARLES P. POOLE, JR, HORACIO A. FARACH, RICHARD J. CRESWICK, RUSLAN PROSOLOV :
Superconductivity : *Academic Press*
- [2] J. KHACHAN : Superconductivity by Joe Khachan and Stephen Bosi :

<http://www.physics.usyd.edu.au/~khachan/PTF/Superconductivity.pdf>

[3] JOSÉ PHILIPPE PÉREZ, ROBERT CARLES, ROBERT FLECKINGER : Électromagnétisme: Fondements et applications : *Masson sciences, Dunod, ISBN 2 10 005574 7*

la supraconductivité au cœur d'un incident au LHC

motivation: Le 19 septembre 2008, lors d'essais sur un des secteur du LHC ,une défaillance provoque l'arrêt immédiat des opérations qui seront reprises en octobre 2009. Motivé par mon intérêt pour la supraconductivité, qui joue un rôle clé dans cette série d'événements, j'ai fait porter mon tpe sur ce sujet dans le but d'essayer de comprendre cet incident.

ancrage:mon tpe porte sur l'étude des milieux supraconducteurs, ce qui est en accord avec le thème dans un premier lieu. les interactions et la rupture sont aussi des notions centrales du sujet

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

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

Bibliographie commentée

La supraconductivité est un phénomène dont la découverte date de plus de 100 ans par le hollandais Kammerlingh Honnes et qui intéresse tout scientifique et industriel par ses applications fort intéressantes. En effet, l'IRM doit son existence à ce phénomène ou une bobine supraconductrice fonctionnant à $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3] est à la base du fonctionnement de cette machine. Mais plus encore, la supraconductivité est la plus intéressante dans la recherche dans le domaine de la physique des particules. Ou les accélérateurs de grande énergie et les grands détecteurs sont des outils clés [2]. Quand on dit supraconductivité, on parle de courant qui circule à l'infini ainsi qu'une répulsion du champ magnétique ce qui d'abord prit Kammerlingh Honnes de stupéfaction et qui jusqu'à maintenant fait briller les yeux pour les gains en énergie que cela fournit [3]. Les matériaux [1] présentent un seuil critique de température ou une discontinuité de la résistance électrique se produit qui est mise en corrélation avec la chaleur spécifique selon la théorie BCS qui décrit le mieux ce phénomène. il existe de même des transitions dues à l'influence du champ magnétique et qui exigent la classification des supraconducteurs en deux types[1]:

-supraconducteurs du type 1: présentant une seule valeur critique du champ magnétique H_c pour laquelle la transition supraconducteur/conducteur normal se produit (exemples: le mercure, le plomb)

-supraconducteurs du type 2: qui beaucoup plus nombreux et intéressants, ont deux transitions dépendantes du champ magnétique ou l'état intermédiaire présente la pénétration du champ magnétique dans le matériau sous la forme de « vortex », lignes de flux magnétique quantifié entourées de tourbillons de courant non dissipatif. qui celui-ci remplit progressivement le matériau jusqu'à ce qu'il passe à l'état normal toujours à une valeur critique du champ.

C'est ce type de supraconducteurs qui présente un intérêt particulier en industrie, principalement des alliages de Niobium qui sont utilisés dans les IRM ainsi que dans les accélérateurs de particules tel que le LHC. ce qui nous amène à ce dispositif qu'est le "Large Hadron Collider" qui a vu le jour suite à des budgets se comptant en milliards d'euros et des périodes de gestation et de construction en décennies[2]. et qui témoigne de notre exploitation du phénomène de la supraconductivité à de très grandes échelles afin de faire entrer en collision des faisceaux intenses de protons et d'ions avec des énergies et des luminosités sans précédent[2]. Ou l'enjeu principal fut la production de 1232 dipôles produisant un champ de 8,3T ainsi que plusieurs autres aimants et quadripôles. une opération à échelle internationale et qui nécessita une précision hors normes et une ingéniosité de plusieurs esprits dans la conception de moyens pour l'hélium refroidi de garder les différents composants dont le rôle est de faire circuler des courants de l'ordre des milliers d'ampères en dessous de la température critique. de si hautes énergies et d'aussi basses températures font en général tripler les mesures de sécurité ainsi que les tests requis pour chaque éléments du dispositif, ce qui malheureusement n'empêche jamais les incidents de se produire, et ce fut le cas le 19 septembre 2008 lors de tests sur l'un des secteurs du LHC ou une zone résistive s'est créée [5] et a dû mettre fin aux opérations et provoquer des réparations qui vont durer une année.

Problématique retenue

vu l'importance indéniable de la supraconductivité dans la science et l'industrie. la compréhension de ce phénomène avec ses différentes transitions ainsi que les critères de choix de différents matériaux supraconducteurs pour mieux les appliquer devient une nécessité

Objectifs du TIPE du candidat

mon projet a pour but l'étude des différents matériaux supraconducteurs à l'aide de connaissances ainsi que d'analyse numérique pour justifier l'utilité de certains matériaux comparés à d'autres dans l'application aux accélérateurs de particules notamment le LHC. et c'est à partir de données sur les dispositifs mis en jeu pour le fonctionnement de ce dernier que je vais discuter les mesures d'utilisation ainsi que de sécurisation du LHC

Références bibliographiques (phase 2)

[1] KEES VAN DER BEEK : Supraconducteurs la mécanique quantique à grande échelle :

<https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2011/05/refdp201127p6.pdf>

[2] PHILIPPE LEBRUN : CRYOGENIE ET SUPRACONDUCTIVITE POUR LE GRAND COLLISIONNEUR DE HADRONS (LHC) DU CERN :

<http://cds.cern.ch/record/811057/files/lhc-project-report-802.pdf>

[3] PASCAL TIXADOR ET PHILIPPE LEBRUN : La supraconductivité à l'ère industrielle :

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-la-supraconductivite-a-l-ere-industrielle-26724.php

[4] THIERRY KLEIN ET KEES VAN DER BEEK : Transitions de phase dans l'état mixte des supraconducteurs de type II : <http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP01-02/13.pdf>

[5] CERN : INTERIM SUMMARY REPORT ON THE ANALYSIS OF THE 19 SEPTEMBER 2008 INCIDENT AT THE LHC :

https://edms.cern.ch/ui/file/973073/1/Report_on_080919_incident_at_LHC__2_.pdf

Modélisation du trafic routier

Le trafic routier est la principale cause de rejet de gaz à effet de serre. Réduire les embouteillages permettra non seulement de réduire ces émissions de gaz nocifs mais aussi d'économiser une quantité considérable de carburant, temps et main d'oeuvre.

Une voie automobile est un milieu caractérisé par un flux de voitures qui interagissent entre eux. Une congestion du trafic crée une rupture de l'équilibre de la circulation qui met en péril la fluidité du déplacement des véhicules. mon Tipe est donc bien en adéquation avec le thème de l'année

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>Speed</i>

Bibliographie commentée

Une congestion est définie comme 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 [4]. Ces congestions ont des répercussions considérables sur l'environnement et la santé mais surtout sur le plan financier où les pertes de temps et de main d'œuvre peuvent s'estimer en milliards de dollars [2].

Sur une autoroute, chaque conducteur contrôle son véhicule de façon à ce qu'il ne heurte pas la voiture devant lui, c'est à dire que chaque véhicule freine ou accélère en fonction de la distance inter-véhicules. On peut donc assimiler le flux routier à un flux de particules qui changent leurs vitesses pour éviter les collisions. Les modèles mathématiques du trafic sont basés sur cette simple propriété du mouvement.[5].

Le contrôle du trafic routier par VSL (par variables de vitesses limites) , introduit pour la première fois en 1970 en Allemagne est une stratégie de gestion du trafic avancée et très populaire. Malgré son expansion et sa popularité internationale, les effets du VSL sur le trafic ne sont pas totalement

maîtrisés.[4]

Imposer aux automobilistes une vitesse limite à respecter s'avère être une solution partielle très prometteuse pour réduire les congestions . Théoriquement, réduire la vitesse maximale des véhicules permettrait d'assurer une circulation plus fluide. Cependant sur le plan expérimental, on doit effectuer plus de tests et de modélisations supplémentaires pour aboutir à des résultats concrets.[4].

La Caractérisation du trafic repose principalement sur l'équation de Burgers, utilisée aussi dans la dynamique des gaz ou encore en acoustique. Davantage, on peut par le biais 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 faciles à réaliser[3][1]

On peut donc modéliser expérimentalement le flux du trafic par un flux de chaleur obtenant ainsi une très bonne approximation et par la suite jouer sur la conductivité de différents matériaux pour représenter la vitesse des véhicules.[1][6]

Problématique retenue

Imposer aux conducteurs une vitesse limite à respecter permet-il de réduire les congestions automobiles ? Comment peut t-on alors modéliser expérimentalement ces congestions par des modèles de conduction thermique? Devra t-on avoir recours à une simulation informatique ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose d'étudier expérimentalement l'impact des limitations des vitesses sur la congestion routière par le biais des conceptions thermiques qui devraient fournir des résultats très proches de la réalité. Cependant, pour aller plus loin,Je vais avoir recours à une simulation informatique qui reposera sur les équations de Burger que je comparerais par la suite avec l'expérience.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] ARPAD TAKACI : Mathematical and simulation models of traffic flow : *PAMM · Proc. Appl. Math. Mech.* 5, 633–634 (2005) / DOI 10.1002/pamm.200510293
- [2] BRUNO BISSON : Congestion routière: des impacts multiples, des milliards de pertes : <http://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201511/02/01-4916352-congestion-routiere-des-impacts-multiples-des-milliards-de-pertes.php>
- [3] UNI MÜNSTER : Burgers Equations : https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/physik_tp/lectures/ws2016-2017/num_methods_i/burgers.pdf
- [4] FRANCESC SORIGUERA , IRENE MARTÍNEZ , MARCEL SALA , MÓNICA MENÉNDEZ : Effects of low speed limits on freeway traffic flow : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17300396>
- [5] 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>
- [6] TAKASHI NAGATANI , HEIKE EMMERICH, KEN NAKANISHI : Burgers equation for kinetic clustering in traffic ow : [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(98\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(98)00082-X)

Laser et cornée

L'opération de remodelage de la cornée par laser est un procédé qui s'est popularisé en Tunisie ces dernières années, et une solution permanente à des incorrections ophtalmologiques courantes. Etant moi même fortement myope, cette application pratique de la physique théorique m'a intéressé.

J'en ai fait le sujet de mon TIPE, dans lequel j'étudie la création du faisceau laser, je m'intéresse à ses interactions avec le milieu cornéen et l'optimisation du laser afin de contrôler la rupture engendrée a des fins thérapeutiques.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Théorique), 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>Vaporisation</i>	<i>Vaporisation</i>
<i>Stroma</i>	<i>Stroma</i>
<i>Puissance</i>	<i>Power</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelisation</i>

Bibliographie commentée

Le laser 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 a la création d'un faisceau lumineux cohérent, unidirectionnel et monochromatique [4].

La production de ce faisceau nécessite un milieu actif fortement peuplé de particules excitées, état qui, en vertu de l'agitation thermique, ne peut exister au repos. Ce n'est que dans les années 50 que les premières méthodes dites de pompage ont été mis au point, délivrant continuellement de l'énergie au système et permettant la création d'un milieu actif ouvrable. Le laser (acronyme anglais pour Amplification de Lumière par Emission Stimulée de Radiation) est devenu un outil scientifique important, utilisé pour des modélisations expérimentales de rayon lumineux ou pour calculer des distances [4].

Son utilisation atteint vite l'industrie: des méthodes de pulsage permettent la conception de lasers de plus en plus puissants, transformant le faisceau en outil de découpage: on l'utilise pour vaporiser des sections dans des métaux a tout les degrés de précision [1].

La puissance du faisceau, sa taille, sa précision et son rendement sont adaptable à la tâche voulue et dépendent de nombreux facteurs tels que la composition du milieu actif qui peut varier d'un semi conducteur à un gaz, de la taille de sa cavité optique, du système de pompage utilisé, de la

pulsation choisie, de la méthode de pulsation utilisée et plus encore [1].

Le laser est enfin utilisé en médecine. Ses applications sont nombreuses et couvrent tout les domaines, de l'ablation de cellules cancéreuses à la suppression de cicatrices. Les nécessités de la médecine forment un cahier de charge très différent de celui de l'industrie: le rendement est négligé au profit de la précision du faisceau et de la puissance délivrée. L'application la plus répandue en chirurgie est le traitement de la myopie et de l'astigmatie par réduction de cornée [2,3].

L'opération consiste à vaporiser une partie liquide de la cornée, le stroma, et à la remodeler afin de modifier sa vergence [2,3]. L'opération ne doit pas endommager le système environnant [5]. On est en droit de se demander comment construire un laser répondant à ces critères de précision et de puissance; une modélisation nous permettra ensuite de vérifier ces résultats.

Problématique retenue

Parmi les nombreuses utilités du laser, on trouve la capacité de modifier des milieux délicats à des niveaux locaux. Cependant, différentes opérations requièrent différents lasers. On se propose de construire l'outil optimal pour effectuer une opération de réduction de cornée par l'étude du milieu concerné et du fonctionnement du laser.

Objectifs du TIPE du candidat

1. Étude du laser:

- Milieu actif
- inversion de population et méthodes de pompage
- faisceau, pulsation et puissance

2. Étude du milieu cornéen

3. Couplage laser-cornée:

- création d'un modèle complexe reliant équation de la chaleur et rayonnement électromagnétique
- adaptation du laser aux nécessités de l'opération

4. Modélisation python du système et résolution

5. Réalisation d'une expérience simple

Références bibliographiques (phase 2)

[1] KARL-HEIN LEITZ HOLGER KOCH ANDREAS OTTO MICHAEL SCHMIDT : Numerical simulation of process dynamics during laser beam drilling with short pulses :

https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_202708.pdf

[2] STEFAN SCHARRING DANIEL J. FÖRSTERA, HANS-ALBERT ECKELA, JOHANNES ROTHB, ET MIKHAIL POVARNITSYN : Open Access Tools for the Simulation of Ultrashort-Pulse Laser Ablation :

http://elib.dlr.de/89090/1/Open_access_tools.pdf

[3] TYLER ANDERSON, PUI LAM CHENG, THOMAS GAUTIER, ET REBECCA LI : Modeling the Cornea During Laser Ablation Procedures :

<https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/43902/Group01.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

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

<http://www.rrp-photonics.com/>

[5] DAVID HUANG, MAOLONG TANG ET RAJ SHEKHAR : Mathematical Model of Corneal Surface Smoothing After Laser Refractive Surgery : *American journal of ophtalmology*, March 2003

milieux granulaires: liquéfaction des sables en géotechnique.

Mars 2011, Au Japon, un phénomène physique aussi fascinant que tragique, a particulièrement attiré mon attention: La liquéfaction des sols qui bougeaient comme un radeau à la dérive. Ce pays ne s'effondrait pas, il coulait. Cette catastrophe assez étonnante m'a incité a mieux l'étudier d'où le choix de mon sujet.

Ce dernier s'inscrit directement dans le thème, puisqu'il traite quelques caractéristiques des milieux granulaires en particulier des sables, les différentes interactions entre les grains ainsi que l'homogénéité des différents mélanges.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Sols granulaires</i>	<i>granular soils</i>
<i>Sables</i>	<i>Sands</i>
<i>Dynamique</i>	<i>Dynamics</i>
<i>Liquéfaction</i>	<i>Liquefaction</i>
<i>Sensibilité</i>	<i>Sensitivity</i>

Bibliographie commentée

La Tunisie, se positionnant entre l'Italie et l'Algérie, deux pays qui sont à haut risque sismique, est alors susceptible d'être face à de dangers futurs.

En réalité, les effets destructeurs des séismes sur les ouvrages sont considérables, d'où la nécessité de prendre en compte ces effets dans le dimensionnement des ouvrages.

Les structures doivent être donc conçues pour résister aux actions sismiques et minimiser les dommages occasionnés. [3]

Et parmi les causes les plus importantes de cette catastrophe: la liquéfaction des sols qui est un phénomène préoccupant en géotechnique et en génie parasismique. En effet il peut provoquer des dégâts considérables pouvant être dans certains cas dévastateurs.

La liquéfaction du sol est un phénomène généralement brutal et temporaire par lequel un sol saturé en eau perd une partie ou la totalité de sa portance, permettant ainsi l'enfoncement et l'effondrement des constructions. [3][1]

La liquéfaction dépend de plusieurs facteurs et paramètres qui sont liés aux différents caractéristiques du sol.

Pour mieux comprendre la problématique, il faut en premier lieu, identifier le type du sol. Ceci peut être effectué par plusieurs démarches, en particulier, par analyse granulométrique.

En effet, la granulométrie est l'étude de la distribution statistique des tailles d'une collection d'éléments finie de matière naturelle ou fractionnée. Tandis que l'analyse granulométrique est l'ensemble des opérations permettant de déterminer la distribution des tailles des éléments composant la collection.

Cette méthode sert plus clairement à déterminer la distribution des particules d'un sol suivant leurs dimensions. [2][1]

La caractérisation des sols permet ainsi de faire quelques interprétations quant à la susceptibilité des différents milieux à la liquéfaction.

En réalité, ce type de comportement est généralement observé dans le cas des matériaux sableux, ce qui présente un risque pour les ouvrages de surface.

Pour essayer de prévoir une telle catastrophe et de minimiser les dégâts qu'elle peut engendrer, il est possible de déterminer et d'évaluer le risque de liquéfaction.[6]

Ceci peut être établi par la définition d'un facteur de sécurité vis-à-vis de ce risque qui est le rapport entre la contrainte de cisaillement cyclique et la résistance de cisaillement cyclique.

La détermination de ces facteurs est faite par différentes méthodes qui ont suscité l'intérêt de Ross W. Boulanger et Izzat M. Idriss qui ont développé ceci pendant plusieurs années. [4][5]

Problématique retenue

Identifier les différents types de sols suivant une démarche expérimentale, étudier le potentiel de liquéfaction qui caractérise les sables et évaluer l'influence de la variation de certains paramètres. Les résultats sont appliqués à la recherche d'une méthode qui permet de minimiser les dégâts engendrés par ce phénomène.

Objectifs du TIPE du candidat

Faire la classification des sols granulaires par granulométrie.

Etudier le phénomène de la liquéfaction et ses critères dans les sables.

Évaluer le potentiel de liquéfaction.

Etudier la sensibilité du système en variant quelques paramètres mis en jeu.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] Wikipédia

[2] M. BOUASSIDA, S. BOUSSETTA (2007) : Manuel de travaux pratiques de mécanique des sols. Chapitres 3 et 4.

[3] Z. BEN SALEM (2016) : Etude du potentiel de liquéfaction d'un sol renforcé par colonnes ballastées. Doctorat en Génie Civil. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis. (La partie concernant la liquéfaction)

[4] R. W. BOULANGER, I. M. IDRIS (2004) : Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes.

[5] R. W. BOULANGER, I. M. IDRIS (2008) : Soil liquefaction during earthquakes.

[6] A.PECKER (1984) : Dynamique des sols. Edition de l'école des ponts et chaussée. Chapitre 3.

Interactions du type prédateur-proie

Des documentaires sur le règne animal m'ont permis de constater une alternance entre la dominance démographique en prédateur et celle en proie. D'où la décision de me pencher sur une explication plausible de ce constat dans mon TIPE.

La faune est un milieu animal où interagissent prédateurs et proies pour leur survie. Ces interactions créent une dynamique qui se rompt parfois à cause de données propres au milieu animal considéré. D'où la cohérence entre mon sujet et le thème de cette année.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Dynamique logistique</i>	<i>logistics dynamics</i>
<i>Oscillations harmoniques</i>	<i>harmonic oscillations</i>
<i>Auto-entretenu</i>	<i>self-sustaining</i>
<i>Systèmes différentiels</i>	<i>differential systems</i>
<i>Capacité limite</i>	<i>limiting capacity</i>

Bibliographie commentée

Des événements comme le naufrage du pétrolier Erika le 12 décembre 1999 au large de Penmarc'h (Finistère), catastrophe écologique qui a impacté la dynamique de l'écosystème aux alentours à cause de la marée noire de substances cancérigènes qu'elle a entraînée, montre que dans le milieu animal les acteurs interagissent autant entre eux qu'avec le milieu [1]. Des scientifiques tels Leonardo Pisano, Fibonacci (1175-1250), Thomas Robert Malthus (1766-1834), Pierre-Henri Verhulst (1804-1849) se sont donc intéressés à tout ce qui concerne ce genre d'interactions, c'est ainsi que Alfred James Lotka (mathématicien, statisticien américain) en 1925 et Vito Volterra (mathématicien, physicien italien) en 1926 ont développé indépendamment ce qui est maintenant couramment appelé le modèle de prédation (modèle prédateur-proie) ou modèle d'évolution en « Ressource-consommateur » [1,4].

Le modèle de Lotka-Volterra se présente comme un couple d'équations différentielles non-linéaires pouvant décrire l'évolution en « prédateurs » et « proies » au cours du temps avec des données telles que le taux de reproduction intrinsèque des proies, le taux de reproduction des prédateurs en

fonction des proies, le taux de mortalité des proies due aux prédateurs, le taux de mortalité intrinsèque des prédateurs [2]. Dans ce modèle, le nombre prédateurs augmente lorsque les proies sont profuses, mais finis par régresser lorsque les ressources (en proies) déclinent. Lorsque la population de prédateur a diminué, les proies, moins traquées, ont du répit et leur population augmente de nouveau. Cette dynamique se poursuit incessamment en un cycle de croissance et de déclin [2]. Une modélisation des deux graphes dans un champ de vecteurs pour des solutions particulières donne deux courbes fermées de forme ovoïde parcourues dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et les graphes des deux composantes des équations différentielles sont d'une dynamique périodique d'oscillations auto-entretenues, avec le graphe "prédateur" en retard d'environ 90° c'est à dire un quart de période sur celui "proie"[2,3].

L'étude de ce couple d'équations différentielles (cas Lotka-Volterra) dans un laps de temps sensiblement réduit donne des résultats approximativement égaux aux observations faites en pratique. Mais l'absence de contraintes telles que l'influence du milieu extérieur sur les acteurs (prédateur, proie) , les limites en densité d'acteurs, les compétitions pour la nourriture ou diverses autres formes de compétitions, rendent ce modèle peu valable pour des temps très grands. Dans ces conditions les modèles tels que celui de Rosenzweig-MacArthur (1963, voir le livre de Turchin) sont plus précis puisqu'ils modifient celui de Lotka-Volterra en y ajoutant d'autres contraintes diverses [5,7].

Dans le but de comprendre certaines interactions du monde animal précisément dans certains parcs animaliers en Afrique (conformément à ma motivation), l'étude du modèle de Lotka-Volterra est correcte puisqu'il s'agit ici d'une étude dans un intervalle de temps contrôlé. La modélisation par Rosenzweig-MacArthur étant plus précise [6], les simulations qui sont faites par le biais de ce modèle sont plus justes car plus concordantes.

Problématique retenue

En fonction du domaine considéré et de la précision escomptée des résultats, certains modèles d'étude conviennent plus que d'autres. Dans le cas des milieux animaux, dans un laps de temps contrôlé, abordons le modèle de Lotka-Volterra quitte à étudier un cas pratique , pour voir sa congruence.

Objectifs du TIPE du candidat

J'aborderai : (i) une étude plus ou moins complète du modèle de prédation de Lotka-Volterra (avec une approche mathématique puis informatique pratique), ensuite (ii) une simulation informatique d'une interaction du type prédateur-proie après modélisation par implémentation Python, en utilisant préférentiellement le modèle de Rosenzweig-MacArthur, puis (iii) une confrontation des deux formes d'approches abordées.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] SANDRINE CHARLES, HUBERT CHARLES : Des espèces en nombre :
https://interstices.info/jcms/n_49876/des-especes-en-nombre ,2017

- [2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Équations_de_prédation_de_Lotka-Volterra ,2017
- [3] <http://math.unice.fr/~diener/MAB07/LotVolt.pdf> ,2017
- [4] <http://experiences.math.cnrs.fr/Le-modele-proie-predateur-de-Lotka.html> ,2017
- [5] <http://experiences.math.cnrs.fr/Le-modele-de-Rosenzweig-MacArthur.html> ,2017
- [6] <https://mathematica.stackexchange.com/questions/138082/rosenzweig-macarthur-predator-prey-model> ,2017
- [7] H.L SMITH : ROSENZWEIG-MACARTHUR PREDATOR-PREY MODEL :
<https://math.la.asu.edu/~halsmith/Rosenzweig.pdf> ,2017

Cartographie des fonds marins

J'ai lu un article qui disait que jusqu' à aujourd'hui les fonds marins représentent l'un des endroits les moins connus de la surface de la terre. J'ai voulu donc en savoir plus raison pour laquelle j'ai choisi la cartographie des fonds marins comme sujet.

L'utilisation de méthodes acoustiques pour la cartographie des fonds marins reposent sur l' émission d' ondes sonores dans le milieu marin et de leur réception après réflexion sur l' interface constitué par le fond marin. Mon étude est bien en accord avec le thème Milieu.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), PHYSIQUE (*Physique Ondulatoire*), SCIENCES INDUSTRIELLES (*Traitement du Signal*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Sonar actif</i>	<i>Active sonar</i>
<i>Transducteur</i>	<i>Transducer</i>
<i>Onde acoustique</i>	<i>Acoustic Wave</i>
<i>Rétrodiffusion</i>	<i>Backscattering</i>
<i>Sonogrammes</i>	<i>Sonograms</i>

Bibliographie commentée

Les mers et les océans couvrent deux tiers de la surface de la terre. Les fonds marins sont en partie méconnus et souvent difficiles d'accès [1]. Cependant ils s'avèrent que leur connaissance est devenue importante pour l'homme. En effet ils sont le siège de multiples activités humaines tel que la pose de câbles de communication, l'exploitation minière offshore etc. la production de cartes de fonds marins permet l'expansion de ces activités[2].

Au cours de ces dernières années, l'on opte pour l'utilisation d'ondes acoustiques pour la cartographie des fonds marins. En 1915, Paul Langevin invente le sonar (Sound navigation and ranging) à la détection des sous marins. Celui ci a été ensuite appliqué à la cartographie des fonds marins. Il repose sur l'utilisation d'ondes acoustiques en lieu et place d'ondes électromagnétiques couramment utilisées dans le domaine de l'imagerie .Ce choix est dû au caractère dissipatif de l'eau. En effet les ondes électromagnétiques subissent une trop forte atténuation dans ce milieu .Il existe deux types de sonar ; les sonars actifs et les sonars passifs [3].L' un des systèmes utilisés pour la

cartographie des fonds marins est le sonar à balayage latéral (SBL) qui est un sonar actif .Le SBL est un système émetteur-récepteur d'ondes acoustiques permettant de visualiser les fonds sur une largeur importante. Ce système émet une impulsion électrique par l'intermédiaire d'un de ses transducteurs, impulsion qui est ensuite convertie en onde acoustique (ultrasons).L' onde ainsi émise sur la surface balayée interagit avec le fond. Cette interaction se fait par réflexion au niveau du fond et transmission au sous sol. Une partie des ondes réfléchies retournera à la source (transducteur) : c'est le phénomène de rétrodiffusion .Le signal associé à cette onde sera converti en signal électrique au niveau du transducteur. Et c'est l'analyse de ce signal électrique qui nous permettra d'obtenir une image acoustique (sonogramme)[3,4,5].

Problématique retenue

Etudier le phénomène de rétrodiffusion ainsi que le principe de fonctionnement du sonar actif.

Objectifs du TIPE du candidat

- Expliquer le phénomène de rétrodiffusion, recherche et analyse de modèles pouvant le décrire.
- Mise au point d'un dispositif expérimental pouvant reproduire une émission du sonar dans l' eau.
- Simulation numérique de formation d' image acoustique à l' aide de sonar.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] NICOLAS JOSSO : Caractérisation des milieux sous marins en utilisant des sources mobiles d'opportunité .Thèse de doctorat, Université de Grenoble ,2010 : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00546875>
- [2] X.LURTON : Caractérisation des fonds marins par acoustique:état de l'art et perspectives : *Journal de physique IV,volume 4,Mai 1994*
- [3] AYDA ELBERGUI : Amélioration des techniques reconnaissance automatique de mines marines par analyse de l'écho à partir d'images sonar haute résolution. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale,2013 : . <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01124245>
- [4] A.EHRHOLD : L'application du sonar à balayage latéral(SBL) pour la cartographie des habitats marins en domaine subtidal : http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT09-2003-01.pdf
- [5] CLAUDE AUGRIS & PHILIPPE CLABAUT : Cartographie géologique des fonds marins côtiers ,Exemples le long du littoral français : *Chapitre I*

Contrôle non destructif des matériaux par ultrasons

En recherchant les failles des pièces de ma défectueuse bicyclette qui pourtant paraissait si neuve, j'ai découvert le contrôle non destructif par ultrasons. Je m'y suis intéressé car cette technique est beaucoup utilisée en industrie et en plus présente les avantages d'être efficace et moins chère.

Ce sujet s'inscrit dans le thème car traitant de la détection de défauts dans un matériau, constituant un milieu physique. Des ondes ultrasonores, émises, se propagent et interagissent avec les interfaces localisées à la surface du matériau puis se réfléchissent sur les défauts. Ce qui permet de détecter ces derniers.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), MATHÉMATIQUES (Analyse), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Contrôle par ultrason</i>	<i>Ultrasonic testing</i>
<i>Détection de défauts</i>	<i>Flaws detection</i>
<i>Matériau</i>	<i>Material</i>
<i>Transducteur</i>	<i>Transducer</i>
<i>Réflexion et transmission</i>	<i>reflection and transmission</i>

Bibliographie commentée

Les contrôles non destructifs (CND) ou essais non destructifs désignent l'ensemble des procédés visant à évaluer l'état d'un matériau ou à dimensionner les fissures qu'il contient, sans toutefois l'endommager. Ces contrôles sont nécessaires à l'industrie pour assurer la qualité ou la sécurité des matériaux qu'elle utilise ou qu'elle produit.

L'histoire du CND remonte au XIX -ème siècle avec la découverte des rayons x, de la piézoélectricité, etc. Ces découvertes permirent de mettre au point les premières techniques de contrôle. Ce n'est toutefois qu'à partir de la Deuxième Guerre mondiale que les essais non destructifs se sont pleinement intégrés dans l'industrie surtout dans le domaine de la métallurgie. [1]

Aujourd'hui, le CND comprend plusieurs méthodes qui sont utilisées chacune en fonction de la composition du matériau et de la nature des défauts. En effet, les défauts peuvent être classés en deux catégories : les défauts de surface et les défauts internes. Les principales méthodes de

contrôle sont : l'examen visuel, le ressuage, la radiographie, la magnétoscopie et le contrôle ultrasonore. [2]. Toutefois, de toutes ces méthodes, le contrôle ultrasonore est la méthode la plus utilisée dans l'industrie et dans tout autre secteur qui nécessite un contrôle des structures mécaniques. L'examen visuel est la première et plus simple méthode de contrôle. Il intervient dans la plupart des autres méthodes de contrôle. [2,3] Comme son nom l'indique, l'examen visuel consiste à faire une observation directe de la surface de la pièce à inspecter en vue d'y rechercher des discontinuités. L'observation peut se faire soit par visionnage direct ou soit en utilisant des instruments optiques tels que loupes, miroirs, etc. Mais cette technique de contrôle est limitée, car la lecture de l'image par l'œil peut être subjective [3]. Quant au ressuage, il consiste à imprégner le matériau d'un liquide fluorescent, généralement de couleur rouge qui pénètre dans les discontinuités. Ensuite, on procède au nettoyage et au « ressuage » du matériau soit par un révélateur soit par un émulsifiant. Après ces étapes, le liquide emprisonné dans les discontinuités s'écoule, ce qui permet de détecter leurs présences. Toutefois, cette technique de contrôle n'est utile que pour déterminer les défauts de surface et impose un état de surface bien poli pour renseigner de la présence de défauts. Par contre, la magnétoscopie ne nécessite pas un bon état de surface, mais est une technique très efficace pour détecter des défauts de surface. Mais elle devient plus délicate lorsqu'il s'agit des défauts internes si bien qu'il est préférable d'utiliser les ultrasons [4]. La radiographie et les ultrasons sont les deux méthodes qui s'appliquent à presque tous les matériaux et qui produisent des résultats avec de grandes précisions [4]. Toutefois, la radiographie requiert des coûts énormes d'investissement et de plus les images obtenues par cette méthode sont souvent difficiles à analyser. Par ailleurs, les rayonnements sur lesquels repose cette méthode de contrôle, par exemple les rayons X, peuvent être nocifs pour l'utilisateur.

Cette description des différentes méthodes du CND révèle que le contrôle par ultrasons est la meilleure méthode de détection de défauts. Elle est facilement applicable, et permet de détecter aussi bien des défauts de surface que des défauts internes. Le principe de fonctionnement de ce contrôle est basé, comme l'indique son nom, sur des ultrasons qui sont des ondes à haute fréquence (compris entre 0.2 et 20 MHz). Ces ondes de hautes fréquences sont utiles pour détecter les défauts internes de petite taille [5]. Elles sont émises par un transducteur piézoélectrique qui est aussi utilisé comme capteur. Ensuite, elles se propagent dans le matériau à inspecter et interagissent avec les défauts par des réflexions et des transmissions. Le capteur convertit les ondes ultrasonores en signal électrique, dont l'analyse permet d'évaluer l'état du matériau [5]. En outre, en plus de permettre une facile détection des défauts d'un matériau, le contrôle ultrasonore est un outil efficace, pour étudier les propriétés physiques de certaines structures.

Problématique retenue

Dans l'optique de comprendre le principe d'évaluation de l'état de « santé » d'un matériau par le contrôle ultrasonore, nous étudierons les phénomènes physiques sur lesquels il se base et nous l'utiliserons pour étudier le degré d'altération d'une roche.

Objectifs du TIPE du candidat

Premièrement, je commencerai par comprendre les processus physiques permettant d'expliquer la

création des ondes ultrasonores, leur propagation dans le milieu et leur interaction avec les défauts. Ensuite, je réaliserai une série de mesure sur plusieurs échantillons de roches : je caractériserai leurs états initiaux puis je leur ferai subir des élévations de température croissantes et quantifierai la dégradation causée par ces élévations dans les roches.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] LES END une profession au cœur de la sûreté de milliers de dispositifs industriels :

https://www.cofrend.com/upload/docs/application/pdf/2017-02/livret_metiers.pdf

[2] Contrôle non destructif : https://fr.wikipedia.org/wiki/Contrôle_non_destructif

[3] Contrôle Non Destructif : <http://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/controle/Chapitre-0/index.html>

[4] J.DUMONT-FILLON : Contrôle non destructif (CND) : *ref.article : r1400, 1996*

[5] TRIBIKRAM KUNDU : ULTRASONIC NONDESTRUCTIVE EVALUATION:Engineering and Biological Material Characterization : *nternational Standard Book Number 0-8493-1462-3 Library of Congress Card Number 2003055770 Printed in the United States of America 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 Printed on acid-free paper*

Prédiction des phénomènes météorologiques: étude et modélisation

L'exemple de super-cyclone Irma qui a dévasté le sud-est des Etats-Unis en septembre dernier montre l'importance des modèles physiques de prédiction météorologique. En effet, cet ouragan avec des vents allant jusqu'à 360km/h a frappé plusieurs villes et a causé des désastres. Choquée par cet événement, j'ai décidé de comprendre les équations mathématiques permettant d'estimer sa trajectoire pour prévenir et protéger la population.

L'atmosphère terrestre est un milieu physique très complexe et hétérogène à cause de multiples interactions entre les différents phénomènes physiques. Mon tpe porte sur ce milieu et s'inscrit donc dans le thème 2018.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Prédiction</i>	<i>Prediction</i>
<i>Système non linéaire</i>	<i>Nonlinear system</i>
<i>Convection</i>	<i>Convection</i>
<i>Python</i>	<i>Python</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelization</i>

Bibliographie commentée

Le 6 septembre 2017 au large de la République dominicaine, Irma transformé déjà en ouragan de classe 5, menace de ravager Haïti et Cuba et se dirige vers les Etats-Unis. Les météorologues prédisent sa transformation vers un super cyclone avec son déplacement vers l'ouest et les Etats-Unis se préparent à la pire tempête de son histoire. Après 5 jours, Irma perd son énergie en causant des pertes économiques de 290 milliards de dollars [5]. En essayant de retracer la trajectoire de ce cyclone, on trouve qu'il est né au large de l'Afrique le 30 aout 2017 comme une tempête tropicale ordinaire.

Qu'est ce qui est passé pour avoir ce passage brutal entre sa naissance et sa transformation en un cyclone? Peut-on prédire un tel phénomène naturel? Peut-on prédire un tel phénomène naturel?

En effet, la météorologie est une science qui étudie les phénomènes atmosphériques créés dans l'atmosphère terrestre qui est un système complexe vu l'interaction entre les océans et l'atmosphère. Ainsi, cette science englobe la thermodynamique, la mécanique des fluides et la chimie avec les mathématiques qui interviennent dans l'analyse des données statistiques. De part sa

construction, cette science est complexe et traite des phénomènes aléatoire, chaotique et très sensibles aux conditions initiales. Ce caractère chaotique a été évoqué par le mathématicien français Jules Henri Poincaré dans son livre "Calcul des probabilités". J'ai choisi de citer "il peut arriver que de petites différences dans les conditions initiales en engendrent de très grandes dans les phénomènes finaux; une petite erreur sur les premières produirait une erreur énorme sur les derniers."

Mathématiquement, l'interaction atmosphère-océan est décrite par le système d'équations Navier-Stokes de la mécanique des fluides. A l'époque de Lorenz, le système était très compliqué à résoudre par les premiers ordinateurs. Ce qui nécessite alors de trouver un modèle simplifié: le phénomène de convection de Rayleigh-Bénard qui aboutit à un système dynamique différentiel plus simple à intégrer numériquement.

Problématique retenue

Peur de dévastation qui peut causer un cyclone, il est nécessaire de prévoir son trajectoire. Mais, puisqu'il est chaotique on ne peut pas affirmer son comportement. Et pour cette raison, des physiciens essayent de les comprendre en utilisant des modélisations plus simples.

Comment ces modélisations nous permet de le comprendre?

Objectifs du TIPE du candidat

*En utilisant, l'analogie existante entre le comportement chaotique d'un cyclone et d'une particule vérifiant le modèle de Lorenz, je commence par modéliser un cyclone par les équations de Lorenz afin de déterminer une prédiction grossière.

*J'étudie l'existence et l'unicité des solutions du système de Lorenz d'un point de vue mathématique.

*J'implémente un algorithme en Python pour résoudre ce modèle avec des différents schémas numériques (étude de convergence, stabilité).

*Afin de tenir compte de la complexité de l'interaction entre l'océan et l'atmosphère terrestre, j'utilise les équations de Navier-Stokes.

*J'essayerai de faire une expérience qui illustre un mini-cyclone.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] DARIA SCHO" NEMANN* ET THOMAS FRISIUS, : Dynamical system analysis of a low-order tropical cyclone model :

<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/tellusa.v64i0.15817?needAccess=true>

[2] EDWARD N. LORENZ : Deterministic Nonperiodic Flow :

<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281963%29020%3C0130%3ADNF%3E2.0.CO%3B2>

[3] KATSUYUKI OYAMA : Numerical Simulation of the Life Cycle of Tropical Cyclones :

<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281969%29026%3C0003%3ANSOTLC%3E2.0.CO%3B2>

[4] G. PERRET, A. STEGNER, M. FARGE ET : Cyclone-anticyclone asymmetry of large-scale wakes in the laboratory : http://corto.to.isac.cnr.it/aosta_old/aosta2006/LecturesSeminars/contrib/perret.pdf

[5] EUROPE1 : États-Unis : Irma et Harvey vont coûter 290 milliards de dollars :

<http://www.europe1.fr/international/etats-unis-irma-et-harvey-vont-couter-290-milliards-de-dollars-3432539/>

[6] WIKISOURCE : Page:Henri Poincaré - Calcul des probabilités, 1912.djvu/11 :

https://fr.wikisource.org/wiki/Page:Henri_Poincar%C3%A9_-_Calcul_des_probabilit%C3%A9s,_1912.djvu/11

Corrosion d'un métal

Ce sujet me permet d'étudier un phénomène assez courant qui est la corrosion au niveau mésoscopique et ainsi expliquer les conséquences au niveau macroscopique tout en liant les différentes interprétations. Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année dans la mesure où il traite la propagation de la corrosion dans un métal ainsi que les éventuelles ruptures que ça peut induire dû aux interactions qu'il peut avoir avec l'environnement.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Corrosion sous contrainte</i>	<i>Stress Corrosion Cracking</i>
<i>Fragilisation par l'hydrogène</i>	<i>Hydrogen embrittlement</i>
<i>Corrosion</i>	<i>Corrosion</i>
<i>Propagation</i>	<i>Propagation</i>
<i>Simulation informatique</i>	<i>Computer simulation</i>

Bibliographie commentée

La corrosion est un ennemi industriel redoutable qui représente un problème majeur dans le secteur de la construction, en effet la corrosion entraîne des conséquences économiques considérables, la preuve en est que le coût est estimé à 3.5% du PIB des pays industrialisés en 2016. La corrosion touche essentiellement les métaux mais s'attaque aussi aux bétons ainsi qu'aux polymères aussi bien dans les environnements humides que secs. Ce phénomène représente aussi une grande importance d'un point de vue scientifique et technique et sa compréhension demande un grand effort de recherche faisant intervenir chimie et science des matériaux et qui peut être traité de maintes manières en fonction du métal considéré ainsi que du milieu dans lequel il se trouve et des contraintes qu'il subit.

L'ampleur de la corrosion des métaux est capitale, en effet elle concerne la fiabilité des infrastructures, des installations industrielles et leurs durée de vie ainsi que leur maintenance qui constitue un vaste champ de recherche multidisciplinaire. J'ai choisi de travailler sur un type de corrosion très particulier en raison de ses liens au thème de l'année mais aussi de sa redondance dans l'industrie. Effectivement, la corrosion sous contrainte des métaux est une préoccupation majeure dans beaucoup de domaines technologiques telles que l'ingénierie civile, les industries pétrolières ou encore les centrales nucléaires[1]. Dans tous ces secteurs, la moindre rupture peut

causer des conséquences catastrophiques pour la vie humaine et l'environnement. Ainsi les ingénieurs concernés doivent considérer que l'exposition d'une structure aux conditions de corrosion favorisant les fissures et leurs propagations va significativement diminuer la résistance de celle ci, sur quoi mon travail est focalisé.

La corrosion sous contrainte[2] d'un métal est causée par une traction, souvent résultat d'une force mécanique ou encore de la chaleur induisant ainsi des fragilisations locales, couplée à la corrosion. Ceci est très fréquemment accompagné d'une fragilisation par l'hydrogène[3], anomalie qu'on rencontre dans les activités pétrolières qui emploient de l'hydrogène gazeux à haute pression, entraînant alors la dissolution de l'hydrogène dans le pipeline métallique puis de sa diffusion vers la zone où la contrainte est la plus élevée. Dans ce cas, ces deux phénomènes sont très difficiles à distinguer.

L'appréhension de ce type de corrosion nécessite une étude électrochimique propre à la fragilisation par l'hydrogène et physique pour ce qui est des risques de rupture du matériau et ce en tenant compte des plusieurs facteurs tels que :

- L'intensité de la contrainte subite.
- La composition de l'alliage (Acier inoxydable austénitique, ferritique, ect.) ainsi que sa microstructure dont va fortement dépendre la diffusion de l'hydrogène.
- Les propriétés du milieu comme la température ou encore la présence d'oxydants et le potentiel.

Cependant, il n'existe pas de théorie complète capable de décrire l'influence de chacun de ces paramètres et ainsi prévoir la rupture du métal. Plusieurs méthodes de contrôle ont donc été élaborées.[4]

Problématique retenue

Les paramètres de l'environnement du métal et l'intensité de la charge qu'il subit sont les principaux facteurs de la corrosion sous contrainte et la fragilisation par l'hydrogène. Cependant il n'existe pas de méthode absolue permettant de prévoir où ou quand une rupture aura lieu, une modélisation numérique s'impose.

Objectifs du TIPE du candidat

1. Étude de la corrosion sous contrainte et de la fragilisation par l'hydrogène et mise en évidence de leur coopération dans la corrosion ainsi que des paramètres influents.
2. Mise en place d'une modélisation de la diffusion de l'hydrogène en fonction de la composition de l'alliage et de sa microstructure.
3. Liaison de la fragilisation par l'hydrogène à la propagation des fissures dans le milieu considéré.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] R. RIOS : Etude des mécanismes de corrosion sous contrainte de l'alliage 600 (Ni15Cr) dans l'eau à haute température. :

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/048/27048128.pdf

[2] BENOÎT GRIMAULT. : Evaluation vis à vis de la corrosion sous contrainte et de la fragilisation par hydrogène de l'emploi de câbles de précontrainte en acier inoxydable. : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00961826>

[3] MICHIIKO NAGUMO : Fundamentals of Hydrogen Embrittlement : *Springer Libri, 2016*

[4] LIETAI YANG : Techniques for Corrosion Monitoring : *Woodhead Publishing, 2008*

[5] JEAN PHILIPPES TINNES : Fragilisation et processus anodiques en Corrosion Sous Contrainte : étude des paramètres micro-mécanique influents.

[6] BERNARD BAROUX : La corrosion des métaux : *Dunod, Janvier 2014*

Modélisation des interactions lors d'un match de basket-ball

Après avoir pratiqué plusieurs sports collectifs je me suis penché sur la modélisation du basket-ball pour décrire l'évolution du jeu et quantifier ses aspects déterminants. L'intérêt économique majeur de ce sport ,où la NBA déverse 730 millions d'euros annuel à 30 de ses joueurs, donne une importance capitale à cette modélisation.

A travers la modélisation des interactions d'un match de basket-ball on peut donner au mot "milieu" un sens figuré : celui d'un environnement physique entourant et influençant les êtres vivants, ce qui concerne mon travail le milieu est tout élément présent sur le terrain à part l'équipe en possession.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (*Mathématiques Appliquées*), INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), PHYSIQUE (*Mécanique*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Basket-ball</i>	<i>Basket-ball</i>
<i>Trajectoire</i>	<i>Trajectory</i>
<i>Chaines de Markov</i>	<i>Markov Chain</i>
<i>Transitions</i>	<i>Transitions</i>
<i>Probabilités</i>	<i>Probabilities</i>

Bibliographie commentée

La modélisation des jeux sportifs est, depuis la période d'entre deux guerres , un sujet de recherches suscitant l'intérêt des scientifiques.

En effet, le lien entre sciences et sport date de plusieurs décennies avec l'apparition des premiers modèles de la performance sportive tel que ceux de Carty (1967) et d'Astrand (1970) dans la perspective de déterminer l'influence des différents facteurs tactiques et physiques sur la performance [1]

Depuis, la recherche dans les milieux sportifs s'est développée en plusieurs branches, parmi lesquelles l'optimisation de la performance ainsi que la description de l'évolution du jeu dans les

sports collectifs et la prédiction des sorts des matchs au fur et à mesure du déroulement de l'épreuve en collectant les informations aux instants précédents.

Ayant choisi le Basket-ball comme sujet d'étude, la littérature sportive suggère que la modélisation du cours du jeu a connu deux approches différentes :

-La première est une approche discrète qui se limite à considérer les actions les plus remarquables et déterminantes tel que les lancers francs [4], les remises en jeu sous le panier et les rebonds offensifs, et à essayer d'optimiser la performance des joueurs sur ses actions en les isolant du cours du jeu.

-La deuxième est une approche continue permettant de considérer un affrontement entre deux équipes et non pas d'étudier quelques situations isolés. Elle donne une idée sur le match en totalité en considérant toutes les actions qui se déroulent. Cette approche est d'une importance capitale vu que la discrétisation des actions ne permet de décrire l'évolution du jeu qui dépend des interactions et des échanges entre les joueurs. [2][3]

Lors de l'étude des lancers franc les chercheurs avaient pour but l'obtention des équations de mouvement afin de déterminer les angles de tirs initiaux θ_0 et optimaux pour la trajectoire du ballon, la marge d'erreur tolérée pour ces tirs ainsi que les vitesses initiales optimales v_0 . Pour mener cette étude ils ont utilisé des raisonnements cinématiques ainsi que les théorèmes généraux de la mécanique du solide à savoir la 2ème loi de Newton en considérant la balle comme un système indéformable soumis à son poids et à une force de frottement visqueux (du type $-\alpha v$) due au contact avec l'air. La modélisation tient compte d'éventuels contacts avec le bord du panier ralentissant le mouvement de la balle. [4]

En ce qui concerne la performance collective de l'équipe, l'idée générale autour de laquelle s'est développé un grand nombre de recherches scientifiques est la prédiction de l'état de la possession à un instant ultérieur à partir des informations collectées à l'instant présent et d'en déduire la contribution de chaque joueur à l'évolution du jeu à savoir comment il a changé l'état de la possession à travers ce qu'il a réalisé comme action.[5]C'est dans cette perspective que s'inscrit mon travail de type s'inspirant de l'article[2] qui traduit cette idée de quantification des apports en définissant une fonction nommée 'Expected Possession Value ' définie à partir d'une espérance conditionnelle et décrivant les évolutions du jeu à travers le temps tout en permettant la mesure de l'efficacité des actions produites. Ainsi la modélisation peut se faire sur deux niveaux: la première consiste à prédire l'état de la possession à un instant $t+\epsilon$ sachant l'état à l'instant t , représentés tous les deux par des vecteurs colonnes contenant les informations suffisantes pour les définir. Ce passage entre les deux instants se fait à travers une matrice dite de transition contenant dans chaque case la probabilités de l'occurrence d'une action. Ces derniers sont souvent classés en macro transitions : les tirs, les passes, les pertes de balle... et micro transitions qui représentent les

déplacements des joueurs. C'est à travers cette matrice de transition qu'apparaît le deuxième niveau de résolution, en effet chaque coefficient de la matrice est à déterminer à travers des formules de probabilités ce qui nous permettra par la suite de calculer la fonction EPV définie auparavant. [2]

Problématique retenue

L'optimisation de la performance d'une équipe de basket-ball peut se faire sur deux niveaux: individuel et collectif. L'étude portera sur l'angle et la vitesse de tir optimaux lors d'un lancer franc ainsi que sur l'effet que chaque interaction entre les joueurs a sur la possession ultérieure.

Objectifs du TIPE du candidat

-Je modéliserai l'ensemble des informations collectées lors d'une possession par une chaîne de Markov en cherchant à prédire la possession à un instant ultérieur. Afin de collecter les informations nécessaires je modéliserai le terrain de jeu par un milieu à 3 dimensions et les déplacements des joueurs par un développement en série de Taylor.

-J'implémenterai un code python traduisant les probabilités d'occurrence des macro-micro transitions afin de calculer l'EPV. Je réaliserai des courbes de variation de la trajectoire en fonction de différents paramètres.

-J'analyserai des données d'un match de la NBA pour avoir des modèles statistiques nécessaires à la résolution.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] DAVID SUMPTER : Soccermetrics : *Finding the talent*, 2016

[2] SAÏD ZERZOURI : Historique des modèles de la performance sportive :
<http://docplayer.fr/10378906-Historique-des-modeles-de-la-performance-sportive.html>

[3] DANIEL CERVONE , ALEX D'AMOUR , LUKE BORNN, KIRK GOLDSBERRY : A Multiresolution Stochastic Process Model for Predicting Basketball Possession Outcomes :
<https://arxiv.org/pdf/1408.0777v1.pdf>

[4] JEAN-FRANÇOIS GRÉHAIGNE : Des Outils Et Des Concepts Pour Modéliser les aspects tactiques dans les sports collectifs :
http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/V_Jornades_tactica-tecnica-esportiva/pdf/c02_esports.pdf

[5] JOERG M. GABLONSKY AND ANDREW S. I. D. LANG : Modeling Basketball Free Throws :
<http://faculty.ccri.edu/joallen/M2910/Modeling%20Basketball%20Free%20Throws.pdf>

[6] CERVONE, DANIEL LEONARD : Inference and Prediction Problems for Spatial and Spatiotemporal Data : <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/17463133/CERVONE-DISSERTATION-2015.pdf?sequence%3D1>

Polariser un milieu : Une question de principe.

J'ai découvert l'effet piézoélectrique : la variation de polarisation électrique de certains milieux appelés "piezoélectriques", lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques. Une question qui mérite d'être posée. Peut-on changer la polarisation d'un milieu autrement?

J'ai appris en suite qu'une sous classe des milieux piezoélectriques subissaient un changement temporaire de polarisation lorsqu'ils étaient soumis à une variation de température. J'ai décidé pour mon type d'approfondir mes connaissances sur ces milieux.

Mon type s'inscrit dans le thème puisqu'il traite la différence des performances d'un milieu piézoélectrique et d'un autre pyroélectrique, les avantages de l'un par rapport à l'autre dans certaines applications

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Polarisation</i>	<i>Polarisation</i>
<i>Détection</i>	<i>Detection</i>
<i>Capteur</i>	<i>Sensor</i>
<i>Vibration</i>	<i>Vibration</i>
<i>Conditionnement</i>	<i>Conditioning</i>

Bibliographie commentée

La science des matériaux est par essence pluridisciplinaire : physique, chimie, physico-chimie, mécanique ... Elle est au cœur de beaucoup des grandes révolutions technologiques : en génie mécanique, électronique, nanosciences, nanotechnologies et qui sont des secteurs de développement durable [7] les matériaux piézoélectriques furent découverts en 1880 par les deux frères Jacques et Pierre Curie, deux préparateurs à la faculté des sciences de Paris. La piézoélectricité resta une curiosité de laboratoire pendant une trentaine d'années. L'effet piézoélectrique a été vu pour la première fois dans un polymère de fluorure de polyvinylidène PVDF en 1969 [3].

Sa propriété existe à l'état naturel dans certaines matières (elles peuvent être soit des cristaux ou matières minérales naturelles, soit des créations de l'homme), c'est le cas du quartz qui est le plus connu, mais aussi de la blende, de la tourmaline, de la topaze, du chlorate de soude, de la calamine,

de l'acide tartrique droit, du sucre de canne[2]. Les matériaux piézoélectriques sont par définition tout corps possédant la propriété de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique ou à se déformer en étant soumis à un champ électrique (effet inverse) par contre tout corps présentant un centre de symétrie ne peut pas être piézoélectrique [1][2][5].

D'un point de vue pratique ceci ne fut utiliser que pour construire des instruments (de mesure , ou des instrument médicaux ..) Comme la Balance a quartz en 1885 [2] . la piézoélectricité joue un double rôles : l'excitation et la détection Ainsi que ces matériaux peuvent convertir de l'énergie électrique en une énergie mécanique[4](chapitre 1) son concept est simple on peut même la modéliser à une éponge (c'est-à-dire

à son état naturel elle n'a rien de particulier,mais dès qu'elle absorbe un liquide elle tend à prendre un volume qu'elle restituera si on lui applique une force)[4].

La première application de la piézoélectricité fut le sonar développé par Paul Langevin et ses collaborateurs pendant la première Guerre mondiale [2].

La première application industrielle , la plus utilisée de nos jours sont les capteurs appelées transducteurs piézo-électrique.

Il existe plusieurs types de capteur : Accéléromètres , capteur de vibration et d'impact [2].

Actuellement les sujets de recherche portent sur la compréhension ces propriétés exceptionnelles, leur optimisation et le développement de matériaux sans plomb ou de matériaux utilisables dans une large gammes de température[2] .

Intéressée par la technologie associée à ses matériaux j'ai entrepris dans mon TIPE un sujet se focalisant sur les matériaux piézoélectrique.

Il s'agit d'utiliser ses matériaux de capteur de petite vibration de faible amplitude utilisée dans le domaine de microscopie.

Problématique retenue

Optimiser les performances d'un capteur de vibration à base de matériau piézoélectrique.

Objectifs du TIPE du candidat

En premier lieu je ferai la Réalisation et la caractérisation du capteur (precision,resolution,bande de linéarité,temps de réponse)? ensuite j'étudierai le conditionnement électronique et dans un dernier temps je chercherai à optimiser quelques caractéristiques de ce capteur.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] Chapitre 8 Les capteurs : http://gte.univ-littoral.fr/sections/documents-pdagogiques/chapitre-8-mesure/downloadFile/file/Les_capteurs.pdf?nocache=1289041293.82

[2] WIKIPÉDIA : piézoélectricité : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Piézoélectricité>

[3] S.B.LANG ET S.MUENSIT : Review of some lesser-known applications of piezoelectric and pyroelectric polymers de (introduction) : 10.1007/s00339-006-3688-8

[4] capteurs de vibrations piézoélectriques (idée de base) :

http://www.giacintec.com/cariboost_files/2_20Capteurs_20de_20vibrations_20pi_C3_A9zo_C3_A9lectriques.pdf

[5] LIDJICI HAMZA : ÉTUDE, ÉLABORATION ET CARACTÉRISATION DE CÉRAMIQUES

PIÉZOÉLECTRIQUES : <https://bu.umc.edu.dz/theses/electronique/LID5979.pdf>

[6] ARNAUD PARENT : APPORT DES NOUVEAUX MATÉRIAUX PIÉZOÉLECTRIQUES
DANS LE DOMAINE DES MICRO-GYROMÈTRES VIBRANTS : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00334781/document>

[7] WIKIVERSITY : Introduction à la science des matériaux : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00334781/document>

Imagerie médicale par ultrasons

Chaque année, il y a 500 000 décès dus au cancer du sein. Comme un des enjeux cruciaux du suivi de ce cancer est la précocité du diagnostic, j'ai choisi de faire une étude comparative entre une technique classique d'imagerie médicale: "l'échographie" et une nouvelle technique consistant à mesurer l'élasticité des tissus : "l'élastographie".

L'imagerie médicale étudie l'interaction de l'onde ultrasonore avec le milieu de propagation. Dans notre cas, on peut considérer le corps humain comme un milieu hétérogène contenant plusieurs organes séparés par des interfaces.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), PHYSIQUE (*Physique Ondulatoire*), SCIENCES INDUSTRIELLES (*Traitement du Signal*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>élastographie par ultrasons</i>	<i>ultrasonic elastography</i>
<i>régime quasi-statique</i>	<i>quasi-static regime</i>
<i>régime dynamique</i>	<i>dynamic speed</i>
<i>élastographie impulsionnelle</i>	<i>impulse elastography</i>
<i>élastographie par ondes de shear wave elastography</i>	
<i>cisaillement</i>	

Bibliographie commentée

Au cours de ces dernières années l'imagerie médicale par ultrasons a connu un important développement. En effet, cette technique qui a débuté en 1895, suite aux travaux de Wilhelm Röntgen sur les rayons X, domine actuellement le marché médical. [1]

Il est nécessaire, en premier lieu, de caractériser les ultrasons, des ondes sonores dont les fréquences sont supérieures à 20 000 HZ inaudibles par l'être humain. En envoyant des impulsions ultrasonores dans le tissu, on peut réaliser une image également connue sous le nom de sonogramme [2]. A l'heure actuelle, les applications de l'imagerie médicale ultrasonore sont diverses et présentent un intérêt fondamental essentiellement pour la détection de cancers.

l'échographie par ultrasons est la technique la plus utilisée de nos jours, afin de voir les structures internes du corps telles que les tendons, les muscles, les articulations, les vaisseaux sanguins et les organes internes. Son but est souvent de trouver une source de maladie ou d'exclure

toute pathologie. Comparé à d'autres méthodes d'imagerie médicale, l'échographie présente plusieurs avantages. Elle fournit des images en temps réel, l'échographe est portable et peut être amené au chevet du patient, son coût est nettement inférieur et il n'utilise pas de rayonnements ionisants nocifs. De nombreux types différents d'images peuvent être formés en utilisant des instruments échographiques. Le type le plus connu est une image en mode B, qui montre l'impédance acoustique d'une section transversale de tissu en deux dimensions. D'autres types d'images peuvent afficher le flux sanguin, le mouvement des tissus dans le temps, la localisation du sang, la présence de molécules spécifiques, ou l'anatomie d'une région tridimensionnelle. [3]

Cependant, cette technique présente certains inconvénients. En effet, l'examen échographique est difficile à interpréter, son champ de vision est limitée, dépend du médecin et de la coopération du patient, sans oublier qu'il est très difficile d'obtenir une image derrière l'os.

Or, une technique créée par le Dr Jonathan Ophir en 1991, l'élastographie, consiste à mesurer l'élasticité des tissus et permet non seulement la détection précoce des tumeurs mais aussi leur caractérisation [4]. Cette méthode révolutionnaire, consiste à cartographier les propriétés élastiques et la rigidité des tissus mous à partir d'une technique de reconstitution d'image par la transformée de Radon [5]. En effet, la dureté du tissu procure d'importantes informations pour établir un diagnostic précoce sur la présence ou l'état de la maladie. Par exemple, les tumeurs cancéreuses seront souvent plus dures que les tissus environnants, et les foies malades sont plus rigides que les autres [4].

Dr Matshidiso Moeti, directrice de l'OMS pour l'Afrique, a déclaré lors de la journée mondiale contre le cancer que le taux de mortalité par cancer doublera d'ici 2030. Les pays à revenu faible sont les plus touchés avec 75% des décès dus au cancer dans le monde, une importante mortalité qui est due essentiellement à un diagnostic tardif des tumeurs [6]. Ainsi je m'intéresse à un des enjeux cruciaux du suivi médical du cancer qui est la précocité du diagnostic. Mon travail s'agit donc de comprendre et caractériser comment s'établit ce diagnostic à travers deux méthodes d'imagerie médicale.

Problématique retenue

Le cancer du sein est le cancer le plus répandu chez les femmes dans le monde, avec près de 1,7 million de nouveaux cas diagnostiqués en 2012. En quoi alors, l'élastographie peut-elle permettre une amélioration du dépistage du cancer du sein?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose d'étudier l'interaction entre les ondes ultrasonores et un milieu biologique: l'organe humain.

Pour ce faire:

Je commencerai par comprendre le phénomène de propagation d'une onde ultrasonore dans un milieu biologique hétérogène en le modélisant avec des équations mathématiques.

Ensuite, je réaliserai une série d'expériences afin d'illustrer ce processus.

Enfin, j'implémenterai un code python afin de simuler ce phénomène et de résoudre numériquement les équations trouvées.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PIERRE BODART : De la radiologie d'hier (1950) à l'imagerie médicale d'aujourd'hui UCL : le rayon du souvenir : <http://www.md.ucl.ac.be/histoire/livre/imag.pdf>
- [2] JEAN-PIERRE LEFEBVRE, PHILIPPE LASAYGUE, CATHERINE POTEL, JEAN-FRANÇOIS DE BELLEVAL, PHILIPPE GATIGNOL : L'acoustique ultrasonore et ses applications, 2ème partie : http://perso.univ-lemans.fr/~cpotel/lefebvre_potel_A&T_022004_partie2.pdf
- [3] M.FINK : L'imagerie ultrasonore : <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00245115/document>
- [4] J. OPHIR, I. CÉSPÉDES, H. PONNEKANTI, Y. YAZDI AND X. LI : Elastography: A Quantitative Method for Imaging the Elasticity of Biological Tissues : DOI: 10.1177/016173469101300201
- [5] TAHER SLIMI, INES MARZOUK MOUSSA, TAREK KRAIEM, HALIMA MAHJOUBI : Elastography: A Quantitative Method for Imaging the Elasticity of Biological Tissues : https://www.researchgate.net/profile/Taher_Slimi/publication/319354581_Amelioration_de_la_qualite_de_l%27elastogramme_du_sein_en_elastographie_ultrasonore_statique/links/59a6beb40f7e9b41b78906d4/Amelioration-de-la-qualite-de-lelastogramme-du-sein-en-elastographie-ultrasonore-statique.pdf
- [6] RADIO OKAPI : Le taux de mortalité par cancer devrait doubler d'ici à 2030, alerte l'OMS : <https://www.radiookapi.net/2018/02/04/actualite/sante/le-taux-de-mortalite-par-cancer-devrait-doubler-dici-2030-alerte-loms>

méthodes électromagnétiques de mesure de l'humidité et de la salinité du sol

L'eau est une denrée rare en Tunisie, sa gestion efficiente par le sol s'impose afin d'économiser cette ressource et maximiser sa productivité. De ce fait, j'entreprends de me pencher sur l'utilisation des méthodes électromagnétiques qui œuvrent à la gestion de l'humidité et de la salinité du sol et leurs bonifications.

Afin de mesurer la teneur en eau et en sel d'un sol on procèdera par une méthode diélectrique qui consiste à envoyer une onde dans ce milieu hétérogène (le sol) et analyser les interactions avec ce dernier (ondes réfléchies, ondes absorbées...)

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>sol</i>	<i>soil</i>
<i>agriculture</i>	<i>agriculture</i>
<i>téledétection</i>	<i>remote sensing</i>
<i>interaction</i>	<i>interaction</i>
<i>diélectrique</i>	<i>dielectric</i>

Bibliographie commentée

L'eau est indispensable pour tout être vivant : notre survie dépend de l'apport en eau à nos organismes et à la faune et la flore. Un des meilleurs moyens pour réguler la consommation de l'eau est de connaître nos ressources et de savoir les gérer avec prudence.

Le climat méditerranéen est aride, caractérisé par des précipitations limitées : leur contribution aux nappes phréatiques demeure limitées. Si s'accouple le manque de ces ressources hydrauliques à une salinité du sol élevée pour les pays méditerranéens, tout espoir de développer une agriculture productive se heurte à un phénomène de désertification.

En effet, la salinité du sol affecte environ 1 million d'hectares dans l'Union européenne, principalement dans les pays méditerranéens, et constitue une cause majeure de désertification. [1].

Pour cela, il faut accorder une importance capitale à la modélisation physique et aux méthodes

expérimentales permettant de quantifier et de mesurer l'humidité et la salinité du sol.

La teneur en eau ou en humidité est la quantité d'eau contenue dans un matériau, comme le sol (appelé humidité du sol), la roche, la céramique, les cultures ou le bois. La teneur en eau est utilisée dans un large éventail de domaines scientifiques et techniques, et est exprimée sous la forme d'un rapport pouvant aller de 0 (complètement sec) à la valeur de la porosité des matériaux à la saturation [2].

Afin d'obtenir les résultats escomptés, nombreuses sont les techniques expérimentales qui nous permettent de mesurer une quantité physique étroitement liée à celle de l'eau contenue dans un matériau poreux tel que la roche, le sol. La mesure de la permittivité diélectrique (constante diélectrique) d'un matériau est apparue comme une méthode élégante d'estimation de l'eau dans les matériaux à teneur poreuse.

Actuellement, on ne réussit pas à établir une unique technique fiable et précise de mesure de la teneur en eau, mais plusieurs méthodes chacune complémentaire à l'autre, comme les méthodes directes par mesure de la masse d'un échantillon, ou par les méthodes de laboratoire par la technique de titration chimique, ainsi que plusieurs méthodes géophysiques. [3]

Deux méthodes seront utilisées pour la mesure de la teneur en eau du sol ou sa salinité:

1- La méthode géophysique :

Essentiellement utilisée pour la mesure de la salinité des sols et dans certaines conditions, la teneur en eau du sol. Le système de mesure comprend deux transducteurs (dipôles magnétiques constitués d'une boucle de courant) reliés au boîtier de contrôle. La source génère un champ magnétique primaire à une fréquence donnée. Lorsque le champ primaire rencontre dans le sol un milieu conducteur, un champ secondaire est généré et détecté par le système de mesure.

2- Méthode diélectrique:

Lorsqu'un champ électrique passe à travers un matériel (ex: sol) une partie de l'énergie est transmise (inchangée), une partie est réfléchie, une partie est stockée et finalement une partie est absorbée et transformée en chaleur. L'ampleur de chacune de ces dernières est déterminée par les propriétés diélectriques du matériel (sol). Elles sont quantifiées par un paramètre appelé constante diélectrique relative (ϵ), ou constante diélectrique K qui caractérise la réponse du matériel à l'effet

de polarisation d'un champ électrique appliqué.

On peut distinguer des équipements qui diffèrent par la fréquence du signal envoyé dans le sol:

a) Réflectométrie dans le Domaine Temporel (TDR):

Elle est basée sur la détermination du temps de propagation d'une onde électromagnétique (t) à haute fréquence (1 MHz à 1.5 GHz) le long d'une sonde introduite dans le sol. [4]

b) Réflectométrie dans Domaine Fréquentiel (FDR).

Elle est basée sur la mesure de la permittivité diélectrique relative du sol à l'aide d'un pont capacitif ou d'un circuit électrique résonant. Cette permittivité diélectrique relative étant elle-même très dépendante de la teneur en eau du sol dans la gamme de fréquence choisie, de 1 à 100 MHz en général. On utilise la conductance pour estimer la salinité des sols.[5]

Problématique retenue

La gestion des ressources d'eau et le taux de la salinité des sols est un enjeu primordial dans des pays comme le notre. Quelles seraient donc les méthodes les plus efficaces de mesure de l'humidité et de la salinité du sol ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Je commencerai par étudier les différentes propriétés du sol. Je modéliserai alors le milieu comme un diélectrique.
- J'étudierai les différents processus physiques mis en jeu dans les méthodes expérimentales de mesure afin de choisir entre la méthode géophysique et la méthode diélectrique
- Avec l'outil informatique, j'analyserai les données collectées pendant l'expérience, visualiserai les grandeurs physiques et résoudrai les différentes équations mathématiques
- Pour l'expérience, j'ai commencé depuis septembre à contacter plusieurs centres de recherche en Tunisie pour effectuer un stage

Références bibliographiques (phase 2)

[1] MOHAMMED FARZAMIAN : SALTFREE - Salinization in irrigated areas in the Mediterranean basin- risk evaluation using geophysical methods :

<https://www.researchgate.net/project/SALTFREE-Salinization-in-irrigated-areas-in-the-Mediterranean-basin-risk-evaluation-using-geophysical-methods>

[2] JC GAUDU, JM MATHIEU, JC FUMANAL, L BRUCKLER, A CHANZY, P BERTUZZI, P STENGEL, R GUENNELON : Mesure de l'humidité des sols par une méthode capacitive : analyse des facteurs influençant la mesure : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885528/document>

[3] PASCAL DEREUMAUX : Mesure et détection des niveaux :

<http://sitelec.org/cours/dereumaux/mesureniveau.htm>

[4] D. A. ROBINSON S. B. JONES J. M. WRAITH D. OR S. P. FRIEDMAN : A Review of Advances in Dielectric and Electrical Conductivity Measurement in Soils Using Time Domain Reflectometry :
<https://pubs.geoscienceworld.org/vzj/article-abstract/2/4/444/91570/a-review-of-advances-in-dielectric-and-electrical?redirectedFrom=fulltext>

[5] HEIDI MITTELBACH, IRENE LEHNER , SONIA L.SENEVIRATNE : Comparison of four soil moisture sensor types under field conditions in Switzerland :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412000844>

Description mathématique du mouvement de foules

Dans la vie courante, il n'est pas rare de percevoir des groupes de personnes. L'expérience prouve que le taux de décès dû aux foules excitées est élevé. Il me paraissait alors impérieux de présenter une étude mathématique afin de faciliter une étude plus concrète pour solutionner ce problème.

L'étude s'inscrit dans le cadre du thème proposé dans la mesure où elle consiste en description purement mathématique des interactions entre les différents individus dans une foule laquelle foule constituera notre milieu d'étude.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>convexité</i>	<i>convexity</i>
<i>inclusion différentielle</i>	<i>differential inclusion</i>
<i>cône normal sortant</i>	<i>outgoing normal cone</i>
<i>opérateur monotone</i>	<i>monotonous operator</i>
<i>mouvement de foule</i>	<i>crowd motion</i>

Bibliographie commentée

Depuis plusieurs décennies, de nombreuses études portant sur le comportement des piétons ont été menées. Dans un premier temps des travaux d'observation (de John Fruin dans *highway research record*, de P.D Navin et R.J Wheeler dans *traffic engineering*) ont été effectués dans le but de réunir les données qualitatives (préférences, tendances des marcheurs) mais aussi quantitatives comme pour préciser par exemple, la vitesse des individus en fonction de la densité[1]. Ensuite grâce aux résultats précédents, de nombreux modèles de mouvement de foule ont été proposés. Ces derniers affichent un but commun, prédire les chemins les plus empruntés mais diffèrent sur plusieurs points: leur mode de représentation de la foule (microscopique en se plaçant à l'échelle de l'individu ou macroscopique en décrivant la foule par sa densité), leur façon d'appréhender les zones de déplacement (discrétisation spatiale ou non) et leur caractère déterministe ou stochastique. Ces modèles peuvent être classés en quatre catégories: les modèles basés sur les automates cellulaires, les modèles utilisant les graphes orientés, les modèles des forces sociales qui sont plus ou moins proches de la description microscopique et les modèles macroscopiques.

Les modèles utilisant les automates cellulaires sont basés sur une discrétisation spatiale. Plus précisément le sol sur lequel se déplacent les individus est découpé en carrés. Cela permet de prendre facilement en compte les obstacles inaccessibles. En ce qui concerne les autres cases, elles

sont soit vides, soit occupées par une seule personne et les mouvements des individus se font en respectant cette règle. Il y a deux manières de déplacer les individus en un pas de temps. La première met les positions des personnes à jour, individu après individu, l'ordre des individus étant aléatoires. Ceci facilite la gestion des contacts entre individus puisqu'il s'agit juste de déplacer la personne courante sur une case encore inoccupée. La deuxième méthode est la mise à jour globale des positions (*parallel update*). En appliquant les méthodes chaque automate cellulaire est caractérisé par les directives de déplacement données à chaque individu. Il est à la base du logiciel Legion[2].

Le modèle des forces sociales se placent au niveau microscopique et propose de décrire les mouvements de foules par un système d'équations différentielles. Les modèles des graphes orientés représentent le sol avec le graphe où les individus peuvent se déplacer sur des noeuds qui sont reliés par des arêtes orientées. Les modèles macroscopiques sont légions et parmi elles on compte le modèle de la mécanique des fluides qui assimile la foule à un gaz pour ensuite par la théorie cinétique des gaz décrire la dynamique par la fonction distribution de vitesse. Ces modèles ont tous un dénominateur commun qui est une nature physique indéniable ce qui montre l'intérêt de la physique interdisciplinaire dans les modélisations .

Dans les cas des modèles des forces sociales le domaine de prédilection est la mathématique. Les individus sont représentés par des sphères de rayons non nécessairement égaux entre eux et respectant la contrainte de non chevauchement (deux individus ne peuvent se trouver à un même endroit à même instant). La foule évolue dans un espace de Hilbert de dimension finie muni de la norme euclidienne qui dérive du produit scalaire [3]. Elle est muni d'une configuration générale qui est considéré comme un ensemble convexe pour une étude analytique de sa fonction indicatrice caractérisée par sa propriété , sa semi continuité inférieure , son sous différentiel qui est maximal monotone[4,5]. Cet aspect mathématique n'échappe pas au autre modèle qui utilisent d'autres outils mathématiques que les résultats de l'analyse convexe.

Tous les modèles physiques développés sont menés à des fins numériques. En effet la demande en simulation numérique des foules en panique ou d'évacuation de personnes est élevée alors ces modèles physiques mitonner sont alors développés pour exécuter des programmes numériques et informatiques, pour effectuer des simulations d'évacuations de foules en panique [6,7].

Problématique retenue

Vu les nombreux modèles qui existent il faut songer à créer des modèles de foule en mouvement qui sont très proches de la réalité pour augmenter la crédibilité des prédictions. Ceci nécessite des outils mathématiques puissants pour mieux modéliser les phénomènes , pour la résolution d'équations , afin d'une résolution générale.

Objectifs du TIPE du candidat

L'objectif premier est de proposer un modèle physique de mouvement de foule traitant directement des contacts entre les différents individus et pouvant déterminer les zones susceptibles d'afficher de fortes pressions. Notre modèle de gestion de contact doit aussi faire preuve de souplesse et être capable d'inclure les modèles déjà existants qui déterminent les chemins les plus empruntés. Le second objectif est de mêler les notions mathématiques abstraites et le numérique via une

simulation numérique et une programmation de gestion de contacts afin de traiter les interactions locales entre les personnes pour mieux rendre compte de la dynamique globale du trafic piétonnier.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] BERTRAND MAURY, AUDE ROUDNEFF : *mathematical models and methods in applied sciences vol20*
- [2] KEITH STILL : crowd dynamics : [http://www.crowddynamics.com/thesis contents.htm](http://www.crowddynamics.com/thesis%20contents.htm)2000
- [3] JEAN JACQUES MOREAU : *evolution problem with a moving convex set in a Hilbert space*
- [4] WIKIPEDIA : fonctions convexes, semi continuité, sous différentiel, fonction multivaluée, opérateurs monotones
- [5] H BREZIS : *opérateurs maximaux monotones et semi groupes de contraction dans les espaces de Hilbert AM, north holland, 1973*
- [6] YOUTUBE : comment faire une simulation d'une foule en panique
- [7] SIMULATION OF PEDESTRIAN CROWDS IN NORMAL AND EVACUATION SITUATIONS : http://www.pmc corp.com/Portals/5/_Downloads/Simulation%20of%20Pedestrian%20Crowds%20in%20normal%20and%20evacuation.pdf

étude et modélisation de la réfrigération magnétique.

Le climat en Tunisie est caractérisé par une saison chaude , le besoin de climatisation ne cesse de croître.

Il était intéressant pour moi d'orienter mon TIPE vers ce domaine afin de comprendre cette technologie .J'ai décidé d'étudier la réfrigération magnétique pour mieux comprendre les nouveaux systèmes de climatisation qui innovent car ils n'utilisent pas de gaz à effet de serre.

Mon Tipe porte sur un nouveau dispositif de climatisation qui utilise un milieu solide sous champ magnétique et où les interfaces solide/fluide jouent un rôle important dans les échanges thermiques.

Il est donc en adéquation avec le thème milieux.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
réfrigération magnétique	magnetic refrigeration
réfrigérateur magnétique actif	active magnetic regenerator
transfert thermique	heat transfer
effet magnétocalorique	magnetocaloric effect
modélisation numérique	numerical modelling

Bibliographie commentée

Le froid occupe une place très importante dans notre vie quotidienne , il a des applications dans un nombre considérable de domaines de la vie et contribue de manière très significative au développement durable, l'industrie de la production du froid fait partie des secteurs les plus énergivores en mettant l'accent sur des solutions innovatrices et écologiques pour substituer les technologies conventionnelles . A ce titre la réfrigération magnétique figure parmi les technologies prometteuses à fort potentiel en efficacité énergétique[1] . L'étude de cette technologie a débuté avec la découverte de l'effet magnétocalorique il y a de cela 120 ans, et la première démonstration expérimentale de la réfrigération magnétique a été réalisée par W.F Glauque qui en 1933 a pu descendre sous la température de 1 K , en 1954 Heer , Barnes et Daunt ont construit un réfrigérateur magnétique qui fonctionne en continu et qui produit 7 microwatt à 0.26K , en 1976 Brown fut le premier à appliquer la réfrigération magnétique autour de la température ambiante au "Lewis research centre of american national aeronautics and space administration" en utilisant le gadolinium (Gd) comme matériaux de fonctionnement il atteint 47K avec un champ magnétique de

7T et en 1989, le laboratoire de "los altos doe" dépose le brevet de la réfrigération magnétique active , mais ce n'est réellement qu'au cours de cette dernière année que l'intérêt pour les applications de la réfrigération magnétique autour de la température ambiante s'est développé , en 1996 Zimm et son groupe de recherche ont développé un réfrigérateur basé sur la réfrigération magnétique active produisant entre 500 et 600 w de puissance froide sous un champ de 5T[2].

La littérature montre que pour les applications de la réfrigération magnétique autour de la température ambiante, le matériau doit présenter un EMC géant autour de cette température il s'agit d'une variation de température élevée (quelques kelvins) pour des valeurs d'inductions magnétique accessibles par des aimants ou des électroaimants supraconducteurs ,comme le matériaux est le noyaux principale de la réfrigération magnétique il doit disposer de certaines caractéristiques tel que :

- Une température de transition proche de la température ambiante.
- Un effet magnétocalorique le plus large possible sur une large plage de température.
- Des hystérésis magnétique et thermique minimales permettant d'avoir des fréquences de fonctionnement élevées et donc une grande puissance froide.
- Une grande résistance électrique pour diminuer les pertes par courant de Foucault.
- Une grande conductivité thermique pour améliorer l'efficacité des échanges.
- De bonnes propriétés mécanique afin de simplifier les processus de fabrication.
- Un coût d'élaboration et de production faible ,nécessaire pour les applications commerciales [2].

Même si une large plage de gamme de matériaux avec un EMC géant existe déjà , les matériaux a transition de phase du second ordre on fait l'objet de la plupart des études , en effet la recherche et le développement de nouveaux matériaux magnétocalorique est toujours active et récemment les recherches se sont orientés vers des transitions de phase du premier ordre après la découverte de l'EMC géant dans les alliages GDSiGe[2].

En générale un cycle de réfrigération magnétique consiste en l'aimantation et la désaimantation du régénérateur au cours desquelles la chaleur est respectivement rejetée et absorbée,le cycle d'Ericsson et le cycle de Brayton sont applicable pour la réfrigération magnétique autour de la température ambiante[3]. Dans mon TIPE je vais réaliser un liquide à comportement magnétique (nano-particules de magnétite en suspension dans un solvant) ou j'étudie ces propriétés magnétocalorique, et je ferai une tentative de réalisation d'un cycle frigorifique .

Problématique retenue

Réalisation d'un cycle frigorifique avec un liquide magnétocalorique et détermination des paramètres associés.

Objectifs du TIPE du candidat

- Synthétiser le liquide magnétique
- Caractériser ses paramètres
- Réaliser le cycle frigorifique

Références bibliographiques (phase 2)

[1] JONATHAN BOUCHARD : ÉTUDE NUMÉRIQUE DE L'INFLUENCE DE LA DÉMAGNÉTISATION SUR L'EFFET MAGNÉTOCALORIQUE DU GADOLINIUM PUR :

<http://depot-e.uqtr.ca/1426/1/000125437.pdf>

[2] HOUSSEM RAFIK EL-HANA BOUCHEKARA : RECHERCHE SUR LES SYSTEMES DE REFRIGERATION MAGNETIQUE. MODELISATION NUMERIQUE, CONCEPTION ET OPTIMISATION :

https://www.researchgate.net/profile/Houssem_Boucekara/publication/30515657_RECHERCHE_SUR_LES_SYSTEMES_DE_REFRIGERATION_MAGNETIQUE_MODELISATION_NUMERIQUE_CONCEPTION_ET_OPTIMISATION/links/0c96053b4b8644bfb0000000/RECHERCHE-SUR-LES-SYSTEMES-DE-REFRIGERATION-MAGNETIQUE-MODELISATION-NUMERIQUE-CONCEPTION-ET-OPTIMISATION.pdf

[3] AFEF LEBouc : Réfrigération magnétique Etat de l'art et d'éveloppements récents :

<https://core.ac.uk/download/pdf/51947682.pdf>

[4] SERGIU LIONTE : LA REFRIGERATION MAGNETIQUE : TECHNOLOGIE INNOVANTE DE REFROIDISSEMENT POUR DES APPLICATIONS AUTOUR DE LA TEMPERATURE AMBIANTE :

https://www.researchgate.net/profile/Sergiu_Lionte/publication/272175354_LA_REFRIGERATION_MAGNETIQUE_TECHNOLOGIE_INNOVANTE_DE_REFROIDISSEMENT_POUR_DES_APPLICATIONS_AUTOUR_DE_LA_TEMPERATURE_AMBIANTE/links/54ddfb8d0cf22a26721d9fab.pdf

[5] MOHAMED BALLI : Le renouveau de la réfrigération magnétique : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01185989/document>

Modélisation de la période d'affinage du fromage à pâte molle

Mon père est un amateur de fromage, sa passion m'a été transmise. Toutes nos tentatives de fabrication de fromage échouaient lors de l'affinage.

Pour ces raisons, j'ai décidé de m'intéresser aux mécanismes d'affinage des fromages à pâte molle.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de cette année. En effet, le fromage à pâte molle est un milieu qui présente nombreuses interactions.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>affinage de camembert</i>	<i>ripening of camembert</i>
<i>Optimisation</i>	<i>Optimization</i>
<i>modélisation mathématique</i>	<i>mathematical modeling</i>
<i>Systèmes complexes</i>	<i>Complex systems</i>
<i>trajectoire viable</i>	<i>viable trajectory</i>

Bibliographie commentée

L'industrie fromagère française pèse environ 1,7 milliard d'euros en 2016 hors fromages frais et fondus [4]. Ce qui nous pousse à nous intéresser à cette branche et donc à améliorer et optimiser sa fabrication.

L'affinage est l'une des étapes les plus importantes dans le processus de fabrication du fromage parce que c'est à cette étape qu'il obtient sa texture et sa saveur. Il se caractérise par le développement d'un consortium microbien qui provoque des changements physico-chimiques et biologiques[3] qui se produisent en surface et au cœur du caillé selon le temps de maturation.

Toutes les activités biologiques sont influencées par l'atmosphère de la chambre de maturation, en particulier sa température, son humidité relative et sa composition en gaz.

La modélisation de l'affinage du camembert qui est un système complexe, nécessite la prise en compte de plusieurs modèles physico-chimique dépendant de plusieurs variables, consiste un vrai défi.

La première variable décisive est la température du camembert, influencée directement par celle du milieu et la respiration des micro-organismes. Elle est critique pour sa saveur et sa conservation

[1,2]. En franchissant un intervalle de température bien précis on risque la défaillance du produit à cause de l'évolution des bactéries .

La deuxième variable est sa masse, les chercheurs ont estimé une perte de 3 à 8% à la maturation au niveau de l'hâloir selon le type de fromage.[1,2,5] D'un point de vue industriel, la perte de masse a des conséquences sur la productivité, en particulier pour les produits d'appellation d'origine protégés (AOP), pour lesquels le poids est un critère de conformité. C'est ainsi le Camembert-Normandie nécessite un poids final de 0,25 kg[1].

La masse, température finale du système et la respiration au sein du camembert sont précisés par un cahier de charge[1]. Au niveau de la production industrielle, on peut contrôler la température et l'humidité du milieu qui affectent la respiration des micro-organismes qui à leur tour augmentent la température du camembert et contribuent en plus de l'évaporation de l'eau à la perte de la masse du fromage.[1,2]

C'est ainsi qu'on obtient un système d'équations différentielles non linéaires couplées qui décrit l'évolution de ces deux variables en cours du temps.

d'un point de vue mathématique classique, le problème se transforme en une étude de la convergence et de la stabilité des évolutions des solutions des équations différentielles. Des chercheurs ont montré que cette approche demeure insuffisante. On s'intéressera dans ce cas à trouver les conditions initiales qui préservent des propriétés dans le système final.

A cet égard, il est indispensable d'introduire une théorie mathématique mélangeant les équations différentiels et l'optimisation .[2] En effet, on ne cherchera pas des solutions pour le système différentiel mais on conçoit et développe des méthodes mathématiques et algorithmiques pour étudier l'évolution de ces systèmes. Cette théorie convient à l'étude du camembert puisqu'elle vise les systèmes qui présentent[2] :

1. l'obligation de respecter des contraintes ; soit en cours de l'évolution soit à l'état final (normes sur la température et masse finale)
2. la possibilité d'être Réguler par des contrôles internes ou externes
(on peut contrôler la température et l'humidité relative de l'air en cours de la maturation)

c'est pour ces raisons que la théorie de viabilité le meilleur outil pour résoudre le problème de l'évolution du camembert

Problématique retenue

Comment améliorer le processus d'affinage du camembert en agissant sur la température et l'humidité de l'air ?

Objectifs du TIPE du candidat

- (i) simuler les changements physico-chimiques et biologiques au sein du camembert au cours de l'affinage
- (ii) implémenter un programme pour trouver les configurations optimales durant la période de

l'affinage

(iii) envisager une expérience pour comparer les évolutions de la masse du camembert à des résultats expérimentales

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] HÉLIAS A, MIRADE PS, CORRIEU G. : Modeling of Camembert-Type Cheese Mass Loss in a Ripening Chamber: Main Biological and Physical Phenomena : [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(07\)72002-7/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(07)72002-7/pdf)
- [2] MARIE-ÈVE CHAREST : Introduction à la théorie de la viabilité : <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/7901>
- [3] MOHAMED HAYTHEM RIAHI : Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croûte lavée : <https://hal.archives-ouvertes.fr/pastel-00003114/document>
- [4] JULIE REGOLO, CHRISTINE BOSSU ET CÉLINE SPELLE : Chiffres clés 2016 : Des produits sous signes de la qualité et de l'origine Produits laitiers AOP et IGP : <https://www.fromages-aop.com/wp-content/uploads/Cnaol-Chiffres-Cles-2016.pdf>
- [5] MARIETTE SICARD : METHODES, CONCEPTS ET OUTILS DES SYSTEMES COMPLEXES POUR MAITRISER LES PROCEDES ALIMENTAIRES. APPLICATION A L'AFFINAGE DE CAMEMBERTS : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00450100/>

Lunettes de réalité augmentée

Les visions holographiques se sont invitées dans nos visions futuristes via les films de sciences fictions populaires tel que "StarWars". Cependant, grâce à notre attitude prospective, la réalité augmentée évolue à vive allure et se montre utile dans plusieurs domaines tels que l'éducation et la chirurgie, permettant à l'utilisateur une accélération dans la compréhension.

Ainsi, je me propose l'étude d'un système, formé d'éléments de visualisation holographique et d'autres de géolocalisation, capables de construire un milieu virtuel se superposant au monde réel, créant ainsi une interface entre ces deux milieux et offrant à l'utilisateur une possibilité d'interaction en temps réel.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>affichage transparent</i>	<i>see-through display</i>
<i>guide d'onde</i>	<i>waveguide</i>
<i>diffraction</i>	<i>diffraction</i>
<i>luminance</i>	<i>luminance</i>
<i>vision holographique</i>	<i>holographic vision</i>

Bibliographie commentée

La réalité augmentée peut se définir comme une **interface** entre le monde réel et les données "virtuelles" -selon *Ronald T. Azuma*.

Elle consiste à combiner le monde réel et des éléments numériques en temps réel et offre à l'utilisateur des possibilités d'**interactions** en temps réel. Parmi les divers outils nécessaires à sa réalisation, on trouve des dispositifs à vision transparente.

Ces dispositifs à vision directe évoluent à vive allure pour offrir des avantages tels qu'une capacité de mains-libres, une confidentialité élevée et une plus grande taille de visualisations, et se montrent très utiles dans des domaines importants tel que la chirurgie. En effet, une première opération chirurgicale a eu lieu le 7 décembre 2017 à Paris, au cours de laquelle le professeur *Thomas Gregory* a effectué une pose de prothèse d'épaule étant assisté par le nouveau bijou de Microsoft nommé 'Hololens' qui est un casque de réalité augmentée. Aussi l'enseignement, vu que son aspect visuel unique permet de découvrir des choses impossibles à voir sans sortir de la salle de classe, elle permet d'avoir des cours beaucoup plus interactifs, au cours desquels l'élève peut à loisir manipuler

les objets ou les scènes présentées et les faire défiler à son rythme et dans ce cas l'interaction devient totale et l'apprentissage devient accéléré.

Pour réaliser un tel **dispositif transparent** combinant le monde réel avec l'infographie, les rayons de lumière ont besoin de rebondir pour les rediriger vers la source de l'image, d'où l'utilisation d'un **combineur** sous forme de **guide d'onde** à surfaces planes[1,3,4] ces guides d'ondes optiques utilisent le fait qu'une fois que la lumière pénètre dans le milieu transparent à un certain angle supérieur à l'angle critique, déterminé à partir de la loi de *Snell-Descartes*, subis une **réflexion interne totale**, mais pour que la lumière puisse pénétrer ou ressortir du guide d'onde, on utilise deux **réseaux de diffraction**, sous forme de lames diffractantes, posés à la surface du guide d'onde planaire[2], l'un pour faire pénétrer le rayonnement posé du côté de la source de lumière que l'on appelle **coupleur holographique**[3] et l'autre pour diffuser l'image afin que l'œil puisse la capter que l'on appelle **dé-coupleur holographique**[4], ces réseaux de diffraction sont conçus afin de vérifier la **condition de Bragg**[5] pour but d'acquérir une luminosité considérable qui est l'un des plus gros problèmes des dispositifs transparents puisqu'ils doivent faire concourir les faisceaux de lumière provenant de l'extérieur.

Enfin, il y a un problème de **cohérence des couleurs** lors du guidage d'un rayonnement **polychromatique** par un seul système [1,2]. En effet, il y a fragmentation de la lumière polychromatique lors de sa propagation due au comportement du guide d'onde comme un prisme lors de la réflexion interne totale des faisceaux, d'où l'utilité de faire le travail pour un modèle **monochromatique** puis de trouver, à partir des relations entre les longueurs d'ondes et les inclinaisons des réseaux de diffraction, une superposition de trois systèmes de diffraction correspondants aux couleurs RGB[6], d'où l'aboutissement à une représentation polychromatique.

Problématique retenue

Comment construire une image infographique monochromatique qui se superpose à ce qu'on observe réellement à partir d'un système transparent qui se pose directement sur les yeux[1,2,3,4] ?

Comment acquérir une luminosité considérable au niveau de l'image virtuelle[5] ?

Comment aboutir à une image polychromatique à partir des systèmes monochromatiques[6] ?

Objectifs du TIPE du candidat

Etude théorique et modélisation numérique de la construction d'une représentation holographique polychromatique à partir d'un système optique transparent:

_ Etude de la propagation d'un rayonnement monochromatique dans un combineur formé d'un guide d'onde planaire et de réseaux de diffraction.

_ Définir des conditions sur l'épaisseur et l'inclinaison des réseaux de diffraction pour la construction d'une image infographique de luminance considérable.

_ Définir une superposition de systèmes monochromes RGB pour aboutir à une représentation holographique en couleur.

_ Opter pour une modélisation numérique du guidage des rayons lumineux dans le combineur.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] YONGTIAN WANG AND JUAN LIU : A green-color waveguide eyewear display system : *10.1117/12.2034767*
- [2] TAPANI LEVOLA : Novel Diffractive Optical Components for Near to Eye Displays : *ISSN0006-0966X/06/3701-0064*
- [3] HIROSHI MUKAWA : High-luminance See-through Eyewear Display with Novel Volume Hologram Waveguide Technology : *10.1002/sdtp.10308*
- [4] JIAN HAN, JUAN LIU, XINCHENG YAO, AND YONGTIAN WANG : Portable waveguide display system with a large field of view by integrating freeform elements and volume holograms : *10.1364/OE.23.003534*
- [5] V.M. FITIO AND Y.V.BOBITSKI : Reflection grating theory at fulfillment of the second and third orders Bragg conditions : *978-1-4244-6997-0/10*
- [6] HIROSHI MUKAWA, KATSUYUKI AKUTSU : A full-color eyewear display using planar waveguides with reflection volume holograms : *10.1889/JSID17.3.185*

Chauffage par induction électromagnétique

Plusieurs processus industriels demandent un chauffage par induction électromagnétique, tel que le traitement des surfaces ou encore la polymérisation. Cette technique présente plusieurs avantages par rapport au coût énergétique. J'ai donc décidé de travailler sur ce sujet. Le chauffage par induction électromagnétique utilise l'interaction entre un champ magnétique externe, variable et un milieu conducteur pour augmenter la température.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>induction électromagnétique</i>	<i>electromagnetic induction</i>
<i>Diffusion thermique</i>	<i>Thermal diffusion</i>
<i>Courant de Foucault</i>	<i>Eddy current</i>
<i>Effet Joule</i>	<i>Joule effect</i>
<i>matériau ferromagnétique</i>	<i>ferromagnetic material</i>

Bibliographie commentée

La naissance de la technologie d'induction électromagnétique remonte à 1831.

En novembre de cette année, Michael Faraday a enroulé deux bobines dans un anneau de fer et a noté que lorsqu'un courant alternatif a été passé à travers une des bobines, une tension a été induite dans l'autre.

Dans les prochaines décennies, les chercheurs ont travaillé sur le développement d'équipements pour générer un courant alternatif de haute fréquence.

Ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle que l'application pratique de l'induction au chauffage des conducteurs électriques ont été réalisés. [1] [6]

Dans le domaine d'industrie tel que l'industrie métallurgique ont recours de nos temps à la méthode de chauffage par induction électromagnétique [2]

Le chauffage par induction est le processus de chauffage d'un objet conducteur d'électricité (généralement un métal) par induction électromagnétique, à travers la chaleur générée dans l'objet

par les courants de Foucault. Un chauffage par induction est constitué d'un électroaimant et d'un oscillateur électronique qui fait passer un courant alternatif à haute fréquence (AC) à travers l'électroaimant. Le champ magnétique alternant rapidement pénètre dans l'objet, générant des courants électriques à l'intérieur du conducteur appelés courants de Foucault. Les courants de Foucault circulant à travers la résistance du matériau le chauffent par effet Joule. Dans les matériaux ferromagnétiques (et ferrimagnétiques) comme le fer [7], la chaleur peut également être générée par des pertes d'hystérésis magnétique. La fréquence du courant utilisé dépend de la taille de l'objet, du type de matériau, du couplage (entre la bobine de travail et l'objet à chauffer) et de la profondeur de pénétration.[3] [4]

Une caractéristique importante du processus de chauffage par induction est que la chaleur est générée à l'intérieur de l'objet lui-même, au lieu d'une source de chaleur externe par conduction thermique. Ainsi, les objets peuvent être chauffés très rapidement. De plus, il ne doit pas y avoir de contact externe, ce qui peut être important lorsque la contamination est un problème.[4]

Le chauffage par induction est utilisé dans de nombreux procédés industriels, tels que le traitement thermique en métallurgie, la croissance des cristaux de Czochralski et le raffinage de zones utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs, et la fusion de métaux réfractaires nécessitant des températures très élevées. Il est également utilisé dans les tables de cuisson à induction pour chauffer les récipients de nourriture; C'est ce qu'on appelle la cuisson par induction. [5]

Problématique retenue

Comment est mis en œuvre le chauffage par induction électromagnétique dans un four industriel ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose d'étudier le phénomène de chauffage par induction pour ce faire :

* Modélisation d'un milieu magnétique (en particulier ferromagnétique) et de l'interaction entre un champ magnétique externe et le milieu.

* Modélisation des courants de Foucault.

* Résolution numérique avec python de ces modèles afin de comparer les solutions numériques avec celles théoriques.

* Expérience : réalisation et simulation d'un four dont le fonctionnement se repose sur le chauffage par induction électromagnétique.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] STANLEY ZINN, LEE SEMIATIN : Elements of Induction Heating : *bibliothèque*

[2] AMBRELL : Ambrell Induction Heating Solutions : <https://www.ambrell.com/ambrell-induction-heating>

- [3] GERARD DEVELEY : Chauffage par induction électromagnétique : principes :
<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/electrothermie-industrielle-42270210/chauffage-par-induction-electromagnetique-principes-d5935/>
- [4] STÉPHANE CLAIN : Analyse mathématique et numérique d'un modèle de chauffage par induction : *<https://infoscience.epfl.ch/record/31718>*
- [5] INRS : Le chauffage par induction électromagnétique :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%204211>
- [6] ALFRED MUHLBAUER : history of induction heating and melting : *bibliothèque*
- [7] AMIKAM AHARONI : introduction to the theory of ferromagnetism : *bibliothèque*

Prévention de la rupture d'un bâtiment en zone sismique

Problématique:

De par les innombrables victimes qu'il peut engendrer, les destructions matérielles qu'il suscite, l'étude des séismes se doit d'accaparer l'esprit de tout scientifique spécialisé en mécanique. Ainsi, l'urgence de la situation et la difficulté que rencontrent les scientifiques à contrecarrer ce phénomène, et ce, malgré l'essor technologique que nous vivons, m'ont vivement incité à m'intéresser à cette question qui exaspèrent les scientifiques .

Ancrage:

Je pense que mon sujet est en adéquation avec le thème milieux puisqu'on considère les bâtiments comme un milieu solide avec des modes propres d'oscillations. Un séisme entre en interaction avec ce milieu via les ondes sismiques c'est qui engendrera une rupture structurelle et un effondrement.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
Construction parasismique	Earthquake-resistant construction
Résonance	Resonance
Énergie	Energy
Oscillation	Oscillation
Contreventement	Bracing

Bibliographie commentée

Les constructions parasismiques, existant depuis au moins 2000 ans, ont pour objectif principal de prévenir l'effondrement des bâtiments face à un séisme.

Très tôt déjà, nos ancêtres ont commencé à chercher d'éventuelles solutions aux problèmes rencontrés. En effet, dans quelques zones sismiques, ils ont adopté différentes approches pour tenter de réduire les risques liés aux tremblements de terre. Cela a été, notamment, le cas des habitants des cités Incas, du Japon et de la Chine qui, pressentant le danger réel existant et voyant les dégâts occasionnés par les séismes, ont commencé à tenir compte du risque sismique de leurs différentes constructions [1]. De par ces exemples concrets acquis de l'époque de nos aïeux, nous avons pu au fil du temps, les perfectionner, les endurcir et surtout les innover. Ainsi, les

constructions perceptibles de notre vivant telles que les grattes-ciels japonais témoignent du fait que des concepts architecturaux et de statique des constructions sont continuellement innovés par l'Homme depuis longtemps .

Un séisme est une secousse soudaine et violente du sol, provoquant généralement une grande destruction, à la suite de mouvements dans la croûte terrestre ou une éruption volcanique. Ce phénomène est considéré à ce jour la catastrophe naturelle la plus dévastatrice, elle entraîne des dégâts matériels, humains et économiques sans précédents [2] .

Rappelons que le Japon est un des pays qui s'en sortent le mieux en matière de « parasismique » puisqu'il est aussi le pays le plus touché avec plus de 796 Tsunami recensés entre 1900 et 2004. C'est pourquoi, il est le pays qui s'est le plus prémuni contre cette catastrophe. Et ce, en commençant très tôt à étudier le phénomène [3].

La provenance des séismes est, pour une grande part, un phénomène imprévisible que beaucoup de gens considèrent comme une inéluctable fatalité.

De par la dangerosité manifeste de ce fléau, les ingénieurs ont eu recours à plusieurs méthodes parasismiques expérimentées plus ou moins avec succès en laboratoire, mais aussi dans les zones à risques.

De ce fait , le comportement des constructions, soumises à diverses actions dynamiques, est devenu un chapitre de la théorie des structures et un domaine de recherche qu'aucun ingénieur digne de ce nom ne peut ignorer ou éluder [4].

La présente étude vise donc à voir s'il est possible d'améliorer l'efficacité de ces structures, qui doivent être correctement conçues pour résister aux effets sismiques tout en maintenant un niveau de dommage acceptable, soit en modifiant quelques paramètres ou en rajoutant à celles-ci un dispositif tel que l'amortisseur dynamique accordé : Il s'agit d'un système passif, composé d'une masse mobile et d'un ressort. Il est localisé à des emplacements spécifiques de la structure et réduit les niveaux vibratoires en augmentant le taux d'amortissement des modes propres problématiques. Ses caractéristiques sont donc précisément calculées selon le comportement de la structure [5] .

Problématique retenue

L'adéquation de la construction d'un bâtiment joue un rôle déterminant au niveau de la sûreté et la résistance face à un séisme. Jouer sur les répartitions des masses, les caractéristiques des matériaux, les contreventements et les amortisseurs optimise la réponse de la structure face aux différentes contraintes.

Objectifs du TIPE du candidat

1. Utilisation des lois mécaniques afin de déterminer les efforts appliqués sur un bâtiment pour évaluer la limite de la rupture pendant un séisme.

2. La théorie élastique permettant de considérer le bâtiment comme un système élastique alors je le modéliserai afin de trouver l'équation mathématique qui gouverne le comportement dans un régime sinusoïdal.

3. Utilisation de Python:

- pour écrire des algorithmes qui résolvent les systèmes linéaires trouvés et qui simulent le comportement.
- pour résoudre cette équation numériquement avec plusieurs techniques.

4. Utilisation d'un logiciel adéquat pour tenir compte des résultats trouvés pendant l'étape de la modélisation.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] INSTITUT DES RISQUES MAJEURS : Construction parasismique : http://www.irma-grenoble.com/PDF/mallettes/sismique/DOC_fiche11.pdf
- [2] WIKIPEDIA : Definition d'un séisme : <https://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9isme>
- [3] JUN HONGO : EARTHQUAKES IN JAPAN : Getting a handle on earthquakes : <https://www.japantimes.co.jp/news/2007/04/24/reference/getting-a-handle-on-earthquakes/>
- [4] MILAN ZACEK : CONCEPTION PARASISMIQUE DES BATIMENTS : http://www.ain.gouv.fr/IMG/pdf/Diaporama_Milan_Zacek_cle6659dd.pdf
- [5] WIKIPEDIA : Amortisseur harmonique : https://fr.wikipedia.org/wiki/Amortisseur_harmonique

Modélisation et simulation du dos du lézard ocellé

On trouve dans la nature tant de motifs fascinants qu'on a réussi à modéliser mathématiquement. Mais le dos du lézard ocellé semble être une mystérieuse exception.

Je tente à le modéliser et le simuler pour mieux comprendre les processus en jeu et exercer ma passion en informatique.

Le milieu d'étude est le tissu du dos du lézard ocellé. Ce dernier est composé par un ensemble d'éléments discrets en interaction permanente. D'autre part, les cellules inter-écailles forment une interface pour un échange continu des pigments qui sont à l'origine de ces motifs.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), INFORMATIQUE (*Informatique Théorique*),
MATHEMATIQUES (*Analyse*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Automates cellulaire</i>	<i>Cellular automata</i>
<i>Formation des motifs</i>	<i>Pattern formation</i>
<i>Réaction-diffusion</i>	<i>Reaction-diffusion</i>
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>
<i>Frontières des écailles</i>	<i>Scale borders</i>

Bibliographie commentée

La nature ne cesse de produire d'incroyables motifs et des formes qu'on trouve partout, notamment avec les plantes et les animaux qui présentent une grande variété de motifs satisfaisant ainsi à différents de leurs propres besoins. Les efforts de la communauté scientifique ont mené à une connaissance bien approfondie des substances et des structures donnant naissance aux différentes couleurs, effets ou propriétés des organismes. Mais ce n'est qu'avec le travail d'Alan M. Turing en biologie théorique en 1952[1] que les chercheurs ont pu modéliser mathématiquement les processus à l'origine de la plus part de ces motifs. Ces équations de réaction-diffusion[2] ont eu de nombreuses applications dans plusieurs domaines, donnant des modèles pour des réactions chimiques (La réaction de Belousov-Zhabotinski par exemple[6]), des systèmes dynamiques, des systèmes écologiques.... Au niveau cellulaire, les pigments suivent ce modèle de réaction-diffusion de telle sorte qu'il a été possible de créer des zones de dominance locale de certaines substances qui résultent en des taches colorées apercevables. En manipulant les paramètres et les conditions initiales, on peut reproduire les motifs de la fourrure d'un léopard, les bandes d'un zèbre ou la peau d'un serpent...[3].

Mais certains organismes ne semblent pas suivre ce modèle. Parmi ces derniers on trouve le lézard ocellé (*Timon lepidus*) dont le dos est le centre de notre intérêt. Contrairement à d'autres espèces de reptiles, on ne parvient pas à reproduire ses motifs avec les équations de Turing. A leur naissance, les individus présentent une livrée assez similaire aux adultes, quoique plus brune, mais les ocelles sur les flancs sont blancs, cerclés de noir. Avec l'âge, ces taches blanches deviennent d'une couleur bleue vive et, au milieu, émergent des formes complexes et captivantes. On trouve des chaînes d'écailles de vert et des chaînes de noir formant ce modèle labyrinthique qui très clairement ne semble pas aléatoire. Ces écailles montrent un comportement individuel de manière qu'elles ne forment pas de taches vertes ou noires, cela donne l'impression que c'est un ensemble discret d'éléments au lieu d'un tissu continu de cellules. Effectivement, une étude sur ces lézards[4] suggère que ces éléments se comportent comme une grille d'un automate cellulaire renforçant l'impression de fascination par ces créatures. Un automate cellulaire est un concept mathématique, développé dans les années 1940 à 1950, capable de simuler divers systèmes complexes et effectuer des calculs puissants[5]. Parmi les automates cellulaires les plus fameux on trouve celui de John H. Conway appelé "Le jeu de la vie". Malgré la simplicité de ses règles, ce dernier a été prouvé Turing-complet, cela veut dire que c'est équivalent aux machines de Turing en terme de puissance de calcul. Le fait d'avoir de tels systèmes apparemment abstraits dans la nature semble incroyable. Mais la même étude mentionnée précédemment[4] indique qu'une variation de l'épaisseur du tissu du dos du lézard entre les écailles peut être à l'origine de ces mystérieux motifs.

Problématique retenue

Le dos du lézard ocellé présente des motifs dont les mécanismes inhabituels semblent similaires aux automates cellulaires. La rupture entre ce phénomène et le modèle continu usuel de réaction-diffusion peut être expliqué par les variations des paramètres de diffusion. Je cherche à affirmer ces hypothèses par moyen de simulations informatiques.

Objectifs du TIPE du candidat

Ecrire un programme en langage Python capable, en premier lieu de simuler un automate cellulaire donné à fin de trouver un ensemble de règles aboutissant à des motifs comparables à ceux d'un lézard ocellé, en second lieu de simuler un système avec les équations de réaction-diffusion.

visualiser les simulations à l'aide de la bibliothèque Pygame.

chercher un lien entre le modèle discret et le modèle continu en variant les paramètres de la simulation traduisant les variations de l'épaisseur de la peau du lézard.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A. M. TURING : The Chemical Basis of Morphogenesis : *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Volume 237, Issue 641 (Aug. 14, 1952), 37-72*
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Reaction%E2%80%93diffusion_system, site consulté en octobre 2017
- [3] S. KONDO, T. MIURA : Reaction-Diffusion Model as a Framework for Understanding Biological Pattern Formation : *Science* 24 Sep 2010: Vol. 329, Issue 5999, pp. 1616-1620 DOI:

10.1126/science.1179047

- [4] LIANA MANUKYAN, SOPHIE A. MONTANDON, ANAMARIJA FOFONJKA, STANISLAV SMIRNOV, MICHEL C. MILINKOVITCH : A living mesoscopic cellular automaton made of skin scales : *Nature* volume 544, pages 173–179 (13 April 2017) doi:10.1038/nature22031
- [5] STEPHEN WOLFRAM : Cellular automata as models of complexity : *Nature* volume 311, pages 419–424 (04 October 1984), doi:10.1038/311419a0
- [6] ANDY ASPAAS, LEVI STANLEY : The Belousov-Zhabotinski Reaction : *Advanced Inorganic Chemistry Demonstration Summary* 12/4/2000

Étude des procédures et mécanismes employés en forage d'eau.

La Tunisie est un pays connu par un manque de précipitations. J'ai assisté des ouvrages de puits artisanaux et j'ai apprécié les efforts déployés afin d'accomplir cette tâche ardue. Pour cela j'ai décidé d'étudier les techniques avancées permettant d'atteindre des niveaux considérablement plus profonds.

Pour exploiter des ressources naturelles comme l'eau on réalise des forages dans des milieux géologiques . Ainsi les puits sont forés par l'interaction de la foreuse avec l'aquifère ce qui induit une rupture de ses couches géologiques hétérogènes composées de différentes roches.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tricône</i>	<i>Tricone</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelization</i>
<i>Stabilité</i>	<i>Stability</i>
<i>Fréquence</i>	<i>Frequency</i>
<i>Résonance</i>	<i>Resonance</i>

Bibliographie commentée

L'eau douce représente seulement 3,4% du volume total de l'eau sur notre planète.

Cette eau douce est répartie comme suit :

- 69.7% est contenue dans les glaciers ou les neiges.
- 0,3% constituent les eaux de surface : lacs, rivières, fleuves.
- 30% se retrouve dans les eaux souterraines.

Dans la plupart des cas, et à défaut d'eau de surface, l'exploitation des nappes souterraines se révèle la méthode la plus efficace pour obtenir des ressources en eau douce, qui sont plus souvent de meilleure qualité que les eaux de surface plus exposée à la pollution. Et c'est pour cela qu'on conçoit des techniques pour réaliser cette tâche, notamment le forage d'eau.[1]

Un amalgame est souvent fait entre un puit traditionnel et un forage, la plus grande différence est essentiellement dans les quantités d'eau exploitées; les puits traditionnels sont de faibles profondeurs élaborées pour la collecte des eaux pluviales ou pour une utilisation limitée des ressources disponibles.

Le forage en contrepartie est une technique totalement différente vu qu'elle s'intéresse plutôt à

capter les ressources souterraines Impossible à atteindre avec un puits traditionnel. C'est donc un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe, l'eau contenue dans cette nappe peut alors être remontée grâce à une pompe motorisée.[1,2]

La réalisation d'un forage passe par plusieurs étapes :

- La première étape est l'implantation, elle se resume a la recherche d'une nappe souterraine et un point favorable située sur cette nappe .On fait recours au service d'un bureau d'études géophysiques pour le choix du site.

- La deuxième est La foration, c'est la réalisation proprement dite du forage.

- La troisième étape est la cimentation d'un tubage dans le forage, c'est une opération assez délicate mais capitale pour la préservation de la qualité des eaux souterraines et la longévité de l'installation et constitue ainsi une protection extérieure pour le forage.[3]

- La dernière étape est le développement ,elle s'agit de souffler de l'air comprimée à l'aide d'un compresseur afin de nettoyer la boue contenue dans le forage jusqu'à l'obtention d'une eau claire ,ensuite on procède par un essai de pompage pour mesurer le débit d'eau et à un prélèvement pour l'analyse physico-chimique et l'examen microbiologique.[2,3]

Cependant,dans certaines conditions de forage ,la foration peut dégénérer des oscillations néfastes à la foreuse qui peuvent risquer le forage ainsi que la sécurité du milieu de travail, il va de soi que ce comportement doit être évité .[4]

Pour cela on pourrait modéliser l'outil tricône en rotation pendant son interacton avec la roche comme un système linéaire, cet outil subit une excitation extérieure et donne une certaine réponse , il possède donc des modes propres .[5]

Le problème avec tel système c'est qu'en l'excitant avec l'une de ces fréquences propres on assiste à un phénomène de résonance, pendant cette résonance on a un transfert maximal d'énergie entre l'excitateur et le système qui subit l'excitation d'où risque de rupture.[4]

Problématique retenue

Les oscillations engendrées par la foreuse peuvent être extrêmement dangereuses en cas de résonance:

Quels effets ont ces oscillations sur le système ?

Comment déterminer les fréquences propres du système ?

Comment éloigner le système de ces fréquences propres afin d'assurer un bon fonctionnement ?

Objectifs du TIPE du candidat

Dans ce projet TIPE :

- Je vais modéliser l'arbre moteur et l'outil tricône comme un oscillateur harmonique amorti forcé ce qui me donnera une équation différentielle d'ordre 2 paramétrée.

- Selon le mode d'excitation, j'essaierai de résoudre cette équation analytiquement.

- Afin de vérifier les solutions analytiques, je vais implementer un code python permettant de résoudre cette équation numériquement.

Ces premières étapes me permettront de déterminer les fréquences propres du système.

Enfin je tiendrai en compte de ses fréquences afin d'éviter le phénomène de la résonance en améliorant le modèle proposé.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] WIKIWATER : Les divers types de puits et de forages. : <http://www.wikiwater.fr/e28-les-divers-types-de-puits-et.html>
- [2] J.PERSON : Le Forage d'eau Guide Pratique Des Maitres D'ouvrages
- [3] LUNDIN : Documentaire Le Forage : <https://www.youtube.com/watch?v=MiNmzuKs0JM>
- [4] C. PUTOT ET C. MABILE : Conditions d'apparition et formes de rebond d'un outil de forage tricône
- [5] WALTER FREI : Modeling the Harmonic Excitations of Linear Systems : <https://www.comsol.com/blogs/part-1-modeling-the-harmonic-excitations-of-linear-systems/>

La résistance des ponts aux excitations

Problématique :

Les ponts sont des structures mécaniques qui ont marqué l'urbanisme durant des siècles.

Ces structures sont très importantes pour l'expansion urbaine et pour les services de transport , de plus la construction d'un pont est un investissement très coûteux.

Récemment , j'ai regardé une vidéo qui montre l'effondrement du pont Tacoma en 1940 en Amérique ce qui m'a beaucoup impressionné et j'ai décidé d'y orienter mon Tipe.

Adéquation et Ancrage :

Mon sujet est en adéquation avec le thème.

En effet , on peut considérer un pont comme un milieu solide en interaction permanente avec plusieurs facteurs externes tel que le vent et l'humidité.

Cette interaction peut provoquer une rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Interaction</i>	<i>Interaction</i>
<i>Rupture d'un pont</i>	<i>Bridge Collapse</i>
<i>Oscillations</i>	<i>Oscillations</i>
<i>Énergie</i>	<i>Energy</i>
<i>Résonance</i>	<i>Resonance</i>

Bibliographie commentée

Un pont est une structure indispensable pour les milieux urbains , nécessaire pour faciliter le transport des individus et des services , ainsi leurs structures doivent respecter des normes de sécurité qui résultent directement des calculs scientifiques [1] .

Les ponts sont des systèmes physiques complexes dont le mouvement dépend directement de leurs interactions avec le milieu extérieur. La résistance est un facteur important dans toute construction de pont. Celle-ci détermine la capacité du pont à faire face aux conditions extérieures, même celles les plus extrêmes.

Dans certains cas, les utilisateurs peuvent causer des dégâts à un pont (utilisation abusive par exemple). Le constructeur doit ainsi anticiper en renforçant la capacité de la structure à résister

pour permettre une utilisation plus sûre.

Néanmoins, certaines circonstances peuvent s'allier au mauvais moment pour défier la résistance d'une structure et induire des conséquences dévastatrices. Ce fut le cas du pont suspendu de la Basse Chaîne. Ainsi, En 1850, alors que des rafales violentes de vent [3] soufflaient sur Angers, une brigade militaires traversait le pont au pas cadencé. Ces soldats étaient suffisamment nombreux pour pouvoir créer une onde sonore qui s'est propagé au long du pont et qui a provoqué son effondrement.[2][4] Un autre fait historique avec quelques circonstances similaires à l'évènement précédent a engendré des conséquences aussi catastrophiques :

En 1940, le pont du Détroit du Tacoma s'est mis à osciller. Ces mouvements ont été induits par un vent plutôt modéré. Les oscillations ont duré quelques minutes avant que le pont n'ait succombé.

C'est ainsi qu'on peut évoquer le phénomène de résonance. En effet, chaque système physique possède une fréquence propre d'oscillations déterminé par ses propriétés physiques comme sa masse. Ce système peut être mis en oscillation, dites forcées, par un système extérieur. Celui-ci impose la fréquence d'oscillations. Lorsque cette fréquence coïncide avec la fréquence propre du système initial, l'amplitude de vibrations croît instantanément.[5]

Pour le premier fait historique, les rafales de vent et la marche à pas cadencé jouent le rôle de système extérieur. Celui-ci impose la fréquence des oscillations du pont. Quant au deuxième, la cause de l'effondrement est plus subtile. Elle est due aux tourbillons créés au-dessous et au-dessus du tablier du pont. Celui-ci étant déjà en mouvement à cause du vent, ces tourbillons ont créé une force de torsion qui a mené à la catastrophe.

Problématique retenue

On entend parler d'effondrement de ponts même en cours de construction tel que l'écroulement du pont de Québec en 1907, comment peut-on alors, renforcer la structure d'un pont afin d'améliorer sa résistance aux perturbations extérieures?

Objectifs du TIPE du candidat

1-Modélisation :

Un pont est un système complexe donc je commencerai par une approche simpliste consistant à le modéliser par une association de poutres .

Chaque poutre sera considérée comme un oscillateur .

A cet égard, la structure du pont sera modélisée par une interaction d'oscillateurs .

J'appliquerai les lois de la mécanique afin de déterminer quelques grandeurs caractéristiques.

2-Simulations numériques

J'implémenterai des algorithmes en Python permettant de :

- Résoudre les différentes équations différentielles obtenues
- Effectuer quelques simulations numériques
- Visualiser les résultats avec des bibliothèques graphiques
- Je ferai une simulation numérique avec un logiciel adéquat qui simule l'effondrement de Tacoma

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] GOLDEN GATE BRIDGE : Construire des ponts pour renforcer nos infrastructures et économies : <http://www.urban-hub.com/fr/landmarks/construction-de-ponts-avantages/>
- [2] CHAVANNES DE LA GIRAUDIÈRE : Pont suspendu Angers : <http://jnmasselot.free.fr/Histoire%205/1850%20Pont%20suspendu%20Angers.pdf>
- [3] C. CRÉMONA : Les outils de la conception dynamique des ponts : <https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/2000/05/lhb2000057.pdf>
- [4] W.HOORPAH : VIBRATION OF FOOTBRIDGES UNDER PEDESTRIAN LOADS : <http://www.cnisf.dk/ev/050414/Presentations/4%20footbridge2.pdf>
- [5] HOW IT WORKS TEAM : How can resonance bridge collapse ? : <https://www.howitworksdaily.com/how-can-resonance-collapse-bridges/>

Camouflage Optique

L'invisibilité a toujours émerveillé la culture populaire et scientifique. Toutefois, le matériel requis est souvent peu accessible. Ainsi, j'ai été fasciné en découvrant un camouflage basé sur une association de lentilles. En approfondissant la question, j'ai trouvé que le camouflage optique pourrait constituer mon sujet de TIPE.

Les milieux matériels sont vus car ils sont des sources primaires ou secondaire de lumière. Interagir avec les rayons lumineux est donc intrinsèque au camouflage optique. Les lentilles ayant cette propriété particulière, j'ai pensé que cacher un milieu matériel par un tel système serait en adéquation avec le thème.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Invisibilité</i>	<i>Invisibility</i>
<i>Camouflage Paraxial</i>	<i>Paraxial Cloaking</i>
<i>Système de lentilles</i>	<i>Lens System</i>
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>
<i>Satellite</i>	<i>Satellite</i>

Bibliographie commentée

Depuis son apparition en science-fiction, l'invisibilité a fait objet de travaux qui l'ont peu à peu sortis de l'imaginaire jusqu'à sa concrétisation [1]. L'un des tournants majeurs dans le domaine fut les travaux de Pendry, Schurig et Smith sur l'optique de transformation qui ont réalisé le premier "dispositif d'invisibilité" pour une longueur d'onde du domaine des micro-ondes. Ceci en interagissant avec le champ électrique et le champ magnétique de la lumière de par les métamatériaux [2]. De là, plusieurs avancées dans le domaine du camouflage ont été réalisées (tapis d'invisibilité, camouflage de bâtiments contre les ondes sismiques, dissimulation d'évènements etc...). Toutefois, les métamatériaux de par leurs contraintes, notamment leur difficulté de fabrication et leur efficacité restreinte sur un spectre étendu [2], d'autres travaux seront poursuivis avec une approche différente.

Pour contourner les requis des métamatériaux, C. Howell, B. Howell et S. Choi ont travaillé sur un dispositif basé sur l'optique géométrique, valable sur tout le spectre du visible en plus d'utiliser du matériel usuel [3]; montrant ainsi les possibilités de l'optique géométrique dans le domaine. Ce

qui nous amènera ensuite au camouflage dans l'approximation paraxiale avec la "Cape de Rochester" de C. Howell et S. Choi [4]. Usant de l'outil matriciel [5], ils formaliseront un camouflage sur la base de lentilles, valable pour des variations continues d'angles multidirectionnels, et pouvant cacher des objets plus larges suivant les caractéristiques des lentilles. Par ailleurs, un tel dispositif pourrait servir à cacher des objets éloignés tel que les satellites [3][4].

Le camouflage a toujours été d'un grand intérêt dans le secteur militaire. Au regard du traçage de satellites par des observateurs amateurs, d'agences privées ou gouvernementales [6], cacher un satellite serait un atout pour conserver la furtivité et la confidentialité de celui-ci. D'autre part les satellites s'inscrivent aujourd'hui parmi les grands enjeux sécuritaires tant pour des réseaux internationaux, que pour les Etats [7], d'où l'intérêt ici d'un camouflage paraxial.

Problématique retenue

Grace aux innovations, les camouflages peuvent aujourd'hui user d'un matériel accessible et bénéficier de meilleures performances. Quel serait donc le formalisme d'un camouflage fait de lentilles ? Modéliser en régime paraxial, une utilisation possible serait de cacher un satellite, un aspect peu documenté que je me propose de simuler.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose au cours de mon TIPE à :

- Démontrer théoriquement et expérimentalement l'efficacité du camouflage paraxial.
- Réaliser une simulation informatique du camouflage d'un satellite en orbite autour de la Terre par ce même dispositif.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] GREG GBUR : Progress in Optics , "Invisibility physics: Past, present, and future" : Vol 58, 65-114, 2013.
- [2] http://www.nytimes.com/2007/06/12/science/12invis.html?_r=1&ref=science&oref=slogin . Article du New York Times sur l'invisibilité, les métamatériaux et leurs perspectives, consulté en Janvier 2018.
- [3] J. C. HOWELL, J. B. HOWELL, J. S. CHOI : APPLIED OPTICS , "Amplitude-only, passive, broadband, optical spatial cloaking of very large objects" : Vol. 53 , No. 9 1958-1963, 2014.
- [4]] J. S. CHOI, J. C. HOWELL : OPTICS EXPRESS, "Paraxial ray optics cloaking" : Vol. 22, No. 24, 29465-29478, 2014.
- [5] https://www.rp-photonics.com/abcd_matrix.html . Informations sur l'optique matricielle.
- [6] www.nytimes.com/2008/02/05/science/space/05spotters.html?_r=2&ref=science&oref=slogin . Article du New York Times sur la diffusion d'informations gouvernementales sur les satellites par des observateurs amateurs, consulté en Janvier 2018.
- [7] <https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/governmental-satellite->

communication-(govsatcom) . Site de l'Agence Européenne de Défense, situant les satellites comme une priorité sécuritaire, consulté en Janvier 2018.

changement climatique: conséquence sur la glace

Plus personne n'ignore la problématique du changement climatique et ses effets dramatiques. Typiquement je sais que le réchauffement de l'eau et la fonte des glaces font monter le niveau des mers ce qui constitue un danger potentiel pour certaines terres basses(ex Pays-Bas), raison pour laquelle je pense centrer mon TIPE sur les calottes.

Les calottes polaires et les structures glacières au niveau des montagnes constituent des milieux solides assimilables sur de longues durées à des liquides à grande viscosité. Les interfaces glace/air, glace/eau sont importants pour comprendre le mécanisme des fontes de glace et les ruptures qui peuvent être spectaculaires.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>fonte des glaciers</i>	<i>Melting glaciers</i>
<i>Température</i>	<i>Temperature</i>
<i>Calotte polaire</i>	<i>Polar cap</i>
<i>Changement climatique</i>	<i>Climatic change</i>

Bibliographie commentée

Un glacier est une masse de glace plus ou moins étendue qui se forme par le tassement de couches de neige accumulées. Écrasée sous son propre poids, la neige expulse progressivement l'air qu'elle contient, se soude en une masse compacte et se transforme en glace [4]. Il existe plusieurs type de glaciers comme ceux des montagnes d'altitudes élevées (Alpes,...), la calotte polaire du continent Antarctique, et celle de l'Arctique formée par l'océan au niveau du pôle Nord.

Pour mener l'étude des glaciers, les scientifiques considèrent la glace soit comme un fluide qui coule [1] ce qui fera intervenir les équations de Navier Stokes [5], soit comme un solide qui glisse [2] tout simplement.

Pour voir le mouvement d'un glacier, il faut nécessairement la présence de phénomènes physiques comme la fonte de la glace, les précipitations neigeuses favorisant d'une part l'accumulation de la glace sur les parties élevées et l'ablation sur les parties basses [1]. Sa masse varie alors à cause des déformations au cours du temps. Et ceci lui donne une place de choix dans l'évolution du niveau des mers en ce sens qu'elle favorise leur montée. Ce fut le cas des grandes calottes qui ont causé une élévation de près de 120 mètres au-dessus de la mer dans l'hémisphère nord il y a 20 000 ans

d'après le GIEC dans un rapport publié en 2007 [2].

Etant conscient des dangers qui menacent notre planète liés aux glaciers, plusieurs recherches ont été entreprises pour remédier à ce problème entre autres la Nasa qui d'après cet article [3], peut prédire des inondations.

Oui en effet, si on parle d'inondation, c'est parce que de grands glaciers fondent car soumis aux changements climatiques. Ce processus se fait par différents transferts thermiques. En ce qui concerne les glaciers, on parlera de convection thermique sous l'effet d'un gradient de température, de transfert conducto-convectif à l'interface eau/glace et de rayonnement électromagnétique.

Problématique retenue

Depuis plus d'un siècle, les glaciers reculent, la mer monte et cause des dommages dans plusieurs pays.

Cette tendance continuera à s'amplifier si le climat se réchauffe davantage.

Une question se pose alors : Peut-on prédire l'évolution des glaciers afin d'éviter des catastrophes ?

Objectifs du TIPE du candidat

Dans mon travail, je m'accentuerai sur les calottes polaires et les montagnes de glaces.

Au niveau des calottes polaires, je commencerai par modéliser les différents échanges thermiques entre un bloc de glace et son environnement via les interfaces. J'obtiendrai une équation de chaleur que je résoudrai avec deux approches (analytique et numérique).

Au niveau des glaciers de montagnes, je modéliserai l'écoulement de la glace à l'aide des équations de Navier Stokes.

Ainsi il nous faudra construire des modèles mathématiques, faire des simulations informatiques proches de la réalité et conjecturer le futur dans un seul but : Prédire l'évolution des glaciers.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] GUILLAUME JOUVET : L'évolution des glaciers, modélisations et prédictions

[2] MAËLLE NODET : De la glace à la mer : *Matali, SMAI, 2013*. <hal-00825512> p.1à2

[3] https://fr.sputniknews.com/sci_tech/201711171033929277-nasa-glaciers-fonte-glace-villes-menacees/ (mis à jour 20:42 17.11.2017)

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

[5] FRÉDÉRIC CHAMBAT-ENS LYON : Viscosité d'un glacier et bandes de Forbes, Petit amusement de mécanique des fluides géophysiques.

Capteur de gaz

J'ai été choqué en voyant cet été les images à la télévision de l'incendie de la tour Greenfell au centre de Londres. J'ai pensé que l'amélioration des systèmes de détection d'incendies est très importante. C'est pourquoi j'ai fait porter mon Tipe sur l'étude des capteurs de gaz commerciaux pour comprendre leur principe de fonctionnement et essayer de les intégrer dans un système d'alarme.

Le principe de fonctionnement d'un capteur de gaz est basé sur une interaction entre l'interface active du capteur et un milieu qui est le fluide extérieur. La résistance de cette interface est corelle à la concentration du gaz.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
capteur de gaz à base semi-conducteur	Semiconductor gas sensor
Température	Temperature
Humidité	Humidity
Décorrélation	Decorrelation
Résistance	Resistance

Bibliographie commentée

La pollution de l'air est responsable d'un décès sur 10 dans le monde, un chiffre inquiétant qui montre l'ampleur du problème. Il s'agit du quatrième facteur de risque mortel dans le monde. Les préoccupations actuelles de protection de l'environnement se focalisent sur la qualité de l'air dans l'industrie, les villes et foyers domestiques. Cette forte tendance à vouloir contrôler la pureté de l'air conduit à la création de réseaux d'observations et de mesures des gaz polluants et nocifs les plus abondants dans l'atmosphère tels que le monoxyde de carbone CO, les oxydes d'azotes NOx, les hydrocarbures (comme le propane par exemple) ou encore l'ozone.[1]

Il y a plusieurs types de capteurs de gazs se basant sur différentes disciplines physiques.

On cite par exemple les capteurs [1]:

- Semi conducteur
- Piézoélectrique (SAW)
- Electrochimique
- Combustion catalytique (Sonde Lambda pour les voitures)

Dans cette étude, on s'intéresse à l'étude des capteur de gazs à base semiconducteur. Ce type de capteurs est le moins couteux et le plus répandues dans le domaine de la sécurité et la lutte contre les incendies.

Le principe de fonctionnement du capteur se repose sur l'interaction entre la couche sensible du capteur et les molécules de gazs. Cette interactions changent la résistance de cette couche ce qui permettra d'identifier le gaz et sa concentration. Une relation qui était au début empirique et est montré recement [2] lie la résistance à la pression du gaz . $\text{Log}(R) = a + n \text{Log}(P)$.

Les coefficients a et n different avec le type du gaz et les variables du milieu.

Les capteurs de gazs commerciaux sont classé par types de gazs à capter. Ces capteurs sont fournies avec des courbes de $R = F(P)$ dans des conditions d'humidité et temperature bien précises.[3] Ces courbes sont obtenues à l'aide d'un banc de test permettant de déterminer la réponse du capteur. Une étude suggere l'élaboration d'une chambre à essaie permettant de tester les performances du capteur. [4] A partir de ces courbes, l'utilisateur peut déterminer la concentration du gaz à partir de la résistance du capteur. Une étude récente indique l'effet du changement de la temperature et de l'humidité sur la résistance du capteur. [5] Cette étude suggere l'élaboration d'un systeme de detection de gaz qui comporte entre autre un capteur d'humidité et de temperature .

Problématique retenue

Comment réaliser un capteur de gaz qui prend en compte l'effet de la temperature et de la pression sur la mesure de la concentration du gaz ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je commencerai par comprendre le fonctionnement d'un capteur de gaz à base semi-conducteur. Les étapes suivantes seront une amélioration d'un système simple de detection de gaz et un essai de reproduire les courbes fournis par constructeur. Elles sont comme suit :

- 1- Montage d'un système comportant un capteur de gaz sur la platform d'un Raspberry.
- 2- Réalisation d'une chambre de test avec la possibilité de varier la pression,l'humidité et la temperature.
- 3- Reproduction des courbes du constructeur montrant la résistance en fonction de la concentration du gaz.

4- Integration d'un capteur d'humidité et de temperature et soustraction de leurs effets.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PHILIPPE MENINI : Du capteur de gaz à oxydes métalliques vers les nez électroniques sans fil : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00697471/document>
- [2] NOBORU YAMAZOE, KENGO SHIMANOE : Theory of power laws for semiconductor gas sensors : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400507005175>
- [3] CONSTRUCTEUR DE CAPTEUR DE GASZ : Fiche technique d'un capteur de gaz MQ2 : <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>
- [4] HAIFENG GE, JUNHUA LIU : Identification of gas mixtures by a distributed support vector machine network and wavelet decomposition from temperature modulated semiconductor gas sensor : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400505009238>
- [5] RAMON HUERTA, THIAGO S. MOSQUEIRO, JORDI FONOLLOSA, NIKOLAI F RULKOV, IRENE RODRIGUEZ-LUJAN : Online Decorrelation of Humidity and Temperature in Chemical Sensors for Continuous Monitoring : <https://arxiv.org/abs/1608.01719>

<p>Etude d'un milieu ferromagnétique</p>

La Tunisie est un pays chaud où la température atteint 50°C pendant plusieurs mois. Ces conditions peuvent nuire le fonctionnement des moteurs électriques.

Puisque ces derniers contiennent un milieu ferromagnétique sensible à la température, j'ai choisi d'étudier la théorie permettant de comprendre la transition de phase ferromagnétique/paramagnétique.

Un milieu ferromagnétique est modélisé par des dipôles magnétiques répartis selon des domaines de Weiss séparés par des interfaces. Ces dipôles rentrent en interaction avec un champ magnétique externe ce qui modifie l'aimantation. Quand la température du milieu atteint une valeur critique, quelques grandeurs physiques subissent une rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Une demande de confidentialité a été enregistrée pour ce MCOT.

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>Transition de phase</i>	<i>Phase transition</i>
<i>Modèle d'Ising</i>	<i>Ising Model</i>
<i>Domaines de Weiss</i>	<i>Weiss domains</i>
<i>Aimantation</i>	<i>Magnetization</i>
<i>Température de Curie</i>	<i>Curie temperature</i>

Bibliographie commentée

Le ferromagnétisme [1] est un phénomène physique qu'on peut l'observer dans plusieurs métaux tel que le fer, le nickel, le cobalt ect ...

[2] En 1906, le physicien français Pierre-Ernest Weiss a postulé une explication magnétique à échelle macroscopique pour les matériaux ferromagnétiques appelé structure du domaine. Selon sa théorie, un solide ferromagnétique consiste en un grand nombre de domaines, dans lesquels tous les moments magnétiques des atomes sont alignés. Si les moments résultants de ces domaines sont orientés aléatoirement, l'objet dans son ensemble n'affichera pas le magnétisme, mais un champ magnétisant appliqué extérieurement, selon sa force, tournera l'un après l'autre des domaines en alignement avec le champ externe. Le processus d'alignement ne se produit pas simultanément ou en même temps que le champ magnétisant, mais il est en retard. C'est le phénomène d'hystérésis.

[3]

De plus, on a découvert qu'au-dessus du point de Curie (appelé température de Curie), l'aimantation spontanée du matériau ferromagnétique s'annule et devient paramagnétique (c'est-à-

dire qu'il reste faiblement magnétique). Cela se produit parce que l'énergie thermique devient suffisante pour surmonter les forces d'alignement internes du matériau et casser les différentes interfaces entre les domaines de Weiss. Les températures de Curie pour certains ferromagnétiques importants sont: le fer: 1043 K, cobalt: 1394 K, nickel: 631 K. [4]

Cette transition de phase (ferromagnétique / paramagnétique) peut être expliquée par plusieurs modèles. Le modèle d'Ising est le plus connu [5] : Ce modèle de ferromagnétisme a été développé en 1924 par le professeur Wilhelm Lenz et son étudiant diplômé Ernst Ising. En effet, il montre le concept essentiel de la transition de phase entre l'énergie et l'entropie. [5]

Problématique retenue

Le ferromagnétisme est un phénomène très important dans l'industrie et la technologie moderne et est à la base de nombreux dispositifs électriques et électroniques tel que les électro-aimants, les moteurs électriques et les transformateurs. Pour bien comprendre ce phénomène plusieurs modèles ont été placés, en particulier le modèle d'Ising.

Objectifs du TIPE du candidat

- Etudier les différents magnétismes pour étudier le modèle d'Ising.
- Expérience: Je ferai une expérience qui met en évidence la température de Curie.
- Explication de l'expérience qui met en évidence les domaines de Weiss.
- Simulation numérique: Mise en place d'un programme en Python suivant le modèle d'Ising.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] JOSÉ-PHILIPPE PEREZ, ROBERT CARLES, ROBERT FLECKINGER : Electromagnétisme, fondements et applications : *chapitre 26: Ferromagnétisme, Dunod, 4ème édition*
- [2] THE EDITORS OF ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA : Ferromagnetism PHYSICS : <https://www.britannica.com/science/ferromagnetism#ref1952>
- [3] THE EDITORS OF ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA : Hysteresis PHYSICS : <https://www.britannica.com/science/hysteresis>
- [4] WALTER LEWIN : Lecture 21: Magnetic Materials | 8.02 Electricity and Magnetism, Spring 2002 (Walter Lewin) MIT : <https://www.youtube.com/watch?v=TJGRatHJgEI>
- [5] J.V. SELINGER : Introduction to the Theory of Soft Matter, Soft and Biological Matter, DOI 10.1007/978-3-319-21054-4_2 : *Springer International Publishing Switzerland 2016*

Propagation des fissures

De nos jours, on découvre des nouveaux matériaux avec une grande résistance aux chocs extérieurs. Mais, ceci n'a pas empêché la production des failles. Dans le centre ville par exemple la medina, puisque l'architecture est ancienne les murs présentent plusieurs fissures.

Ce sujet s'inscrit dans le thème. En effet, il s'agit de l'étude d'un milieu solide hétérogène (les murs) et sa résistance ainsi que les fissures qui causent sa rupture. De plus, il y a étude de l'interaction entre les murs et les facteurs extérieurs.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

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>approche statique</i>	<i>Static approach</i>
<i>approche dynamique</i>	<i>Dynamic approach</i>
<i>modèle de griffith</i>	<i>Griffith model</i>

Bibliographie commentée

La mécanique de la rupture tend à définir une propriété du matériau qui peut se traduire par sa résistance à la rupture fragile ou ductile. Car si les structures sont calculées pour que les contraintes nominales ne dépassent pas, en règle générale, la limite d'élasticité du matériau et soient donc par voie de conséquence à l'abri de la ruine par rupture de type ductile ; elles ne sont pas systématiquement à l'abri d'une ruine par rupture de type fragile que ce soit à partir d'une fissure préexistante à la mise en service ou créée en service par fatigue. On va s'intéresser particulièrement aux fissures et leurs propagations. La fissure est un défaut ou une discontinuité brutale apparue ou apparaissant dans les matériaux sous l'effet de contraintes internes ou externes ou la matière est séparée sur une certaine surface. Tant que les forces de contraintes ne sont pas libérés, elle entraîne une grande concentration à son fond.

En effet, la propagation des fissures diffère d'un milieu à un autre et même dans le même milieu. Il existe 3 modes de propagation : un premier mode dans lequel la propagation se fait d'une manière perpendiculaire à la force microscopique. Le deuxième mode se présente sous forme de cisaillement dans le plan tandis que le troisième mode présente aussi un cisaillement mais cette fois hors plan. L'étude se décompose en 3 stades. Un premier stade là où il y a amorçage d'une fissure ou plusieurs

microfissures microscopiques. Un second stade qui traite le cas de la propagation des fissures et un troisième stade, le dernier, là où il y a rupture. Tous ces stades et toute l'étude va dépendre de la vitesse de propagation ainsi que sa direction dont on la déterminera à partir de la théorie des intégrales de contour. De plus la propagation se réduit généralement à une formulation générique si on introduit l'amplitude du facteur de concentrations des contraintes. Pendant l'étude, notre milieu pourra être assimilé à un milieu élastique (une masse attachée à une masse) pour rendre l'étude plus simple. Le modèle de Griffith aussi présentera l'un des supports de l'étude. En effet, ce modèle présente l'aspect énergétique et son effet sur la propagation des fissures dans les milieux

Problématique retenue

- étude statique et dynamique de la propagation des fissures et ses critères: sa vitesse ainsi que sa direction.
- un programme python permettant de résoudre les équations de la simulation présentée

Objectifs du TIPE du candidat

Objectif : je me propose de diviser mon travail en 3 approches :

Approche statique :

Application de la PFS sur les murs

Modélisation par un ensemble de briques afin de déterminer les efforts à supporter par la structure

Utilisation de python pour résoudre le système d'équation trouvées

Approche dynamique :

Sur l'hypothèse d'une reproche d'un milieu élastique, je modéliserai le mur comme un oscillateur amorti forcé afin de déterminer les différentes fréquences propres.

J'utiliserai python pour résoudre les équations trouvées.

J'utiliserai un logiciel adéquat pour bien simuler

Modèle de Griffith :

Propagation des fissures.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] INCONNU : Fatigue des structures - Propagation des fissures de fatigue :

https://www.simulationmateriaux.com/Fatigue/fatigue_des_structures-propagation_des_fissures_de_fatigue.php

[2] PHILIPPE FICHOU, LYCÉE CHATEAUBRIAND, RENNES : Résolution approchée d'une équation – Dichotomie, Newton. : *IPT: informatique pour tous*

[3] HOCINE KEBIR - JEAN MARC ROELANDT- JOCELYN GAUDIN : 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>

Rupture d'une poutre

Du génie civil à l'industrie automobile passant par la construction navale, les poutres assurent un renforcement des structures en question. Assurer la sécurité, est une préoccupation omniprésente pour un ingénieur. Pour cela, je me suis intéressé aux ruptures des poutres et aux facteurs qui peuvent y mener.

Mon sujet s'inscrit dans le thème de cette année. En effet, une poutre peut être considérée comme un milieu solide hétérogène en interaction permanente avec plusieurs facteurs extérieurs qui peuvent causer sa rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fissure</i>	<i>Crack</i>
<i>Mécanique de structure</i>	<i>The structural mechanics</i>
<i>Résistance</i>	<i>Resistance</i>
<i>Poutre</i>	<i>Beam</i>
<i>Déformation</i>	<i>Deformation</i>

Bibliographie commentée

Les poutres, ou bien les structures élancées sont les structures telles qu'une dimension est très supérieure aux deux autres. Combinées aux structures minces, elles présentent des propriétés optimales en terme de raideur et de résistance vis à vis de la quantité de matière utilisée. Leur étude fait partie de la théorie des Mécanique de structure. Cette théorie a été initiée au 17ème siècle. A l'époque, ces résultats ont été vérifiés expérimentalement, C'est seulement dans la 2ème moitié du 20ème siècle que ces résultats ont été vérifiés grâce au Math Appliqués [1]. Plusieurs modèles de poutre ont été introduits parmi eux le modèle de Navier-Bernoulli valable uniquement pour des petites perturbations et le modèle de Timoshenko valable pour les efforts importants [2]. Les poutres peuvent être usées au bout d'un certain temps, ceci se manifeste par les fissures ($<0.3\text{mm}$). Les poutres en béton ont été conçues pour supporter une certaine charge qui peut être dépassée, causant ainsi des fissures dues souvent à la traction à laquelle le matériau résiste moins bien qu'à la compression. Ce problème peut être contourné en utilisant le béton à haute performance (il est considéré ainsi si sa résistance dépasse 60MPa) qui a des résistances élevées et une durabilité meilleure à long terme [3]. Le matériau béton et le fonctionnement du béton armé sont présentés, ainsi que l'intégration de la fissuration au calcul de dimensionnement des ouvrages

en béton armé. Ensuite, les différentes causes reconnues et les facteurs principaux intervenant dans les mécanismes de fissuration sont traités selon qu'ils appartiennent à l'un des 3 domaines suivants : la qualité du matériau et sa formulation, la mise en oeuvre sur le chantier et les règles de l'art de la réalisation, et enfin, la structure et son fonctionnement mécanique et thermique réels. Enfin, la distinction entre fissure et pathologie est faite [4]. La fissuration est une conséquence de la réponse mécanique à ses déformations volumiques d'origine thermique et endogène [5].

Problématique retenue

En 2013, l'effondrement de l'immeuble "Rana Plaza" a provoqué 1127 morts . Cette catastrophe aurait pu être évité si on avait prêté attention aux signes telles que les fissures appraues la veille. Vu l'importance accordée à la sécurité, Quelles sont les moyens adoptés pour améliorer les poutres ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Calcul des forces maximales supportées par une poutre avec le principe fondamental statique.
- Modèle de propagation de fissure.
- le comportement thermo-chimique des poutre(béton).
- Implémentation des codes en Python pour le support des modèles précédents.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PATRICE CARTRAUD : Mécanique des Structures Etude des Poutres : <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00451733v1/document>
- [2] ANDERS THORIN – GILLES FORET : Calcul des structures : https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-01122394/file/2014CalculStructures_poly.pdf
- [3] SÉMINAIRE NATIONAL DE GÉNIE CIVIL « SNGC'07 » : T.TAHENNI *& M. CHEMROUK ** : <https://www.memoireonline.com/12/13/8205/Etude-sur-la-fissuration-en-beton-avec-referance-particuliere-au-beton--haute-performance.html>
- [4] LISSANDRE LAURE : Analyse de la fissuration des bétons et des techniques de mise en oeuvre en vue d'optimiser la réalisation des ouvrages : http://eprints2.insa-strasbourg.fr/93/1/RAPPORT_PFE_1%C3%A8re_partie.pdf
- [5] MATTHIEU BRIFFAUT : Etude de la fissuration au jeune âge des structures massives en béton : influence de la vitesse de refroidissement, des reprises de bétonnage et des armatures : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00597072v2/document>

La céramique

Je me suis intéressé à la céramique car j'habite la Tunisie, où l'utilisation des pièces céramiques est répandue. J'ai lu un article qui rapporte que des recherches médicales ont montré que l'utilisation des céramiques présente des dangers sur la santé des utilisateurs. J'ai décidé d'approfondir ce sujet pour mon Tpe.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année. En effet, la procédure d'élaboration de la pièce céramique peut induire une rupture d'une certaine homogénéité mésoscopique de la matrice du milieu. Cette rupture induit une diffusion de nombreux éléments nocifs et cancérogènes au niveau de l'interface de la pièce.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Pâte céramique</i>	<i>Ceramic paste</i>
<i>Matrice argileuse</i>	<i>Clay matrix</i>
<i>Phénomène de diffusion</i>	<i>Phenomenon of diffusion</i>
<i>Rupture d'homogénéité</i>	<i>Breaking of homogeneity</i>
<i>Loi de Fick</i>	<i>Fick's Law</i>

Bibliographie commentée

Une céramique est un matériau de synthèse fabriqué à partir d'une terre plastique argileuse et d'eau, qui subit ensuite une transformation chimique irréversible au cours d'une cuisson à température élevée. [1].

Les céramiques sont préparées à partir de matériaux de deux types ; plastique ou aplastique, selon certaines propriétés du matériau. La pâte se réfère à la totalité de la matrice céramique, y compris les composants plastiques et aplastiques. Afin de décrire les composants de la pâte céramique, nous distinguons la matrice argileuse et les inclusions. La matrice argileuse représente les composants plastiques de la pâte, alors que les inclusions représentent les composants aplastiques [2].

Les composants plastiques sont principalement des minéraux d'argile. Pendant la cuisson, les minéraux argileux répondent aux changements de température et réagissent pour produire un verre amorphe ou un produit de réaction intermédiaire partiellement amorphe. Ce processus de

vitrification détruit ou modifie de façon spectaculaire les caractéristiques optiques du matériau, ce qui peut rendre difficile l'identification des minéraux d'argile d'origine. En général, la taille des grains d'argile est généralement inférieure à 0,002 mm [3].

Les composants aplastiques sont principalement les minéraux non argileux et les fragments de roches qui peuvent être identifiés par une analyse pétrographique. Ces composants sont généralement de plus de 0,1 mm de diamètre, et sont classés selon leur forme (angulaire, sub-angulaire, sub-arrondie ou arrondie), leur couleur (claire, translucide ou colorée), leur abondance, leur distribution et la présence de minéraux d'altération (minéraux secondaires résultant de l'altération des minéraux originaux). Les minéraux opaques, qui apparaissent en noir sous la lumière plane-polarisée peuvent également être présents. La liste suivante présente les principaux composants aplastiques :

- Quartz -

Mica (muscovite or biotite)

- Oxyde de silice/Plomb

- Minéraux opaques (généralement de l'hématite ou de la magnétite)

- Fragments de roches - Fragments de « caillots » d'argile

- Fragments de charbon ou de bois pétrifié.

Le dégraissant est défini par les archéologues comme matériau aplastique ajouté à l'argile pour améliorer le modelage ou les caractéristiques de cuisson de la pâte [4].

Résumons :

- Pâte céramique = matrice argileuse + inclusions
- Matrice argileuse : composants plastiques (minéraux argileux)
- Inclusions : composants aplastiques minéraux non argileux et fragment de roches (quartz, mica, feldspath...) = dégraissant.

La fabrication de la pièce de céramique se fait à travers plusieurs étapes. De nombreux potiers négligent pourtant certaines d'entre elles.

Parmi les étapes importantes sur lesquelles certains potiers font l'impasse, celle du frittage; à savoir un procédé thermique qui consiste à chauffer une poudre sans atteindre la fusion qui, lorsqu'elle est incomplète, induit l'apparition de pores. Une autre étape, qui est celle du broyage, est parfois carrément absente dans le processus de fabrication d'une pièce en céramique. Lorsque c'est le cas, il

s'ensuit un résidu de grains de quartz grossiers [5]; ce qui conduit à la rupture de l'homogénéité de la matrice argileuse (on parle d'une rupture de l'uniformité de la composition de la céramique et donc d'une matrice argileuse hétérogène). Il en résulte surtout, la diffusion de certains éléments nocifs dans les aliments ou encore lors de la fabrication de la céramique [6]. Ces éléments nocifs dégagés causent de nombreux dangers sur l'homme ; en effet, une étude portant sur 1794 ouvriers masculins en céramique aux Pays-Bas a été réalisée pour analyser le risque de cancer du poumon par rapport à l'exposition à la silice cristalline et à la silicose. Ils ont tous été employés pendant deux ans ou plus dans les industries céramiques entre 1972 et 1982. Au cours d'une enquête sanitaire, 124 cas de pneumoconiose simple ont été diagnostiqués: après 14 années de suivi, 161 décès sont survenus. Un excès de mortalité par cancer du poumon est apparu chez les travailleurs atteints de pneumoconiose simple. Les auteurs concluent que le processus pathologique entraînant la silicose dans l'industrie de la céramique comporte un risque accru de cancer du poumon [7].

Problématique retenue

L'élaboration d'une pièce de céramique doit se faire d'une manière rigoureuse pour éviter la diffusion des éléments nocifs à travers l'interface. Dans le cas contraire, une étude qui portera sur la caractérisation du phénomène de diffusion, que je propose de mener, permettrait de déceler les anomalies produites.

Objectifs du TIPE du candidat

En utilisant un microscope optique, je souhaite réaliser des expériences sur différents échantillons de pièces de céramique permettant de distinguer les deux types de céramiques (évoqués dans la partie Bibliographie commentée) et voir la différence entre les deux. Je compte ensuite analyser les images obtenues en implantant un algorithme sur Python. Enfin, sachant qu'il existe une technique chimique permettant de détecter la présence des éléments nocifs dans une pièce de céramique, je me propose de caractériser ce phénomène de diffusion en se basant sur des équations de diffusion (essentiellement sur la Loi de Fick).

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PRUDENCE M. RICE : On the Origins of Pottery : *Journal of Archaeological Method and Theory*, Vol.6.
- [2] SMITH, M. S : Mineralogical and chemical composition characterization of Prehistoric (WOODLAND PERIOD) ceramic from Fort Bragg : *North Carolina, Department of Earth Sciences University of North Carolina Wilmington*, 2004
- [3] SMITH, M. S., JOSEPH M., THERESA E. WOODLAND : Petrography (Chapter 6), Pottery Sourcing in the Carolina Sandhills : *Research Laboratories of Archaeology, University of North Carolina at Chapel Hill, Research Report No. 29, 73-107, 2008*
- [4] RICE, P. M : Pottery Analysis : *University of Chicago Press, Chicago, 1987*
- [5] MR. SAFI BRAHIM : Procédés et mise en forme des matériaux : Les produits céramiques : *UNIVERSITÉ DE BOUMERDES, FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR F.S.I, DEPARTEMENT GENIE DES MATERIAUX.*
- [6] Règlement sur les produits céramiques émaillés et produits de verre - Information à l'intention

des vendeurs : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/industrie-professionnels/reglement-produits-ceramiques-emailles-produits-verre-information-intention-vendeurs-feuillet.html>

[7] D. R. DAVIS, D.D.S : Potential health hazards of ceramic ring lining material : *University of California, School of Dentistry, San Francisco, Calif*

Etude de la furtivité d'un objet dans un milieu physique.

Imaginons la force de frappe d'une flotte militaire invisible à l'ennemi! Passionné par les techniques de camouflage, j'ai décidé de travailler sur le concept de la furtivité afin de comprendre les principes physiques.

Mon sujet s'inscrit dans le thème de cette année puisque la furtivité repose sur l'interaction d'une onde envoyée par un émetteur, avec un milieu solide qui est l'objet. Les interfaces air/objet ou fluide/objet jouent un rôle important dans ce processus.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>furtivité</i>	<i>stealth</i>
<i>surface équivalente radar</i>	<i>radar cross section</i>
<i>onde électromagnétiques</i>	<i>electromagnetic wave</i>
<i>équation de diffusion</i>	<i>diffusion equation</i>
<i>réduction de la SER</i>	<i>reduction of radar cross section</i>

Bibliographie commentée

La furtivité représente l'état qui spécifie les objets qui ont des signatures réduits qui les rendent moins visible par les par les moyens de détection [1].

Ce sont principalement les radars qui permettent la détection des engins furtifs à l'aide d'un principe : l'écholocation ; le radar reçoit une partie de l'écho de l'onde électromagnétique qu'il émet, et en analysant cet écho, on peut détecter ou même localiser un objet et connaître son vitesse.

Le radar se base dans la recherche et la détection des objets sur les propriétés caractéristiques des ondes électromagnétiques, la théorie de Maxwell explique et décrit la manière avec laquelle ses ondes vont se comporter. La détection de l'onde réfléchi est possible à l'aide des récepteurs convenables pour ce signal.

Le système de détection est constitué d'un émetteur générant le signal, une antenne qui assure la focalisation du signal dans l'espace, un récepteur qui réceptionne l'onde réfléchi et un système

d'exploitation qui sert à l'adaptation des informations reçu par l'opérateur.

La plus part des radars émet les ondes sous forme d'une succession d'impulsions électromagnétiques, ces impulsions ont la célérité de la lumière comme vitesse dans l'atmosphère, et la durée d'une impulsion est voisin de quelques microsecondes [2].

L'étude de la furtivité d'une cible nécessite la détermination d'un paramètre important : son Surface équivalente radar.

La Surface équivalente radar d'un objet évalue la capacité de celle-ci à réfléchir une onde radar [3], c'est la grandeur qui caractérise la furtivité, et il représente la surface d'un objet imaginaire qui rétrodiffuserait de façon isotrope les ondes électromagnétiques suite à une illumination d'une densité de puissance identique à celle de la cible, et reformerait un écho qui a la même puissance que celui reçu par le récepteur.

L'amélioration de la furtivité d'un objet exige la réduction de la Surface équivalente radar de cet objet.

Problématique retenue

Comment peut-on déterminer la furtivité d'une cible ? et comment peut-on l'améliorer ?

Objectifs du TIPE du candidat

je me propose de modéliser l'interaction de l'onde électromagnétique incidente avec la surface de la cible avec une équation de diffusion.

J'essaye d'étudier les formes géométriques permettant de réduire la signature électromagnétique .

J'implimente des algorithmes pour résoudre numériquement les modèles trouvés .

Références bibliographiques (phase 2)

[1] WIKIPÉDIA : Furtivité : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Furtivit%C3%A9>

[2] YACINE BENNANI : Signature électromagnétique bi-statique d'une cible complexe intégrée dans son environnement : Application à l'imagerie ISAR d'une scène maritime : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00839370v2/document>

[3] ANNE-CÉCILE MARIE : Détermination de la surface équivalente radar d'un cible à partir d'un modèle de mesure multistatique en champ proche exploitant les matrices de répartition du système de mesure : <http://biblioweb.u-cergy.fr/theses/08CERG0364.pdf>

Tomographie en cohérence optique pour l'étude d'un milieu : le corps humain.

Avant de bifurquer vers les classes préparatoires, j'ai commencé des études médicales. J'ai été fasciné par l'utilisation des méthodes physiques et de traitement d'images pour rendre le corps humain transparent.

Ainsi, j'ai décidé d'étudier la tomographie en cohérence optique qui est l'une des techniques d'imagerie médicale modernes.

Le corps humain étant un milieu biologique, on se propose d'étudier les interactions des rayons lumineux avec certains organes afin de pouvoir les explorer sans avoir recours à la chirurgie.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tomographie en cohérence optique</i>	<i>Optical coherence tomography</i>
<i>Interférence optique</i>	<i>Optical interferometry</i>
<i>Imagerie biomédicale</i>	<i>Biomedical imaging</i>
<i>Traitement d'image</i>	<i>Image processing</i>
<i>Performance</i>	<i>Performance</i>

Bibliographie commentée

La tomographie optique de cohérence (OCT) est une technique relativement récente, en pleine expansion dans le domaine de l'imagerie microscopique des tissus biologiques. Le premier système OCT est apparu en 1991, réalisé par les chercheurs du Massachusetts Institute of Technology [1].

En utilisant des ondes lumineuses appartenant au visible et l'infrarouge, l'OCT offre à l'imagerie biomédicale l'avantage d'accomplir un scan non invasif à travers la profondeur d'un tissu biologique. Des techniques comme l'échographie, les rayons X ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM) permettent de réaliser des images tomographiques en se basant sur différents mécanismes. Cependant l'OCT offre certains avantages par rapport à ces techniques existantes : c'est une méthode de nature non invasive et non destructrice, elle est facile à utiliser, c'est une technique de très haute résolution et d'une haute sensibilité. Elle permet d'obtenir des images en 2D[1] ou en 3D[6] avec un bon contraste même avec un très faible signal [2]. Grâce à cette méthode

nous pouvons aussi atteindre une résolution subcellulaire sur une profondeur non négligeable de l'ordre de un millimètre. Sa résolution est supérieure à celle des méthodes non optiques que nous avons citées et s'approche de celle des microscopies optiques les plus performantes. [3] [4]

L'OCT utilise une technique interférométrique : LCI (low time-coherence interferometry) où des interférences sont créées dans un interféromètre de Michelson. Notons qu'il existe essentiellement deux variétés de la tomographie en cohérence optique :

-L'OCT temporelle (TD-OCT) où l'élément de base du dispositif d'OCT est un interféromètre de Michelson, permettant de produire des interférences. Les interférences destructives se produisent quand la différence de marche est égale à une demi-longueur d'onde. Ces interférences seront constructives quand la différence de marche sera égale à la longueur d'onde. La distribution en profondeur de la réflectivité de l'échantillon est obtenue par corrélation entre le faisceau réfléchi par le miroir de référence (qui est en translation) et celui réfléchi par les différentes interfaces de l'échantillon. [5]

- L'OCT fréquentielle (FD-OCT) (OCT dans le domaine de Fourier) qui est une méthode d'acquisition du signal interférométrique dans le domaine spectral. Dans le domaine temporel, on essaie de créer les franges d'ondes en faisant déplacer le miroir de référence alors que dans la FD-OCT on essaie de les créer en faisant varier les fréquences et donc les longueurs d'onde de la source. Grâce à la relation de Fourier (théorème de Wiener-Khintchine) qui relie l'autocorrélation et la densité spectrale de puissance), la profondeur peut être immédiatement calculée par une transformée de Fourier depuis le spectre enregistré, sans aucun mouvement du bras de référence. [7]

En outre, la capacité d'un système OCT à produire des images de bonne qualité est caractérisée par la valeur du rapport signal sur bruit (SNR Signal to Noise Ratio). Si l'intensité du signal est très élevée par rapport à l'intensité du bruit alors les images OCT obtenues sont de bonne qualité et la détection des couches profondes dans la cible est meilleure [8].

Problématique retenue

Les performances d'un système OCT sont évaluées à partir de la vitesse d'acquisition des images, du rapport signal sur bruit ainsi que de la sensibilité du système. Quelle technique, entre l'OCT temporelle et l'OCT fréquentielle, sera alors la plus performante ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose :

- 1- D'étudier le principe de fonctionnement d'un système OCT et de modéliser les différents processus physiques qui le régissent.
- 2- De mener une étude comparative entre l'OCT temporelle et l'OCT fréquentielle en se basant sur les critères de performance.

3- D'utiliser le logiciel d'informatique Python ou un autre logiciel adéquat afin de résoudre mathématiquement les équations retrouvées dans la modélisation.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] ADOLF F.FERCHER : Optical Coherence Tomography : *Journal Of Biomedical Optics* 1(2), 157-173 (April 1996)
- [2] D.HUANG,E.A.SWANSON,C.P.LIN,J.S.SCHUMAN,W.G.STINSON,W.CHANG,M.R.HEE,T. FLOTTE, K. GREGORY, C.A. PULIA_TO, AND J. G. FUJIMOTO : Optical Coherence Tomography : *Science* 254, 1178-1180 (1991)
- [3] ARNAUD DUBOIS • CLAUDE BOCCARA : L'OCT ou l'échographie optique : *POUR LA SCIENCE* - N° 338 DÉCEMBRE 2005
- [4] A. GH. PODOLEANU : Optical coherence tomography : *Journal of Microscopy* 2012 .
- [5] B.R.MASTERS : Early development of optical low-coherence reflectometry and some recent biomedical application : *J. Biomed. Opt.* 4, 236-247 (1999)
- [6] A. GH. PODOLEANU, J. ROGERS, AND D.A. JACKSON : Three dimensional OCT images from retina and skin : *Opt.Express* 7, 292-298 (2000)
- [7] ITEBEDDINE GHORBEL : Segmentation et quantification des couches rétinienne dans des images de tomographie de cohérence optique, dans le cas de sujets sains et pathologiques : *Ingénierie biomédicale. Telecom ParisTech, 2012. Français. <NNT : 2012-ENST-0013>*
- [8] A. GH. PODOLEANU, R. CUCU, AND D. A. JACKSON : Signal to noise ratio in an oct/confocal system and penetration depth in OCT : *Proc. SPIE*, 4251, 11-19 (2001).

Etude et modélisation de la compétition cellulaire dans un milieu vivant

-Le cancer est une maladie grave qui tue des millions de personnes chaque année. Une piste possible pour le vaincre serait d'exploiter la compétition cellulaire pour réduire la taille d'une tumeur dans l'organe. Pour cela, je me suis intéressé à la modélisation mathématique de ce phénomène biologique.

-Une organe contenant une tumeur peut être considérée comme un milieu biologique contenant des cellules saines et d'autres cancéreuses. Je m'intéresserai à la modélisation mathématique de l'interaction entre ces deux populations. Les interfaces cellule-cellule et organe-tumeur jouent un rôle important dans la compétition

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Compétition cellulaire</i>	<i>Cellular competition</i>
<i>Modèle mathématique</i>	<i>Mathematical model</i>
<i>Evolution des populations</i>	<i>Population evolutions</i>
<i>Croissance tumorale</i>	<i>Tumor growth</i>
<i>Simulation numérique</i>	<i>Numerical simulation</i>

Bibliographie commentée

Les cancers figurent parmi les principales causes de morbidité et de mortalité dans le monde. Le cancer, qui constitue la deuxième cause de décès dans le monde, a fait 8,8 millions de morts en 2015. Près d'un décès sur 6 dans le monde est dû au cancer {1}. Un cancer est défini comme étant une accumulation de cellules, appelée tumeur, qui a muté et n'est plus sensible à la régulation de la division cellulaire. Moins réceptives aux signaux anti-croissance, voire sécrétant leurs propres signaux de croissance, ces cellules se divisent de façon effrénée et anarchique,

envahissant les tissus voisins. La modélisation mathématique de **la croissance tumorale** a de nombreuses applications: les **simulations numériques** sont utiles pour étudier comment un traitement particulier, dont l'action est connue au niveau moléculaire, travaillera au niveau macroscopique et d'étudier numériquement l'efficacité de diverses thérapies. En outre, la simulation numérique peut être utilisée pour une meilleure compréhension des interactions entre plusieurs traitements ou afin d'optimiser l'efficacité du traitement. {2}

Un modèle macroscopique qui décrit l'évolution de cellules observées à l'échelle macroscopique permet de suivre l'évolution des cellules cancéreuses. La division cellulaire est contrôlée par la concentration d'oxygène notée C .

-Modèles mathématiques pour modéliser l'évolution des populations :

Beaucoup de modèles de croissance tumorale proviennent de modèles de dynamique de populations. En effet les cellules tumorales ont une capacité de prolifération importante mais sont également soumises au processus de mortalité et nécessitent des nutriments pour survivre.

Une modélisation simple de la variation de populations peut être donnée par :

Variation $(x'(t)) = \text{Nombre de naissances}(N_n) - \text{Nombre de morts}(N_m)$.

Cependant, Malthus proposait que les populations évoluent de façon exponentielle.

Son analyse consistait à dire que le nombre de naissances ainsi que le nombre

de décès est proportionnel au nombre d'individus dans la population, ainsi ,

On obtient une équation différentielle assez simple dans laquelle on voit selon les données **l'évolution des populations**.

Un autre modèle pouvant être considéré pour modéliser la compétition cellulaire est celui de Lotka-Volterra. Ce modèle consiste à considérer 2 groupes de cellules X et Y puis modéliser la vitesse de croissance de chaque groupe grâce à des équations différentielles évaluant sa vitesse.

Problématique retenue

Etudier la compétition cellulaire entre un organe sain et une tumeur dans un milieu vivant via un modèle mathématique met en évidence la prolifération de la tumeur et pourrait permettre de trouver des avancées pour diminuer ses effets.

Objectifs du TIPE du candidat

1-Suivi de la croissance tumorale et de la compétition cellulaire avec un organe sain en utilisant des équations différentielles

2-Modélisation par un programme python du modèle prédateur-proie pour le suivi de l'évolution des 2 cellules

3-Réalisation des expériences dans un laboratoire tunisien permettant de mettre en évidence la compétition cellulaire

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] OMS : Cancer : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/fr/>
- [2] JEAN-BAPTISTE LAGAERT : Modélisation de la croissance tumorale : estimation de paramètres d'un modèle de croissance et introduction d'un modèle spécifique aux gliomes de tout grade : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00652366/document>
- [3] T. COLIN, F. DE GOURNAY, E. GRENIER, A. IOLLO, O. KAVIAN, L. MIR, C. POIGNARD, B. RIBBA : Couplage de modèles microscopiques et macroscopiques en biologie : application à l'innovation thérapeutique en cancérologie : <https://www.math.u-bordeaux.fr/ArcC3MB/Poster.pdf>
- [4] FEDERICO VERGA : Modélisation mathématique de processus métastatiques : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00575371/document>
- [5] SEIYA NISHIKAWA, ATSUKO TAKAMATSU, SHIZUE OHSAWA, TATSUSHI IGAKI : Mathematical model for cell competition: predator– prey interactions at the interface between two groups of cells in monolayer tissue : http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/ECO_POB%202016/ECOPO5_2016/Nishikawa%20et%20al%202016.pdf

Extraction de l'énergie géothermique

L'énergie géothermique constitue une nouvelle source d'énergie . La Tunisie a commencé d'exploiter cette forme depuis les années 80 au niveau des zones oasiennes. À cet égard, j'ai choisi de me pencher sur ce sujet, afin d'aider à améliorer le parc énergétique tunisien.

Plus on descend dans la terre plus la température augmente. Il en résulte un flux d'énergie thermique. Les échanges thermiques se font sous différentes modes conduction et convection. Ce flux d'énergie est renforcé de manière significative par la radioactivité naturelle des roches. Mon Tpe porte manifestement sur un milieu la Terre et est en adéquation avec le thème milieux.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Energie géothermique</i>	<i>Geothermal energy</i>
<i>Echanges thermique</i>	<i>Heat exchanges</i>
<i>Diffusion de la chaleur</i>	<i>Thermal diffusivity</i>
<i>Conduction</i>	<i>conduction</i>
<i>Porosité</i>	<i>Porosity</i>

Bibliographie commentée

La géothermie n'a pas été découverte que récemment, bien qu'on ne s'y intéresse véritablement de nos jours que depuis peu de temps. Les premières traces de géothermie connues se trouvent au site de Niisato au Japon, vestiges datant de 15000 à 20 000 ans[1]. Au premier siècle après J.-C., les Romains développèrent les thermes en suivant le modèle des Étrusques. Puis, au second, ces méthodes se répandent dans le monde entier, en particulier dans les îles volcaniques.[1]

Ce n'est qu'au 19ème siècle que l'usage industriel de la géothermie a réellement débuté suite aux progrès scientifiques grâce à une meilleure connaissance de la composition du sous-sol et le développement des techniques de forage et des nouveaux systèmes d'exploitation de l'énergie engendrés par les nouvelles technologies de l'époque, comparé Au 18ème siècle, ou on ne faisait qu'exploiter la chaleur qui arrivait en surface[2].

Le contexte actuel du réchauffement climatique et la raréfaction des ressources en énergie fossile au monde pousse à s'intéresser à l'utilisation de cette forme d'énergie et évaluer scientifiquement son potentiel.

L'énergie géothermique est une forme d'énergie thermique fiable dans le domaine des énergies renouvelables comparée à d'autres sources d'énergie conventionnelles vu son impact sur

l'environnement et le coût de ces procédés d'extraction[6]. Il s'agit d'une source de chaleur qui prend naissance dans le noyau terrestre à environ 6000 km sous la surface. La température au cœur de la terre atteint jusqu'à 5000°C. Loin du noyau et vers la surface de la terre, cette température diminue progressivement pour atteindre environ 10°C à la surface. Ce flux thermique a deux origines: le refroidissement du noyau (50% en gros du flux total) et la radioactivité des roches du manteau, cette radioactivité est celle de la désintégration radioactive des isotopes naturels, en particulier ceux du potassium, de l'uranium et du thorium. Ce gradient de température entraîne un flux continu d'énergie thermique du cœur vers la surface, formant une large gamme de sources d'énergie.

Les procédés de récupération de cette énergie naturelle sont divers et sont de plus en plus en développement dans le sens d'optimiser encore les rendements. Beaucoup de pays du monde s'investissent dans cet axe des énergies renouvelables cependant dans mon pays, la Tunisie, les choses s'avèrent encore mal connues malgré l'existence de beaucoup de sources naturelles d'eau chaude. La littérature parle en gros de deux procédés d'extraction de cette énergie thermique [3] Le premier procédé appelé système ouvert et qui consiste à percer des trous profonds dans la croûte terrestre. L'énergie est produite en pompant de l'eau froide d'un côté du réservoir; en le faisant circuler dans la roche fracturée chaude; et ensuite le ramasser de l'autre côté, pour être ramené à la surface. Le deuxième est en fait un système dit fermé où l'énergie est produite en utilisant un seul trou de forage où l'eau froide est pompée dans un chemin et retournée dans un autre, en utilisant le même tuyau. [5]

Les centrales thermiques sont l'épine dorsale de notre système électrique. Ils convertissent l'énergie thermique en travail mécanique et ce travail en électricité. Leur efficacité est typiquement comprise entre 30 et 50%. Cela signifie que seulement la moitié ou même plus de l'énergie thermique produite dans l'usine est disponible sous forme d'électricité - la chaleur restante est dissipée dans l'environnement, ce qui est faible comparé à des centrales plus modernes comme les centrales hydroélectrique à 85% du rendement, les centrales thermique au charbon à 45% du rendement[4].

L'optimisation d'un procédé de récupération d'énergie fait appel à un travail d'ingénierie ou l'exploitation du savoir scientifique touche beaucoup de domaines de la physique à savoir la thermodynamique, la physique de matériaux, la mécanique des fluides... Plusieurs paramètres interviennent aussi dans la recherche des situations optimales dans lesquelles le rendement est le plus grand possible mais en même temps on doit optimiser les coûts.

Problématique retenue

Quelle rendement peut-on attendre d'un procédé de récupération de l'énergie géothermique? et comment l'optimiser?

Objectifs du TIPE du candidat

Mon travail sera divisé en deux parties:

Evaluation du potentiel thermique de la terre. En effet, je vais modéliser la croûte terrestre par un milieu composé de plusieurs couches séparées par des interfaces afin de trouver un modèle physique décrivant la variation de la température.

J'applique deux approches pour résoudre ce modèle (approches analytique et numérique).

Etude thermodynamique d'une centrale géothermique menant à calculer le rendement.

Expérimentalement, je vais réaliser une maquette simple où j'illustre le principe de fonctionnement de centrale.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] FUTURA MAISON : Qu'est-ce que la géothermie ? : <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/batiment-quest-ce-geothermie-577/page/2/>
- [2] ENERGY THIC : Histoire de la production d'énergie géothermique - Geothermal electricity history : <http://energythic.com/view.php?node=176>
- [3] Géothermie en Tunisie : <http://www.apia.com.tn/geothermie-en-tunisie.html>
- [4] EIKE ROTH : Why thermal power plants have a relatively low efficiency : <https://fr.scribd.com/document/49797146/Efficiency-Thermal>
- [5] RAFID AL-KHOURY : Computational Modeling of Shallow Geothermal Systems : ISSN 1877-0274
- [6] WILLIAM E. GLASSLEY : Geothermal Energy - Renewable Energy and the environment

Effondrement de bâtiments

Ce sujet m'intéresse particulièrement car j'ai failli perdre un proche lors de l'effondrement d'un immeuble en Tunisie suite à de fortes intempéries. J'ai voulu donc en savoir davantage sur les catastrophes que sont les écroulements de bâtiments et je profite de ce tipe pour avoir une vision complète du problème.

Mon sujet consiste à étudier un milieu solide qu'est le bâtiment, et les facteurs causant sa rupture. Il s'agit aussi d'étudier l'influence de l'homogénéité des matériaux dont est construit ce milieu, et l'interaction entre le bâtiment et les facteurs externes. Tout cela me semble en adéquation avec le thème milieux.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Effondrement</i>	<i>Collapse</i>
<i>Oscillation</i>	<i>Oscillation</i>
<i>Bâtiment</i>	<i>Building</i>
<i>Mode propre</i>	<i>Eigenmode</i>

Bibliographie commentée

Les bâtiments, comme toutes les structures, sont conçus pour supporter certaines charges sans se déformer excessivement. Les charges sont le poids des personnes et des objets, le poids de la pluie et de la neige, la pression du vent et la charge permanente du bâtiment lui-même. [2]

Une grande partie des structures du génie civil peuvent être modélisées par des masses concentrées qui subissent les forces d'inertie, et des éléments liant ces masses qui assurent l'inflexibilité de la structure [6]

Ainsi, dans plusieurs domaines de l'ingénierie, l'on peut supposer que les réponses d'un système en question sont sinusoidales. Par conséquent, un bâtiment peut être modélisé par un système linéaire harmonique. [4]

On pourrait croire qu'une structure est indéformable et ne pourrait pas subir de déformations. Au contraire, quelles que soient les matières dont est contruit un bâtiment, ce dernier n'est jamais idéalement rigide. Il pourrait subir une déformation lorsqu'il est sous l'action de forces extérieures ,

ce qui pourrait donc entraîner son effondrement.[1]

Un bâtiment est assimilable à des poutres encastrées qui agissent comme des oscillateurs qui pourraient entrer en résonance. Ainsi, le comportement d'un bâtiment suite à un séisme par exemple dépend de ses modes propres. Afin d'évaluer le risque d'effondrement d'un bâtiment, il est nécessaire de développer des mesures non destructives permettant d'identifier les dommages dans celui-ci. Une des méthodes simple utilisée est l'étude des modes propres de vibration d'une telle structure [3,1]

De plus, on note la présence de trois formes d'énergie. En effet, toute structure possède une énergie cinétique qui entraîne l'apparition d'un travail de déformation qui pourrait être une cause de la rupture de celle-ci. Il existe aussi une énergie potentielle qui a pour rôle de replacer le bâtiment dans sa position initiale, et une énergie dissipée sous forme de chaleur qui pourrait constituer un facteur contribuant à l'effondrement et entraîne une diminution de l'amplitude des oscillations. [1]

Cet amortissement, qui dépend essentiellement de la disposition du bâtiment et des matériaux dont est construit celui-ci, caractérise sa capacité à retrouver sa position initiale suite à une déformation. Il est proportionnel à la vitesse du mouvement.[5,6]

Problématique retenue

L'évaluation des modes propres d'un bâtiment ainsi que la détermination des charges maximales supportées par ce dernier permet d'en apprendre davantage sur la structure.

Le travail consistera à comprendre comment ces caractéristiques peuvent entraîner l'effondrement du bâtiment, et comment la manipulation de celles-ci pourrait diminuer son risque.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose de diviser mon travail en trois étapes:

Approche statique: J'appliquerai le principe fondamental de la statique à un bâtiment qui sera modélisé par un ensemble de poutres afin de déterminer la charge maximale que peut supporter la structure.

Approche dynamique: Sous l'hypothèse d'une réponse élastique, je modéliserai le bâtiment par un oscillateur amorti forcé dans le but de déterminer les différents modes propres.

Pour ces deux approches, j'utiliserai Python pour résoudre les équations trouvées.

Expérience: Je me propose de mettre en place une expérience permettant de visualiser le phénomène et analyser les résultats obtenus.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] INCONNU : Notions de base de dynamique des structures. :

http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/Notions_de_base_de_dynamique_des_structures.pdf

[2] J. B. CALVERT : The collapse of buildings : <https://mysite.du.edu/~jcalvert/tech/failure.htm>

[3] T. AOKI & HIDEYUKI AZEGAMI : Identification of building damage using vibrational eigenvalue and eigenmode pairs : *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics* · July 2015

- [4] WALTER FREI : Modeling the Harmonic Excitations of Linear Systems :
<https://www.comsol.com/blogs/part-1-modeling-the-harmonic-excitations-of-linear-systems/>
- [5] LYCÉE JEAN LURÇAT - MARTIGUES : Etude des structures. :
<https://www.scribd.com/document/260161780/Dynamique-Des-Structures-Vibratoire>
- [6] ALI MIKAEL : Evaluation des paramètres physiques des bâtiments : amortissement, fréquence et modes de comportement des structures de génie civil : approche expérimentale :
https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00597269/file/These_Ali_Mikael.pdf

Les ondes au service de la bourse.

Le temps est le nerf de la guerre dans le domaine du Trading haute fréquence. Les sociétés investissent massivement pour minimiser la durée de transmission des informations.

Vu l'impact de cette pratique (60% des transactions mondiales), j'ai décidé d'étudier la propagation de l'information dans différents supports reliant les bourses.

On considère le support de propagation comme un milieu matériel. L'information véhiculée par une onde électromagnétique interagit avec ce milieu où elle peut subir une certaine rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (*Physique Ondulatoire*), INFORMATIQUE (*Informatique pratique*), SCIENCES INDUSTRIELLES (*Traitement du Signal*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Trading à haute fréquence (THF)</i>	<i>High frequency trading (HFT)</i>
<i>Fibre optique</i>	<i>Optical fiber</i>
<i>Micro-onde</i>	<i>Microwave</i>
<i>Télécommunications optiques</i>	<i>Free Space optics</i>
<i>Propagation électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic propagation</i>

Bibliographie commentée

Avec le développement de l'informatique et des technologies de l'information une nouvelle approche financière est née au sein des places boursières. Des stratégies spéculatives complexes connues sous le nom de Trading à Haute Fréquence ont vu le jour avec deux principaux enjeux : automatiser à la fois le processus d'analyse de données financières ainsi que celui de la prise de décision. Cette pratique consiste en l'exécution automatique d'ordres boursières en volumes importants et à très grande vitesse afin de profiter d'arbitrages temporaires sur les marchés [1]. Avec une part du marché de 60% sur Euronext et 90% aux Etats unis et une moyenne de 22728 d'ordres par seconde, on assiste à une véritable course à l'armement technologique de la part des sociétés THF. Ces dernières investissent dans du matériel informatique afin de pouvoir interagir le plus rapidement possible avec les différentes places boursières à travers le monde.

Avoir une infrastructure permettant un accès au marché à la vitesse de l'éclair est primordial pour devancer ses concurrents. Pour cela, plusieurs technologies sont exploitées :

- Communication par Fibre Optique
- Communication par des ondes-micro
- Communication par Laser

Cherchant à avoir une communication avec le moins de latence possible, des réseaux de fibres optiques privés appelés "Dark Fiber" sont mis à disposition pour les firmes THF tel le réseau reliant Chicago à New Jersey (s'étendant sur 1330KM) établi par la société Américaine "Spread Network" [2].

En effet , une fibre optique, étant un guide d'onde cylindrique composé d'aux moins de 2 milieux de réfraction différents, permet la transmission de l'information véhiculée par une onde électromagnétique suite à une succession de réfractions [3]. D'autres firmes ont installé des antennes spécifiquement pour les traders sur une vingtaine de tours reliant Chicago à New York pour assurer une communication via des micro-ondes dont la longueur d'onde est entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion [4]. L'onde se propage rectilignement et plus rapidement dans l'air là où la fibre doit contourner certains obstacles. Cependant, l'information transmise par les micro-ondes peut être affectée par certaines conditions météorologiques [5]. La communication en laser se fait par l'utilisation de "télégraphe" optique moderne qui consiste en deux télescopes distants se faisant face, chacun muni d'une émission et d'une détection laser. Chaque télescope émet et détecte simultanément le flux émis par l'autre créant ainsi une liaison optique bidirectionnelle en ligne de visée directe [6]. Ce genre de dispositif a déjà été installé par la société « Anova » entre NYSE et NASDAQ assurant une connexion à basse latence mais également des limitations telles que la dégradation du faisceau laser et les obstructions physiques. [7]

Problématique retenue

Le temps étant le nerf de la guerre dans le domaine du trading à haute fréquence , quel type de communication faut-il opter pour afin d'assurer la transmission d'information la plus rapide et fiable possible.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose :

- D'étudier la propagation et les interactions des ondes électromagnétiques dans différents supports.
- De comparer la rapidité et la fiabilité des différentes technologies de télécommunication évoquées.
- De simuler à l'aide d'un logiciel informatique adéquat la propagation d'une onde électromagnétique dans différentes conditions.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] IRENE ALDRIDGE : High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems : *ISBN 978-0-470-56376-2*

[2] MICHAEL LEWIS : FLASH BOYS : *ISBN 9780141979854*

[3] CHERBI LYNDIA : Thèse de Doctorat : Propagation et caractérisation des fibres optiques : http://www.lins.usthb.dz/IMG/file/THESES/THESE_CHERBI-BAZI.pdf

- [4] HO KA-LEUNG : Atomospheric millimetre wave propagation : <http://discovery.ucl.ac.uk/1349341/1/459411.pdf>
- [5] E.A. KARAGIANNI, A.P. MITROPOULOS, I. LATIF, A.G. KAVOUSANOSKAVOUSANAKIS, J.A. KOUKOS AND M.E. FAFALIOS : Atmospheric Effects on EM Propagation and Weather Effects on the Performance of a Dual Band Antenna for WLAN Communications : *ISSN:1791-4469*
- [6] RUDOLPH BIÉRENT : Optique Adaptative appliquée aux Télécommunications Laser en Espace Libre : *Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales*
- [7] ANOVA TECHNOLOGIES : The World's First Laser Network for Transporting Equities Market Data Between NASDAQ & BATS/DirectEdge is now Live & Operational : <https://anova-tech.com/the-worlds-first-laser-network-for-transporting-equities-market-data-between-nasdaq-batsdirectedge-is-now-live-operational/>

Etude et Modélisation de l'évolution des bactéries dans le lait

L'idée de mon tpe m'est venue lorsque je me suis interrogé sur la durée mise par du lait, en boîte, pour devenir inconsommable à partir de son ouverture, j'ai donc pensé à établir un modèle physique qui permet de suivre l'évolution des bactéries dans le lait.

Cette étude s'insère bien dans le thème de cette année:

La qualité du lait est conditionnée par l'évolution des populations de certaines bactéries. Cette évolution dépend de la capacité d'accueil du milieu, de la compétition entre les bactéries et de l'interaction entre le lait et l'environnement extérieur à travers une interface lait-air.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Lait</i>	<i>Milk</i>
<i>Microbiologie Prévisionnelle</i>	<i>Predictive Microbiologie</i>
<i>Sécurité alimentaire</i>	<i>Food security</i>
<i>Bactéries</i>	<i>Bacteria</i>
<i>Contamination</i>	<i>Contamination</i>

Bibliographie commentée

La réfrigération du lait cru dans les fermes et les industries laitières a amélioré sa durée de conservation, cependant, comme celui-ci fournit un environnement physico-chimique favorable à la multiplication d'une multitude de micro-organismes, ceci n'a pas empêché la croissance des micro-organismes psychrotrophes[1]: Ce sont des bactéries capables d'évoluer à des températures inférieures à 7°C[2], une température que l'on conseille généralement pour préserver les produits laitiers. Les bactéries psychrotrophes sont capables de former des enzymes thermorésistants capables d'évoluer à des hautes températures [4] et peuvent causer la dégradation du lait, conduisant à son acidification et à la diminution de sa durée de conservation. En plus d'afficher des caractéristiques de détérioration, certaines espèces appartenant aux psychrotrophes sont considérées comme des bactéries pathogènes qui possèdent une résistance inhérente aux antibiotiques. La contamination du lait et des produits laitiers par ces germes pathogènes peut causer de graves incidents [5] La qualité du lait est donc conditionnée par l'évolution des bactéries psychrotrophes, ils constituent un défi

majeur dans l'industrie laitière et c'est pour cette raison qu'ils sont le centre d'intérêt des bactériologistes et les ingénieurs alimentaires qui cherchent à trouver des moyens de prévention de plus en plus sophistiqués afin d'éviter la recontamination du lait par ces différents micro-organismes. Plusieurs méthodes ont été fournies pour estimer la croissance de la population microbienne dans le lait mais elles négligent plusieurs facteurs qui sont d'autant plus importants : comme la fluctuation de la température, la présence d'autres bactéries (les études en question étudient la croissance d'un seul type de microbe)... [3] Une meilleure approche serait de proposer un modèle flexible qui prend en considération les principaux facteurs pouvant influencer sur la qualité du lait et qui permettrait de donner une estimation précise de sa durée de conservation.

Problématique retenue

Comment peut-t-on estimer la durée de conservation du lait réfrigéré en se basant sur un modèle physique qui prend en considération à la fois :

- Des différents facteurs influant sur sa qualité
- De la croissance des bactéries dans celui-ci

Objectifs du TIPE du candidat

- 1-Je vais élaborer un modèle physique permettant d'estimer la durée de conservation du lait réfrigéré
- 2-J'effectuerais une simulation numérique de l'évolution des bactéries
- 3-Je réaliserais des expériences pour vérifier la conformité du modèle

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] ERIC ANDRIAMAHERY RASOLOFO : ANALYSE DU MICROBIOTE DU LAIT PAR LES MÉTHODES MOLÉCULAIRES : <http://theses.ulaval.ca/archimede/?wicket:interface=:12:::>
- [2] LORALYN H. LEDENBACH AND ROBERT T. MARSHALL : Microbiological Spoilage of Dairy Products : DOI 10.1007/978-1-4419-0826-1_2
- [3] MOHAMED ZIYAINA, BYJU N. GOVINDAN, BARBARA RASCO, TODD COFFEY, AND SHYAM S. SABLANI : Monitoring Shelf Life of Pasteurized Whole Milk Under Refrigerated Storage Conditions: Predictive Models for Quality Loss : DOI: 10.1111/1750-3841.13981
- [4] CHARLES GERDAY : Les enzymes psychrophiles et thermophiles : un défi thermodynamique : bulletins 3/2014 et 4/2014 de l'ACLg, Association des chimistes sortis de l'Université de Liège
- [5] XAVIER BONNARDEL : Lait contaminé à la salmonelle. Ce que fait Lactalis pour sortir de la crise : <https://www.ouest-france.fr/sante/lait-contamine-la-salmonelle-ce-que-fait-lactalis-pour-sortir-de-la-crise-5463033>

Le canon magnétique

En jouant à un jeu vidéo, j'ai remarqué que l'une des armes disponibles était un fusil à propulsion magnétique.

J'ai été curieux de connaître l'énigme derrière le principe de fonctionnement de cette arme.

Mon sujet s'inscrit dans le thème de cette année puisque les projectiles utilisés sont constitués par un milieu ferromagnétique.

La propulsion est assurée par l'interaction avec plusieurs champs magnétiques.

La rapidité de la propulsion est due à l'existence d'une rupture.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Propulsion magnétique</i>	<i>Electromagnetic propulsion</i>
<i>Fusée</i>	<i>Rocket</i>
<i>Bobine</i>	<i>Coil</i>
<i>Canon magnétique</i>	<i>Coilgun</i>
<i>Obus</i>	<i>Shell</i>

Bibliographie commentée

Les armes à feu traditionnelles fonctionnent en éjectant une balle grâce à l'explosion de la poudre à canon située à l'intérieur. Cela présente néanmoins de nombreux inconvénients, ces armes produisent des bruits assourdissants et nécessitent un entretien régulier puisque des résidus de poudre persistent dans le baril de l'arme.

Mais grâce à l'apparition de nouvelles technologies de plus en plus performantes, les armes à feu vont prochainement devenir obsolètes pour faire place aux canons magnétiques. [1]

Cette arme apparaît souvent dans les oeuvres de science-fiction, et peut sembler complexe, mais, en réalité, son principe de fonctionnement repose sur un phénomène très connu de la physique :

l'électromagnétisme. [2]

Il existe deux type de canons magnétiques.

Le premier, très simple, utilise une inversion du champ magnétique : un obus ferromagnétique passe à travers des bobines qui génèrent un champs magnétique attirant cet obus et, à l'intérieur du canon, une inversion du courant électrique, et par conséquent du champ magnétique provoque un effet de la répulsion magnétique afin de propulser cet obus avec une vitesse importante et sur une grande distance.[5]

La deuxième méthode est plus récente et performante, mais aussi plus complexe. Elle repose sur le principe d'induction, plus précisément la loi de Lenz-Faraday.

Un obus contenant des bobines à l'intérieur obus passe à travers un tube entouré de plusieurs solénoïdes. On injecte alors un courant électrique de sens contraire à celui contenu à l'intérieur de l'obus dans le premier solénoïde, ce qui génère un champ magnétique qui éjecte l'obus hors du canon. Les autres solénoïdes sont à leur tour injectées avec le même courant électrique, ce qui accélère la vitesse de propulsion. [5]

Grâce à la répulsion électromagnétique, ces armes seront silencieuses et pourront pénétrer certains blindages qui résistent aux armes à feu. [1,5]

A une plus grande échelle, ce type de propulsion permettrait d'envoyer des objets en orbite autour de la Terre. Elle joue aussi un rôle important dans le futur de l'exploration spatiale et est considérée par la Nasa comme un moyen d'envoyer ses fusées vers la galaxie.[2,3,4,5]

Ces types de canons magnétiques sont pour le moment considérés comme impossibles à réaliser puisqu'ils nécessitent des gigajoules d'énergie pour pouvoir déplacer les fusées et pourraient peser plus de 4000 tonnes selon des études réalisées par la Nasa.[3,5]

Ils devront aussi occuper un très grand espace afin de fournir l'accélération nécessaire pour que la fusée propulsée arrive à la vitesse nécessaire.

Problématique retenue

Une étude s'impose sur le principe de fonctionnement de ce canon mécanique et les forces qui interviennent dans la propulsion de l'obus pour savoir quelles sont les obstacles qu'il faut surmonter pour maîtriser cette technologie à grande échelle.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose de modéliser le fonctionnement du canon magnétique à travers un logiciel informatique et des calculs théoriques. Le but est de comprendre le principe de fonctionnement de ce canon afin de connaître quelles sont les difficultés rencontrées lors de l'application de la propulsion magnétique à grande échelle (Propulsion d'une fusée)

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] KARL P. WILLIAMS : Electromagnetic coil gun project : http://www.nutsvolts.com/magazine/article/electromagnetic_coil_launcher_project
- [2] BARRY HENSEN : Barry's Coilgun Design Site : <https://www.coilgun.info/about/home.htm>
- [3] RONALD J., BOB N. TURMAN ET STEVEN L. SHOPE : Applications of coilgun electromagnetic propulsion technology : <http://ieeexplore.ieee.org/document/1189573/>
- [4] MICHAEL R. LAPOINTE ET JOHN M. SANKOVIC : High power electromagnetic propulsion research at the NASA Glenn Research Center : <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.1290978>
- [5] WIKIPEDIA : Canon Magnétique : https://fr.wikipedia.org/wiki/Canon_magnétique

Milieu à effet magnéto-optique

Grâce à l'amélioration incessante des outils de télécommunications, le monde est devenu un village. L'internet se base désormais sur des réseaux de fibres optiques de plus en plus denses . Pour cela, nous avons choisi de travailler sur l'amélioration des guides d'ondes mettant en jeu des effets magnéto-optiques.

Un effet magnéto-optique comme l'effet Kerr ou l'effet Faraday est dû à l'interaction entre une onde électromagnétique et un milieu sensible.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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

Liste des membres du groupe :

- RACHDI Sandra

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Biréfringence</i>	<i>Birefringence</i>
<i>Pouvoir rotatoire</i>	<i>Optical rotation</i>
<i>Polarisation</i>	<i>Polarization</i>
<i>Effet</i>	<i>Effect</i>
<i>Onde</i>	<i>Wave</i>

Bibliographie commentée

L'importance du magnétisme est considérable. L'Homme ancien s'est servi des pierres magnétiques pour subvenir à ses besoins vitaux. Aujourd'hui, il prend une place prépondérante dans notre quotidien vu le nombre important d'applications qui y sont reliées. Et on peut en citer quelques unes: les moteurs électriques à aimants permanents utilisés dans les voitures électriques, la production des champs magnétiques intenses ou encore la lévitation magnétique.

Et dans le domaine de télécommunications, les effets magnéto-optiques sont utilisés pour permettre un meilleur stockage de l'information et des données. Comme application dans ce domaine, on peut parler des dispositifs non réciproques, les capteurs à courant ou encore l'imagerie des domaines

magnétiques.

Au cours de leur propagation dans un milieu magnétique, les ondes électromagnétiques changent de propriétés. Et cela est dû à l'interaction entre les champs électriques et magnétiques propres à l'onde et les champs qui sont issus de la réaction du milieu. D'où la mise en relief de "l'effet magnéto-optique". Lorsque l'onde interagit avec un matériau soumis à un champ magnétique quasi-statique, elle subit une modification de sa polarisation.[1]

Les effets magnéto-optiques englobent deux effets majeurs: l'effet Faraday et l'effet Kerr magnéto-optique.

En physique, l'effet Faraday est un phénomène magnéto-optique, c'est-à-dire une interaction entre la lumière et un champ magnétique dans un milieu. Il provoque une rotation du plan de polarisation qui est linéairement proportionnelle à la composante du champ magnétique selon la direction de propagation.

Découvert par Michael Faraday en 1845, l'effet Faraday fût la première preuve expérimentale que la lumière et l'électromagnétisme sont liés. La base théorique du rayonnement électromagnétique (qui inclut la lumière visible) a été complétée par James Clerk Maxwell dans les années 1860 et 1870. Cet effet se produit dans la plupart des matériaux diélectriques optiquement transparents (y compris les liquides) sous l'influence des champs magnétiques.[2]

Quant à l'effet Kerr magnéto-optique, il fût découvert en 1875 par le physicien écossais John Kerr. Il consiste en ce que la réflexion sur un matériau ferromagnétique d'une onde polarisée rectilignement fait tourner le plan de polarisation. Il est similaire à l'effet Faraday.[3][4]

Un milieu magnétique peut être modélisé par un ensemble d'oscillateurs harmoniques (qui sont les dipôles magnétiques et électriques). Sous l'action d'une onde électromagnétique incidente couplée à un champ magnétique statique intense, le milieu possède des propriétés intéressantes.[5]

Problématique retenue

Quelles propriétés des milieux magnéto-optiques peut-on utiliser dans la transmission de l'information?

Objectifs du TIPE du candidat

- utilisation d'une approche classique : La théorie de Sommerfeld. Je modélise l'action de l'onde électromagnétique sur le milieu considéré comme un ensemble d'oscillateurs par des équations mathématiques .
- Implémentation d'un code Python permettant de résoudre ces équations numériquement
- Réalisation d'une expérience qui illustre l'effet kerr
- Application de cet effet à l'amélioration d'un guide d'onde électromagnétique en Télécommunication avec un logiciel adéquat

Objectifs du TIPE du second membre du groupe

- Modélisation physique: j'utiliserai la théorie classique développée par Sommerfeld pour trouver les différentes équations mathématiques décrivant l'interaction entre le rayonnement électromagnétique incident et le milieu modélisé par un ensemble d'oscillateurs harmoniques. Ce calcul me permettra de trouver la formule classique de la constante de Verdet que je compare sa valeur à une mesure expérimentale.

- Mon recours à l'outil informatique m'aidera à résoudre les équations différentielles et à visualiser les différentes courbes.

-Application : je me concentrerai sur l'effet Faraday en étudiant une application autour de cet effet afin d'améliorer les guides d'ondes en télécommunications.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] WIKIPÉDIA : Effet magnéto-optique : https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_magnéto-optique
- [2] CARL W AKERLOF : Faraday Optical Rotation : http://instructor.physics.lsa.umich.edu/advlabs/Faraday/Faraday_Effect-july09-5.pdf
- [3] BENJAMIN LASSAGNE : Effet Kerr magnéto-optique : https://moodle.insatoulouse.fr/pluginfile.php/75693/mod_resource/content/1/MOKE_ben.pdf
- [4] GUILLAUME GARREAU : MESURES MAGNETO-OPTIQUE : <http://www.ipcms.unistra.fr/wp-content/uploads/2014/05/kerr2.pdf>
- [5] ARNOLD SOMMERFELD : Optics, Lectures on theoretical physics Vol IV : *Chapitre 3, University of Munich, 1954*

Détermination du niveau des océans par satellite

La protection contre les tsunamis est un souci pour la plupart des pays. Un tremblement de terre de magnitude 7,8 a frappé l'Indonésie, le 2 mars 2016 engendrant des dégâts énormes. Le satellite "Jason 3" qui orbite la terre depuis 2016 a pour but de détecter les tsunamis afin de prendre les précautions nécessaires.

Mon travail portant sur l'interface entre deux milieux s'insère bien dans le thème <milieux>. Le principe de fonctionnement de ce satellite repose sur l'interaction entre l'onde qu'il émet et le milieu marin.

Une rupture dans le niveau d'eau est un signe d'un tsunami inévitable.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>modélisation</i>	<i>modelling</i>
<i>diffusion par les surfaces d'eau</i>	<i>scattering from water surfaces</i>
<i>estimation des hauteurs d'eau</i>	<i>water level estimation</i>
<i>interférométrie</i>	<i>interferometry</i>
<i>signal</i>	<i>signal</i>

Bibliographie commentée

Le vendredi 11 Mars 2011, une vague immense de 15 mètres a frappé la centrale nucléaire de Fukushima. Cette catastrophe naturelle, causée par un séisme a causé plus de 23000 morts et disparus[5]. Ces destructions sont estimées à 150 milliards d'euros[5]. Cette gigantesque vague ou tsunami est considérée comme étant une catastrophe mondiale.

Les tsunamis sont alors des vagues solitaires qui causes des dégâts énormes, ils engendrent la mort de milliers de personnes et la destruction de l'infrastructure des villes. Pour cela cette catastrophe représente un souci pour la plupart des pays. On cherche toujours à détecter cette catastrophe afin de prendre les précautions nécessaires. Sachant que la surface des océans est de 360 700 000 km² (qui représente 70,71 % de la surface de la terre), comment peut-on détecter les tsunamis?

Face à ces difficultés, l'altimétrie consiste une solution optimale. C'est le fait de détecter les variations du niveau de la surface de l'eau instantanément. Le NASA et le CNES ont envoyé un satellite pour détecter ces vagues. C'est le satellite JASON[1][2]. L'altimétrie est basée sur la technique de télédétection: c'est le fait d'acquérir des informations sur un objet ou un phénomène sans avoir un contact avec l'objet étudié. Pour l'altimétrie, ceci se fait en embarquant un radar sur

le satellite[2], qui émet une onde électromagnétique qui se réfléchit sur la surface de l'eau et se renvoie au détecteur embarqué sur le satellite[4]. Le satellite ainsi estime la rugosité de la mer ainsi que la hauteur des vagues en calculant la distance entre la mer et le satellite[4]. Ce rayonnement nous permet d'avoir la hauteur des vagues avec une grande précision en prenant compte des erreurs causées par les couches de l'atmosphère, spécialement l'ionosphère et les autres gaz qui se trouvent dans l'atmosphère terrestre.

Cette technique utilisée, nous permet d'avoir après quelques années une cartographie globale évolutive de la surface des océans, ce qui nous permettra de prévoir les catastrophes naturelles marines.

Problématique retenue

Lors d'un tsunami la hauteur locale de la mer peut s'élever brutalement de plusieurs mètres, il s'ensuit des vagues géantes qui peuvent déferler sur les cotes à plusieurs milliers de kilomètres.

Comment peut-on détecter les variations brutales du niveau de la mer à l'aide d'un radar afin de déclencher une alerte?

Objectifs du TIPE du candidat

Modélisation:

- Le fonctionnement de télédétection
- Interaction entre le rayonnement électromagnétique et le milieu de propagation
- Interaction entre l'onde et la surface de la mer

Simulation numérique:

j'utiliserai le langage de programmation Python afin de:

- Résoudre numériquement les modèles physiques trouvés pendant l'étape de modélisation
- L'analyse et la reconstruction des signaux détectés afin d'obtenir le résultat
- La visualisation de résultats

Expériences:

- J'utiliserai Python pour communiquer avec une base de donnée réelle.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] CNES : JASON 3 : <https://jason-3.cnes.fr/fr/JASON3/Fr/index.htm>

[2] CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGIE : JASON 3 (missions) :
<https://sealevel.jpl.nasa.gov/missions/jason3/>

[3] OLIVIER BOISOT : Étude de la rétrodiffusion des surfaces d'eau en bande Ka à faible incidence :
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01228432v2/document>

[4] PAOLO CIPOLLINI ET HELEN SNAITH : A short course on Altimetry :
https://earth.esa.int/documents/10174/950521/01_Tuesday_OCT2013_Cipollini_Altimetry_1.pdf

[5] LE MONDE : Les destructions du tsunami au japon chiffrées 150 milliards d'euros :
http://www.lemonde.fr/asie-pacifique/article/2011/06/24/les-destructions-du-tsunami-au-japon-chiffrees-a-150-milliards-d-euros_1540712_3216.html

Etude de l'influence des suspensions sur un véhicule

Mon vif intérêt pour la mécanique ainsi que l'état actuel des routes tunisiennes m'a poussé à chercher un système assurant le confort du conducteur en diminuant les failles engendrées par les inégalités du sol. En effet une adaptation apportée sur les suspensions traditionnelles permet de diminuer les mouvements communiqués au châssis .

J'étudie comment relier avec un milieu déformable qui est le système de suspension, deux milieux solides à savoir le châssis d'une voiture et la route par le biais de l'interface des roues de manière à ne pas transmettre au véhicule les inhomogénéités de surface de cette route.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Suspension</i>	<i>Suspension</i>
<i>Amortissement</i>	<i>Amortization</i>
<i>Pneumatique</i>	<i>Pneumatic</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelization</i>
<i>Tenue de route</i>	<i>Roadholding</i>

Bibliographie commentée

Sur un véhicule, la suspension est le système reliant les masses non suspendues (typiquement la roue, les systèmes de freinage, d'entraînement de roue, etc) aux masses suspendues (à savoir le châssis, les passagers et tous les composants du véhicule fixés au châssis). La suspension est un élément essentiel des véhicules de transport terrestre, elle a pour but d'assurer une liaison des roues au sol en toutes circonstances. En absorbant les chocs dus à l'état de la route, elle permet d'augmenter la longévité du moteur et du châssis, en plus d'assurer un confort au conducteur et aux passagers [1]. En effet les éléments de la suspension peuvent être passifs (ressorts, amortisseurs), semi-actifs (amortisseurs pilotés) ou actifs (pompes, pistons) [2]. Lorsque la suspension est passive, ses caractéristiques sont fixées une fois pour toutes et ne varient qu'avec l'usure des éléments (ressort, amortisseur). La force développée par la suspension dépend alors uniquement du débattement de la suspension et de sa vitesse. Dans ce cas rien n'est commandable, hormis un changement des éléments. Lorsque la suspension est semi-active, ses caractéristiques peuvent être choisies parmi un éventail discret, ou bien de façon continue, dans un intervalle. Cependant, la force développée dépend toujours du débattement de la suspension et de sa vitesse.

Dans la pratique, pour des raisons de coût, seul l'amortisseur est semi-actif (amortisseur piloté). Dans ce cas la force développée peut être commandée dans la limite d'un éventail ou d'un intervalle qui dépend encore de la vitesse de débattement de la suspension. Dans le cas d'une suspension active, les éléments sont des pompes ou des pistons qui fournissent alors une force indépendante du débattement de la suspension ou de sa vitesse. Mais la bande passante de ces actionneurs est limitée ou bien cela demande beaucoup trop d'énergie pour une voiture de tourisme [3]. L'objectif de la suspension d'un véhicule de tourisme dans le cadre du confort vibratoire est donc de limiter la transmission aux passagers des vibrations liées aux variations du profil routier. C'est-à-dire atténuer les perturbations causées par les imperfections de la route et idéalement d'éliminer les vibrations néfastes pour le véhicule et pour les passagers afin d'assurer un meilleur confort et bien-être des passagers dans le véhicule. Pour répondre à cet objectif, la suspension doit tout d'abord avoir une bonne isolation vibratoire, c'est à dire avoir un bon filtrage dans la zone des moyennes et hautes fréquences. Pour garantir un bon confort vibratoire, il est également nécessaire d'avoir une bonne tenue de caisse, soit une résonance du transfert caisse-route la plus faible possible [4]. De plus, il faut faire attention également à ne pas négliger la tenue de route. En effet, la suspension doit aussi assurer la continuité du contact roue/chaussée malgré les défauts de la route. La tenue de route représente la stabilité d'un véhicule, elle est relative à la capacité du véhicule à suivre la trajectoire que le conducteur souhaite lui imposer. Pour obtenir cela, il faut que les efforts moteurs, directionnels ou de freinage soient correctement transmis. C'est le pneu qui génère les forces longitudinales et latérales nécessaires aux changements et aux corrections de trajectoire [5]. Suivant le type de système de suspension qu'on veut analyser et suivant l'objectif de l'analyse, la modélisation diffère. Dans un premier temps, et principalement lors de cette étude nous utilisons un modèle quart de véhicule à 2 degrés de liberté. Ce modèle permet de saisir le comportement vertical principal de l'ensemble caisse-roue-pneu quel que soit le système de suspensions en question. De plus, il suffit aux objectifs de notre étude (c.à.d. confort routier et tenue de route) [6].

Problématique retenue

L'accroissement des exigences des passagers/conducteurs en terme de tenue de route, sécurité et confort des véhicules en se basant sur des technologies accessibles et non coûteuses, puisque les suspensions traditionnelles sont de plus en plus dépassées et limitées en ce qui concerne les exigences d'aujourd'hui.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose de :

- Définir les critères de performances de la suspension.
- Modéliser et simuler les systèmes de suspension en utilisant un modèle physique simplifié (quart de véhicule avec deux degrés de libertés).
- Analyser les suspensions existantes afin de développer un système assurant un meilleur rapport Performance/Coût.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] WIKIPEDEA : Suspension de véhicule : https://fr.wikipedia.org/wiki/Suspension_de_v%C3%A9hicule

- [2] DAMIEN SAMMIER : Sur la modélisation et la commande de suspension de véhicules automobiles : *Thèse de doctorat*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00198474>
- [3] MOHAMED HADJOU ET BELHOCINE MOULOUD : Contrôle actif robuste d'une structure flexible : *Thèse de doctorat*, https://www.memoireonline.com/08/11/4732/m_Control-actif-robuste-dune-structure-flexible2.html
- [4] AURORE LETEVE : Etude de l'influence des suspensions de véhicule de tourisme sur le confort vibratoire, le comportement routier et les limites de fonctionnement : *Thèse de doctorat*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01140345>
- [5] H. SLEIMAN : Systèmes de suspension semi-active à base de fluide magnétorhéologique pour l'automobile : *Thèse de doctorat*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00502171>
- [6] ALESSANDRO ZIN : Sur la commande robuste de suspensions automobiles en vue du contrôle global de châssis : *Thèse de doctorat*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00168419>

Pouvoir rotatoire d'un milieu matériel

La surprenante découverte par un groupe de recherche suisse de la grande capacité d'un feuillet de graphène à « tordre la lumière », malgré une épaisseur de l'ordre d'un atome de carbone qui ne devrait pas générer de tel effet, m'a poussée à découvrir le phénomène de polarisation rotatoire. En essayant de fournir une description macroscopique et microscopique au changement de la direction de polarisation d'une onde suite à son interaction avec un milieu en présence d'un champ magnétique, je réponds ainsi aux exigences du thème de l'année.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>Polarisation</i>	<i>Polarization</i>
<i>Champ magnétique</i>	<i>Magnetic field</i>
<i>Constante de Verdet</i>	<i>Verdet constant</i>
<i>Graphène</i>	<i>Graphene</i>
<i>L'effet Hall quantique</i>	<i>The Quantized Hall Effect</i>

Bibliographie commentée

En 1845, Michael Faraday cherchait des preuves expérimentales que les forces de la nature étaient toutes liées. Il a fait une découverte remarquable en examinant attentivement la polarisation de la lumière traversant un matériau transparent en présence d'un champ magnétique et a observé que la lumière linéairement polarisée se propageant à travers la matière parallèlement à un champ magnétique statique subit une rotation du plan de polarisation. Mieux : il postule que l'effet est d'autant plus grand que le milieu est épais. Le Français M. Verdet (1824-1866) a ultérieurement montré que l'angle de rotation est une fonction de l'intensité du champ magnétique, de la longueur parcourue par l'onde dans le milieu et d'un facteur de proportionnalité appelé constante de Verdet [1]. Une des premières publications scientifiques à proposer un calcul théorique de cette constante qui dépend du matériau et de la longueur d'onde est due à M. R. DE MALLEMANN en 1926 [2] qui étudie la réponse mécanique des électrons élastiquement liés aux noyaux au passage d'une onde électromagnétique en présence d'un champ magnétique permanent. Deux autres modèles quantiques basés sur les oscillateurs harmoniques ont été développés pour aboutir à des résultats en concordance avec l'approche classique [3].

L'effet Faraday refait surface trois siècles plus tard grâce à une découverte inattendue menée par

des physiciens de l'Université de Genève en 2011 : un feuillet de graphène peut générer un effet Faraday considérable atteignant les six degrés, une surprise pour un matériau aussi fin qu'un atome de carbone [4]. A l'origine d'une telle propriété sont les caractéristiques électroniques exceptionnelles du graphène, un cristal de carbone de l'épaisseur d'un atome pour lequel le prix Nobel de physique 2010 a été attribué à Kostya Novoselov et Andre Geim. Le graphène, étant alors un excellent conducteur, permet aux électrons de circuler beaucoup plus rapidement que dans un matériau classique comme s'ils n'avaient pas de masse et d'interagir alors avec les particules de lumière [5]. L'effet Faraday est dû à la quantification des orbites cyclotron d'une particule chargée sous champ magnétique, et à sa manifestation macroscopique : l'effet Hall quantique. Celui-ci a été mis en évidence en 1980 par le physicien allemand Klaus von Klitzing [6] à qui fut discerné le prix Nobel à cette occasion. Ces orbitales sont connues sous le nom de niveaux de Landau et, à champ magnétique faible, leur existence donne naissance à d'intéressantes «oscillations quantiques».

L'étude des effets magné-optiques dans différents milieux reste alors ouverte à de nouvelles contributions tant pour son intérêt pour la recherche fondamentale que pour ses applications technologiques en spectroscopie et en télécommunication. Dans cette optique, la recherche de conditions favorables pour l'augmentation de la rotation du plan de polarisation mobilise toujours les chercheurs [8].

Problématique retenue

Un feuillet de graphène ne devrait pas générer un effet Faraday si on ne considère que l'épaisseur. Pourtant il bat le record détenu par le semi-conducteur d'un facteur 10 environ. Comment expliquer cette contradiction ? Peut-on comparer l'effet Faraday dans les deux cas ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Description microscopique classique du phénomène de biréfringence induit : l'effet Faraday dans un diélectrique homogène en vue d'établir une expression de la constante de Verdet.
- Mesure expérimentale de la constante de Verdet et comparaison calcul théorique/résultats expérimentaux.
- Description microscopique de l'effet faraday produit par le graphène : effet Hall quantique.
- Simulation numérique et implémentation d'un code en Python permettant de résoudre les équations trouvées.
- Comparaison des effets Faraday dans un diélectrique homogène et dans le graphène : points communs et les différences.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] VERDET, ÉMILE : Recherches sur les propriétés optiques développées dans les corps transparents par l'action du magnétisme : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k95164j/f1.image>
- [2] R. DE MALLEMANN : Théorie moléculaire de la polarisation rotatoire magnétique. Calcul de la constante de Verdet : https://hal.inria.fr/file/index/docid/205266/filename/ajp-jphysrad_1926_7_10_295_0.pdf
- [3] P. R. BERMAN : Optical Faraday Rotation : *University of Michigan, Ann Arbor, Michigan*

- [4] IRIS CRASSEE, JULIEN LEVALLOIS, ANDREW L. WALTER, MARKUS OSTLER, AARON BOSTWICK, ELI ROTENBERG, THOMAS SEYLLER, DIRK VAN DER MAREL, ALEXEY B. KUZMENKO : Giant Faraday rotation in single- and multilayer graphene : *Nature Physics* 7, 48 (2011)
- [5] ECOLE NORMALE SUPÉRIEURE : Particules chargées dans un champ magnétique : effets quantiques : https://www.ens.fr/IMG/file/concours/2015/PC/sujets/sujet_pc_phycu.pdf
- [6] KLAUS VON KLITZING : L'effet Hall quantique : *Pour la science*, Juin 1986
- [7] FABRY-PEROT ENHANCED FARADAY ROTATION IN GRAPHENE : Nicolas Ubrig¹, Iris Crassee¹, Julien Levallois¹, Ievgeniia Nedoliuk¹, Felix Fromm², Michl Kaiser², Thomas Seyller², Alexey B. Kuzmenko¹ : <https://pdfs.semanticscholar.org/dc60/42c84a41dc229a42a263e02ce3612bc52b00.pdf>

Milieu ferromagnétique, utilisation dans un moteur électrique.

A partir de 2020, la plupart des capitales européennes interdiront les voitures autres qu'électriques. La recherche des performances des moteurs électriques devient alors un enjeu stratégique dans l'industrie automobile. C'est pour cette raison je me suis intéressée à l'étude de moteurs électriques à base d'aimants au Néodyme Fer Bore.

Mon travail se concentrera alors sur l'étude des milieux ferromagnétiques:les moteurs electriques afin de dégager leurs caractéristiques et les confronter aux autres milieux ferromagnétiques standards. L'interaction entre les milieux ferromagnétiques et les différents types de bobinage composant le moteur sera aussi étudiée.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>milieu ferromagnétique</i>	<i>ferromagnetic medium</i>
<i>aimant permanent</i>	<i>permanent magnet</i>
<i>néodyme fer bore</i>	<i>neodymium iron boron</i>
<i>champ rémanent</i>	<i>remnant field</i>
<i>température de Curie</i>	<i>Curie temperature</i>

Bibliographie commentée

Du fait de leurs nombreuses applications technologiques, les matériaux magnétiques ont à l'échelle mondiale une grande importance économique.

Les recherches des entreprises ces dernières années, activement poursuivies aujourd'hui dans les laboratoires des pays industrialisés, ont permis de réaliser la synthèse de nouveaux matériaux magnétiques.Plus précisément, les aimants permanents jouent un rôle important dans le cadre de vie actuel à haute valeur technique. Ils sont indispensables dans l'électrotechnique, avec entre autres des applications dans l'industrie automobile.Par exemple, dans les moteurs électriques.En effet, leur fonctionnement repose sur le principe d'attraction et de répulsion des aimants permanents alimentés par des courants électriques variables générant ainsi un champ magnétique qui fait tourner le rotor du moteur[1].

Ces aimants permanents ont la particularité de s'aimanter fortement en présence d'un champ magnétique extérieur[2][3].

Ils possèdent aussi une aimantation naturelle présente en absence de champ magnétique extérieur ainsi qu'un champ coercitif et une résonance élevés [4].

Aujourd'hui ce sont les aimants à base de terres rares ou néodyme fer bore[5][6]qui sont le plus souvent utilisés dans les applications de forte puissance.

L'inconvénient est que leurs performances se dégradent plus rapidement sous l'effet de la température.Par ailleurs, un matériau ferromagnétique subit un changement de phase à la temperature de Curie à partir de laquelle il devient paramagnétique[7].

Problématique retenue

Les matériaux ferromagnétiques font l'objet de plusieurs études notamment les aimants permanents qui constituent une pièce importante des moteurs électriques.La recherche de leur performance devient un enjeu stratégique dans l'industrie automobile.

Ainsi, mon objectif est de dégager les caractéristiques des aimants permanents pour améliorer le rendement du moteur électrique.

Objectifs du TIPE du candidat

Mon travail consiste à étudier les aimants permanents qui se trouvent dans le moteur électrique afin d'améliorer son rendement.

Alors, mon travail se décompose en quatre points :

1) Modélisation physique :

L'aimant le plus puissant est à base de Néodyme fer bore.

Je vais étudier la physique de ce milieu magnétique et spécialement son interaction avec un champ magnétique extérieur.

Les deux grandeurs les plus importantes dans un aimant permanent sont le champ magnétique rémanent et sa température de Curie.

J'en ferai les déterminations avec les modèles adéquats.

2) Simulation numérique.

3) Expérience.

4) Application.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] YOUSRI ZAGOUHANI : LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE LA VOITURE ELECTRIQUE : <http://lavoitureelectrique-tpe.over-blog.com/article-le-fonctionnement-du-moteur-de-la-voiture-electrique-69457836.html>

[2] GUILLERMO ORTIZ HERNANDEZ : Elaboration et étude des propriétés physiques de couches minces monocristallines d'alliage de Heusler à faible amortissement magnétique pour composants hyperfréquences : <http://thesesups.ups-tlse.fr/2045/1/2013TOU30046.pdf>

[3] J. DEGAUQUE : Magnétisme et matériaux magnétiques : <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00251506/document>

[4] STEPHANE MOUTY : Conception de machines à aimants permanents à haute densité de couple pour les éoliennes de forte puissance : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01176297/document>

[5] ROMAIN RAVAUD : Etude analytique des systèmes magnétomécaniques sans fer: application au

haut-parleur guidé par joints de ferrofluide : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00441482/document>

[6] ARMANDO FONSECA : Comparaison de machines à aimants permanents pour la traction de véhicules électriques et hybrides : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00688674/file/FONSECA_Alberto_2000_opt.pdf

[7] B.G. SHEN : Low temperature magnetic properties, Curie temperature and crystallization temperature of amorphous Nd_{1-x}Fe_x (0.5 < x < 1.9) alloys * : <file:///C:/Users/USER/Downloads/0304-885328912990159-8.pdf>

Modélisation d'un module photovoltaïque en fonction de l'environnement

La Mauritanie est un pays en développement doté d'un climat dont les nuances entre les quatre saisons sont inexistantes. La température garde une valeur particulièrement élevée pendant toute l'année, ce qui m'amène à étudier les cellules photovoltaïques afin d'exploiter l'énergie solaire.

La détermination de l'influence des facteurs environnementaux sur la cellule photovoltaïque en tant que milieu prend en compte la composition du panneau solaire, composé de plusieurs couches, les interfaces, et la lumière incidente.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

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>Photopile</i>	<i>solar cell</i>
<i>Semi-conducteur</i>	<i>Semiconductor</i>
<i>Facteurs environnementaux</i>	<i>Environmental factors</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelling</i>
<i>Simulation informatique</i>	<i>Computer simulation</i>

Bibliographie commentée

Dans nos jours, les énergies fossiles sont les sources d'énergies les plus « abordables » et les plus utilisées sur le globe.

Selon des statistiques publiées en 2012, plus de 80% de l'énergie consommée dans le monde provient de l'exploitation de combustibles fossiles : pétrole (33 %), gaz (21 %), charbon (28 %) et uranium (7%) [1].

Cependant du fait de l'amenuisement relatif des réserves en matières fossiles ainsi que leur rôle néfaste dans l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, les décideurs ont décidé de privilégier les énergies renouvelables.

Le Soleil, source principale des différentes formes d'énergies renouvelables, délivre de manière continue une énorme quantité d'énergie radiante et la terre n'en reçoit qu'une partie infime.

Celle-ci intervient - directement ou indirectement – entre autre dans la photosynthèse, le cycle de l'eau (l'hydroélectricité) ainsi que la houle (énergie holométrique).

L'effet de cette énergie cumulée avec la rotation de la terre est à l'origine des vents (énergie éolienne) et des courants marins (énergie hydrolienne) [2].

Ces filières d'énergie malgré leur faible développement pour le moment, restent prometteuses car ils sauront répondre aux besoins énergétiques de l'homme, sans pour autant nuire à l'environnement, représentant ainsi une source en perpétuel renouvellement.

Le recours à l'énergie solaire constitue une réponse judicieuse à la problématique énergétique. Effectivement l'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires désigne la transformation de l'énergie des rayons solaires arrivant à la surface de la terre en électricité par l'intermédiaire d'un matériau semi-conducteur. Le matériau est composé de deux couches, l'une contenant des électrons supplémentaires et l'autre des électrons déficitaires, ou « trous », dites respectivement dopée de type N et dopée de type P. Lorsque ces deux zones sont mises en contact, les électrons libres de la région N diffusent dans la couche P et donc la zone initialement dopée N devient chargée positivement, et la zone initialement dopée P chargée négativement. Il se crée alors naturellement un champ électrique qui va permettre d'orienter le mouvement des électrons dans le matériau formant ainsi une jonction PN [3]. Lorsque le matériau est exposé à la lumière du soleil, l'énergie apportée par un photon d'énergie : $E = h \cdot \nu$ va permettre l'arrachement des électrons surnuméraires de la zone N afin de combler les trous de la zone P, créant une tension électrique continue relativement faible[4].

Problématique retenue

Les modules photovoltaïques nécessitent une installation extérieure exposée aux rayons solaire afin d'être rentables tout en examinant attentivement les conditions environnementales telles que l'irradiance, l'humidité externe et la température du module etc., car elles peuvent affecter considérablement le rendement de la cellule solaire.

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose donc d'étudier la portée de l'influence des facteurs extérieurs sur la cellule en examinant les résultats d'expériences et d'effectuer ensuite une modélisation effective qui permettra une visualisation de l'impact de chaque paramètre.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] <https://www.notre-planete.info/ecologie/energie/> , 07/01/2018

[2] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation>, 07/01/2018

[3] P.AVAVIAN : Questions de physique autour de l'énergie solaire : www.cea.fr

[4] JIE YANG, YIZE SUN, YANG XU : International Journal of Energy and Environment (IJEE) ,

Modeling impact of environmental factors on photovoltaic array performance : *Volume 4 Issue 6, 2013 pp.955-968*

[5] AHMED MOHAMMED ABED AL-JANABI , EMAD TALIB HASHIM : International Journal of Computer Applications ,Modeling of PV Module Performance under Influence of Surrounding and Essential Factors Variation using Matlab Simulink : *Volume 130 – No.3, November 2015 pp.40-44*

[6] MORNAY THOMAS, VERNAY ALEXIS, VOLLE MARION : Les cellules photovoltaïques :
http://www.prepa-cpe.fr/documents/Les_cellules_photovoltaiques.pdf

TITRE : Les poutres en génie civil

En regardant des photos d'actualité, j'ai été impressionné par les effondrements d'immeubles et je me suis intéressé au sujet.

J'ai appris que toute construction est articulée sur des poutres et qu'il est essentiel de connaître la dynamique de leurs ruptures pour essayer de prévenir l'effondrement des bâtiments.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année <milieux> car il porte sur un milieu solide continu que représente une poutre.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Poutre flexible</i>	<i>Flexible beam</i>
<i>Milieux élastique</i>	<i>Elastic environments</i>
<i>Essais mécanique</i>	<i>Mequanic tests</i>
<i>Fréquences naturelles</i>	<i>Natural frequency</i>
<i>Poutre fissurée</i>	<i>Cracked beams</i>

Bibliographie commentée

Les poutres sont aujourd'hui présentées dans plusieurs domaine en construction civil, en industrie automobile, en aéronautique. En effet, une poutre est constitue l'élément de base de n'importe quelle structure. presque, aucun matériel ne parvient à mener de telles associations contradictoires. stigmatisé d'une part célèbre de l'autre, il évoque des réaction très diverses. De puis le fin du XX^{ie} siècle, ces matériaux ont remplacé les matériaux de construction traditionnels comme la pierre, la brique, le bois, la chaux et l'argile et ont laissé leur empreinte sur tous les segments de la construction: aéroports, ponts, ouvrages maritimes, centrales électriques ou nucléaires. bâtiments résidentiels et commerciaux Les exemples mentionnés illustrent l'importance capitale des poutres et les multitudes possibilités offertes par ces matériaux.

Cependant, ces structures sont soumises à des les contraintes majeures induit par la flexion, Traction et compression[1] et des rupture par une phénomène qui peut être modéliser du point de vue du comportement dynamique, l'apparition d'une fissure dans une poutre conduit au changement des fréquences naturelles de celle-ci. À partir des relations, bien connues de la littérature de spécialité, qui correspondent au mouvement dans le premier mode naturel de vibration d'une poutre simplement appuyée[2] pour étudier les fréquences de résonnance des modes

propres d'une poutre par conséquent l'étude dynamique d'une structure a pour but essentiel de caractériser les déplacements, les déformations et les contraintes qui règnent au sein de cette structure et qui résultent d'un chargement (thermo-)mécanique quelconque de plus. Pour de nombreuses raisons, il y a eu un intérêt croissant dans le domaine de l'analyse dynamique de structures au cours des dernières années. Les raisons les plus importantes sont l'échec observé de structures dues à des charges dynamiques, telles que les séismes et les explosions, conscience de l'importance de concevoir des structures plus résistantes à ces sortes de charges.

De plus il existe un modèle statique des poutres élastiques est un cas particulier de l'élasticité classique. On y étudie des solides déformables élastiques, en petites déformations et en petits déplacements, dont la forme est assimilable à une ligne épaisse [3]. Les structures statiquement sont fréquemment utilisées pour plusieurs avantages. Ils sont relativement plus économiques dans l'exigence de matériau, car les moments de flexion maximum dans la structure sont réduits. Les structures statiques sont plus rigides.

À l'heure actuelle, scientifiques et ingénieurs collaborent ensemble le développement continue des nouvelles poutres grâce à une meilleure connaissance de la chimie des milieux.

Problématique retenue

Le problème est ici de déterminer l'action mécanique de tension ou compression aux quelles sont soumises les différentes poutres de la structure en fonction de l'action mécanique extérieure pour en déduire quelles sont les barres les plus sollicitées et les dimensionner correctement.

Objectifs du TIPE du candidat

Tout d'abord je commence par une étude statique d'une poutre.

J'appliquerai le principe fondamental de la statique afin de modéliser le comportement de la poutre avant et pendant la rupture.

A ce niveau, je ferai une série d'essais mécaniques (flexion, compression, traction) pour comparer les résultats théoriques à ceux expérimentaux.

Je commencerai par une autre modélisation physique qui va donner un système d'équations différentielles.

Ainsi, j'utiliserai Python pour résoudre ces équations.

Le but est de déterminer les fréquences propres pour éviter le phénomène de la résonance.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] Mécanique des structures étude des poutres : *central nantes submitted on 29 jan 2010*

[2] -J.A. LOYA AND L.R.J. FERNANDEZ-SAEZ : Natural frequencies for bending vibrations of Timoshenko cracked beams : *Journal of Sound and Vibration, 2006, 290, pp. 640-653*

[3] JEAN GARRIGUES : statique des poutres élastiques : *Ecole supérieure de mécanique de marseille mai 1999*

TOLES FORTES, DEVELOPPEMENT D'UN PROCEDE DE CONTROLE PAR COURANT DE FOUCAULT

j'ai lu récemment dans un magazine , que les progrès significatifs dans le matériel, l'électronique et les logiciels ont conduit à des équipements de test de contrôle plus sophistiqués qui peuvent avec fiabilité, des informations utiles et critiques, j'ai donc décidé de m'attarder sur ce phénomène. Notre étude porte sur le contrôle des milieux solides et les interactions ondes-milieux, elle est donc en adéquation avec le thème de cette année

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tôles</i>	<i>Sheet metal</i>
<i>caractérisations des défauts</i>	<i>Defects characterization</i>
<i>Courants de Foucault</i>	<i>Eddy current</i>
<i>Test non destructif</i>	<i>Nondestructive Test</i>
<i>capteur</i>	<i>sensor</i>

Bibliographie commentée

La construction d'une machine ou d'un appareil à la pointe de la technologie est la plupart du temps accompagnée d'un souci d'entretien, et de contrôle. Ainsi plusieurs techniques de contrôle ont été mises en place, certaines techniques sont plus ou moins violentes voir destructives, n'ont pas vraiment leurs places dans certains domaines comme l'aéronautique, le nucléaire et bien d'autres. Pour faire face à ce problème de contrôle, des méthodes non destructives ont été mises en place, comme le contrôle non destructif par courant de Foucault, celui-ci propose le meilleur rapport qualité prix par rapport aux autres techniques de contrôle non destructif utilisé [1]. Ainsi cette méthode fut utilisé dès en 1879, par David Edward Hughes celui-ci a mis en évidence l'effet de la conductivité électrique et de la perméabilité magnétique sur le champ de réaction ,il met au point un dispositif, la balance d'induction, qui est employé par la Royal Mint dans le but de vérifier les alliages de métaux utilisés pour la frappe des monnaies britanniques .Hermann Ernest Kranz utilise ensuite en 1926 les courants de Foucault pour mesurer l'épaisseur des matériaux conducteurs inaccessible aux instruments mécaniques, plusieurs d'autres applications s'en suivent. Mais la première entreprise qui commença l'aventure des contrôles par courants de Foucault est l'institut Folder dont le principe de mesure repose sur la comparaison entre un échantillon à tester et un échantillon de référence faisant intervenir les plans d'impédance [2]. Cette technique de contrôle ne cesse d'évoluer on parle ainsi imagerie par courant de Foucault pour l'évaluation des

défauts [1,2,3]

Dans le cadre de notre TIPE nous désirons appliquer cette technique de contrôle par courant de Foucault et d'imagerie à la détection des hard spots sur des tôles fortes en nous appuyons sur quatre thèses de doctorat et sur une étude déjà menée sur la théorie. Nous retenons de ces thèses que le contrôle par courant de foucault nécessite dans le meilleur des cas d'avoir un matériau conducteur et d'une étude approfondit de la conductivité électrique du matériau et de sa perméabilité magnétique afin d'avoir une bonne adéquation entre les données simulées et les données expérimentales [1,2,3,4]. Ainsi on distingue deux types de mesures : une mesure absolue (un seul récepteur) et une mesure différentielle (deux récepteurs) [2]. Pour les cas dont la zone de contrôle est surfacique on cherchera à obtenir une épaisseur δ le plus petit possible en travaillant à haute fréquence (1 à 10MHz) [2,4]. L'émissions des ondes incidentes se fait principalement de trois façons : L'excitation mono-fréquence, multifréquence ou bien pulsée [2]. Deux problèmes majeurs sont à signaler

D'un part l'analyse du champ de réaction demeure capitale pour déterminer les défauts du matériau concerné, ainsi un des problèmes du contrôle par courant de Foucault consiste à analyser de façon rapide et fiable ses données perçue par le capteur lors de l'excitation

D'autre part le contrôle par courant de Foucault nécessite un niveau d'expertise élevé de la part de l'opérateur[Dir08] pour l'interprétation des données ce qui n'est pas toujours évident d'où la nécessité de rendre cette interprétation accessible en moyenne à tous [1]

Problématique retenue

Les signaux réémis par la couche superficielle du matériau étudié ,illuminé par une onde incidente est capitale pour déterminer les défauts de celui-ci. Comment interpréter dans le meilleur des temps possible les signaux reçus par le capteur et en extraire des informations sur ces défauts ?

Objectifs du TIPE du candidat

- 1) Modélisation du contrôle non destructif par courant de Foucault
- 2) Etude de la conductivité électrique et de la perméabilité magnétique des tôles fortes
- 3) Développement d'un procédé de contrôle par courant de Foucault appliqué sur les tôles fortes

Références bibliographiques (phase 2)

[1] YOHAN LE DIRAISON : Imagerie à courants de Foucault pour l'évaluation non-destructive de structures rivetées aéronautiques. Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Cachan, 27 novembre 2008.

[2] BENJAMIN DELABRE : Développement de capteurs flexibles à courants de Foucault : applications à la caractérisation des propriétés électromagnétiques des matériaux et à la détection de défauts par imagerie statique. Thèse de doctorat Université Paris-Saclay , 01 Décembre 2016 .

- [3] VINCENT THOMAS : Systèmes Multi- capteurs et traitement des signaux associé pour l'imagerie par courants de Foucault de pièces aéronautiques Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Cachan ,26 novembre 2010
- [4] CHIARA ZORNI : Contrôle non destructif par courants de Foucault de milieux ferromagnétiques : de l'expérience au modèle d'interaction. Thèse de doctorat de l'Université Paris Sud 11, 28 Février 2012
- [5] J.-M. DUSSAULX AG DER DILLINGER HÜTTENWERKE, DILLINGEN SAAR : CND SUR TOLES FORTES, DEVELOPPEMENT D'UN PROCEDE DE CONTROLE PAR COURANT DE FOUCAULT 2017

Isolation thermique des bâtiments

Sachant que 70% de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels est attribuée au chauffage des logements, une isolation correcte devient primordiale.

Étant originaire d'une région où l'humidité bat des records, une maison mal isolée est souvent synonyme d'une facture énergétique élevée et différentes maladies et c'est ce qui m'a attiré à entreprendre ce sujet.

L'isolation n'est possible que dans le cas d'existence d'une interface séparant deux espaces, en montant différentes couches de matériaux isolants lors de construction des murs pour induire une rupture du transfert thermique de l'intérieur à l'extérieur.

De plus, les matériaux isolants sont des milieux à propriétés différentes.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Thermodynamique</i>	<i>Thermodynamics</i>
<i>Équation de la chaleur</i>	<i>Heat equation</i>
<i>Transferts thermiques</i>	<i>Heat transfers</i>
<i>Isolant thermique</i>	<i>Thermal insulator</i>
<i>Méthode des éléments finis</i>	<i>Finite Element Method</i>

Bibliographie commentée

Toutes les activités humaines nécessitent de l'énergie, ce qui fait d'elle une ressource incontournable. En particulier le chauffage des bâtiments est l'un des activités concernées. Mais les ressources en énergie sont limitées et parfois même polluantes, d'où l'intérêt d'optimiser la procédure de chauffage des bâtiments.

L'une des méthodes permettant cette optimisation est l'isolation thermique de ces bâtiments [1] [2]. Pour mener à bien cette démarche il est nécessaire de modéliser les flux thermiques au niveau des différents isolants grâce à l'équation de la chaleur généralisée [4]. Et à ce moment deux démarches différentes se proposent. D'une part on peut procéder par une méthode analytique, qui permet d'avoir des solutions exactes mais qui risque d'être un peu compliqué à résoudre. D'autre part on peut utiliser une méthode numérique qui donne des résultats approchés mais qui dispose de l'énorme avantage d'être automatique, c'est-à-dire qu'on peut l'implémenter sur machine, et est de

plus en plus simple à résoudre grâce aux progrès technologiques.

Pendant ma recherche bibliographique j'ai été confronté aux différentes méthodes numériques et j'ai choisie d'adopter la méthode des éléments finis [3], afin de modéliser les flux thermiques, et effectuer des simulations avec un logiciel adéquat « Comsol ». Cette méthode a vu le jour vers 1850 avec l'analyse des structures, et a permis l'obtention d'équations simplificatrices pouvant être résolus grâce à des systèmes linéaires.

De plus, en lisant des articles sur les techniques d'optimisation de chauffage, j'ai lu de nombreuses fois le mot « puits canadien » qui est une technique prometteuse qui peut efficacement être utilisée pour réduire la charge de chauffage / refroidissement d'un bâtiment en préchauffant l'air en hiver et vice versa en été [5]. Au cours des deux dernières décennies, beaucoup de recherches ont été effectuées pour développer des modèles analytiques et numériques pour l'analyse des systèmes des puits canadien. De nombreux chercheurs ont développé des équations et des procédures sophistiquées, mais ils ne peuvent pas être facilement refondus en équations de modélisation et doivent être utilisés par essais et expériences

Problématique retenue

L'isolation thermique des bâtiments vise à réduire les pertes énergétiques et cela par une rupture dans les transferts thermiques.

Comment modéliser le problème ?

Comment s'assurer de la validité des résultats ?

Quels effets l'isolation thermique a elle sur les consommations énergétiques ?

Objectifs du TIPE du candidat

- 1)Modélisation des transferts thermiques par une équation de la chaleur généralisée.
- 2)Résolution numérique de cette équation avec la méthode des différences finies.
- 3)Comparaison avec une solution analytique.
- 4)Rédaction d'un code Python permettant:
 - Implémentation des schémas numériques avec étude de stabilité.
 - Représentation de la solution analytique.
- 5)Utilisation d'un logiciel adéquat integrant la méthode numérique des éléments finis.
- 6)Etude d'autres méthodes alternatives : les puits canadiens.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] JEAN CARASSUS : Les Annales de la Recherche Urbaine Année 2007 :

http://www.persee.fr/doc/ar_0180-930x_2007_num_103_1_2717

[2] R. GUECHCHATI : Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda :

http://rist.cerist.dz/IMG/pdf/Simulation_de_l_effet_de_l_isolation_thermique_des_batiments.pdf

[3] YVES DEBARD : Méthode des éléments finis : thermique : <http://iut.univ->

lemans.fr/ydlogi/cours/thermique.pdf

[4] NICOLAS CHAMPAGNAT : Différences finies et analyse numérique matricielle :

<http://www.iecl.univ-lorraine.fr/~Nicolas.Champagnat/Harmo.pdf>

[5] FRÉDÉRIC LOYAU : Introduction au puits canadien : *[http://www.sarl-](http://www.sarl-lafon.fr/public/documents/PAGE%20PUITS%20CANADIEN.pdf)*

[lafon.fr/public/documents/PAGE%20PUITS%20CANADIEN.pdf](http://www.sarl-lafon.fr/public/documents/PAGE%20PUITS%20CANADIEN.pdf)

Mesure de température sans contact

En regardant un film militaire, j'ai vu des soldats qui utilisent des lunettes de vision nocturne pendant les opérations de nuit qui détectent la chaleur corporelle des êtres vivants. J'ai donc été curieux de connaître le principe de fonctionnement de ces lunettes.

Un corps quelconque à une température T différente de 0 K émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine d'infrarouge. Ce rayonnement se propage dans un milieu homogène (air) jusqu'au capteur. on peut considérer ce dernier comme un milieu solide siège d'une interaction rayonnement/matière induisant un signal mesurable.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Corps noir</i>	<i>Black body</i>
<i>Rayonnement thermique</i>	<i>Thermal radiation</i>
<i>Infrarouge</i>	<i>Infrared</i>
<i>Détecteurs quantiques</i>	<i>Quantum detectors</i>
<i>Photon</i>	<i>Photon</i>

Bibliographie commentée

La température est, après la notion de temps, la deuxième variable physique la plus fréquemment mesurée, et de toutes les grandeurs physiques, la température de surface est certainement l'une des mesures industrielles les plus fréquentes. La mesure de cette grandeur permet de déterminer certaines propriétés physiques de la matière et de contrôler plusieurs procédés industriels. Différentes techniques et différents appareils ont été utilisés à travers âges pour mesurer et comparer des températures. L'une de ces techniques est la mesure de température sans contact en se basant sur la mesure d'énergie naturellement émise par un objet.

En effet, chaque corps dont la température est supérieure au zéro absolu émet en sa surface un rayonnement électromagnétique dépendant de sa propre température appelé rayonnement propre [4]. Une partie de ce rayonnement est un rayonnement infrarouge pouvant être utilisé pour la mesure thermique. Ce rayonnement a pour origine l'agitation moléculaire interne du corps. Plus la température du corps est élevée, plus la longueur d'onde émise par ce corps est faible. Il est important de noter que dans le domaine infrarouge, les longueurs d'ondes sont grandes et que

l'énergie rayonnante est faible.

Les lois qui régissent le rayonnement infrarouge sont d'abord établies pour un corps idéal, soit le corps noir. Ce dernier est un objet capable d'absorber totalement tout rayonnement incident quelque soit sa longueur d'onde [1] , parmi ces lois on trouve les lois de Planck , de Wien et de Stefan-Boltzmann [3,5] . Les radiations de tous les autres corps sont comparées avec celles du corps noir. Ce rapport est appelé émissivité pour une longueur d'onde donnée. Ainsi, le rayonnement thermique d'un corps réel se rapproche plus ou moins de celui du corps noir.

Après sa création, ce rayonnement se propage dans l'atmosphère. Afin d'améliorer la sensibilité de la détection, on utilise un système optique (lentilles) permettant de focaliser les radiations thermiques. Le détecteur convertit l'énergie infrarouge reçue du corps en un signal électrique, proportionnel au rayonnement incident, transformé en valeur de température par un circuit électronique adéquat. Des recherches scientifique ont montré que les détecteurs quantiques ou photodiodes sont les plus utilisés dans ce domaine [2].

Le développement des détecteurs quantiques revient au milieu du 19ème siècle où Antoine Cesar Becquerel a découvert en 1850 que certains matériaux génèrent un courant électrique lorsqu'ils sont exposés à un flux de lumière. Limités à la physique classique les physiciens de l'époque ont peiné à trouver une explication plausible de ce comportement. Il a fallu attendre jusqu'en 1935 avec l'avènement de la théorie quantique et le développement de la physique de la matière condensée pour qu'on puisse trouvé des explications satisfaisantes de ce phénomène. on peut alors annoncer le principe suivant: Chaque photon incident transfère son énergie de façon discrète à un électron du matériau actif tant que son énergie est supérieure à l'énergie de transition requise pour exciter l'électron et lui faire franchir la bande interdite [6] .

Problématique retenue

Étant donné un objet dont la température est ambiante. Ce dernier rayonne des ondes électromagnétiques. Quels sont les processus physiques de ce rayonnement? Et comment cette énergie est convertit en un signal électrique en utilisant un détecteur quantique ?

Objectifs du TIPE du candidat

J'ai choisis de me concentrer sur :

- Les processus physiques d'émission du rayonnement:

- + Modélisation classique
- + Modélisation quantique
- + Simulation numérique avec python d'un corps noir

-La physique du détecteur :

+ Modélisation physique d'une photodiode

+ Simulation numérique d'un photodiode

Références bibliographiques (phase 2)

[1] G S RANGANATH : Black-Body Radiation : *RESONANCE volume 13 issue 2 February 2008*
page 115-133

[2] ROSENER E., VINTER B : Optoelectronics : *Cambridge University Press ISBN 0-511-03423-7*
2004

[3] THOMAS ANTONI : Structures de couplage optique originales pour les détecteurs infrarouge à puits quantiques : *HAL Id: tel-00441495*

[4] http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/claude_saintblanquet/rayonnement/11defloi/11defloi.htm

[5] JEAN CARIGNAN : ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UN CAPTEUR INDUCTIF POUR LA MESURE DE TEMPÉRATURE DE SURFACE DES OBJETS MÉTALLIQUES : *Université du Québec à Trois-Rivières*

[6] WALA HASSIS : Etude de structures avancées pour la détection IR quantique à haute température : *HAL Id: tel-01558332*

etude sur l'energie thermique du milieu marin

J'habite en Tunisie et comme elle n'est pas riche en ressources naturelles les chercheurs tentent de trouver une source d'énergie verte fiable en dehors de celle du soleil. J'ai lu dans une revue scientifique à propos de l'énergie thermique des mers et je pense qu'elle peut être la solution.

Le milieu marin est riche en différentes énergies. L'une des méthodes d'extraire cette énergie est d'utiliser le gradient de température entre l'eau à la surface et l'eau des profondeurs dans un échangeur qui mettra en interaction ces deux eaux à travers l'interface d'un échangeur thermique.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>cycle</i>	<i>cycle</i>
<i>fluide</i>	<i>fluid</i>
<i>température</i>	<i>temperature</i>
<i>énergie</i>	<i>energy</i>
<i>centrale</i>	<i>power plant</i>

Bibliographie commentée

La population terrestre est en train d'augmenter à très grande vitesse et donc la demande mondiale en énergie est constamment croissante. La plupart des sources d'énergie disponibles en ce moment s produisent une grande quantité de gaz toxique et donc nocifs à la planète. C'est pour cela que la recherche d'une énergie verte et durable.L'énergie thermique des mers se présente comme une telle source d'énergie : c'est une source verte et qui peut être produite tout le long de l'année 24h/24.

Dans toutes les mers, la température change avec la profondeur et si le gradient thermique est suffisamment élevé, on peut exploiter cette différence de température pour faire fonctionner un moteur thermique et produire de l'énergie électrique. Différents cycles thermodynamiques peuvent être mis en place, citons : le cycle de Rankine, le cycle de Claude, le cycle d'Uehara ou bien le cycle de Kalina[1][2][5][7]. Chacun de ces cycles a ces points forts et ses points faibles.

Plusieurs pays sont éligibles à l'utilisation de l'énergie thermique des mers, certains d'entre eux ont déjà installé des centrales comme Hawaï [6]. Mais même si certains pays n'ont pas la possibilité d'accéder à l'énergie thermique des mers directement ceci peut être contourné en utilisant une autre source chaude comme c'est le cas de la Corée du sud [4].

L'énergie électrique produite peut être utilisée pour alimenter les habitants d'une ville[6] ou si elle est faible de l'utiliser directement pour d'autres fin comme la production du dihydrogène [3].

L'installation d'une centrale à énergie thermique des mers passe par plusieurs étapes : une étude sur la différence de température à la surface et en profondeur qui doit être supérieure à 18° tout le long de l'année, une étude sur le fluide à utiliser pour faire fonctionner de telle machine, une étude sur les matériaux à utiliser au niveau des pompes et des échangeurs thermiques.

Problématique retenue

Quelles sont les contraintes particulières sur les cycles et fluides à utiliser pour avoir un fonctionnement optimal ? Comment utiliser l'énergie solaire pour pouvoir améliorer le rendement de la production de l'électricité ?

Objectifs du TIPE du candidat

- 1) étude thermodynamique des différents cycles
- 2) étude sur les fluides organiques approche chimique et thermodynamique
- 3) étude sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers en Tunisie

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PHILIPPE MARCHAND : l'énergie thermique des mers : *ifremer, 1985*
- [2] INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY : ocean thermal energy conversion brief : https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Ocean_Thermal_Energy_V4_web.pdf
- [3] POURIA AHMADI, IBRAHIM DINCER, MARC A.ROSEN : Multi-objective optimization of an ocean thermal energy conversion system for hydrogen production : *International journal of hydrogen energy*
- [4] HOON JUNG, JUNGHO HWANG : Feasibility study of a combined Ocean Thermal Energy Conversion method in South Korea : *International journal of Energy*
- [5] GEQUN SHU*, YUANYUAN GAO, HUA TIAN*, HAIQIAO WEI, XINGYU LIANG : Study of mixtures based on hydrocarbons used in ORC (Organic Rankine Cycle) for engine waste heat recovery : *International journal of Energy*
- [6] JAN WAR : Ocean thermal Energy : *TUdelft university 2014*, <http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/168d698ec70b48afb694eeeb62e8394c1d>
- [7] NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY : Staging Rankine Cycles Using Ammonia for OTEC Power Production : <https://www.nrel.gov/docs/fy11osti/49121.pdf>

Les milieux financiers: Entre aléas et prédictions

Passionné des marchés financiers, j'ai toujours admiré les traders en pleine négociation commerciale, dans une ambiance survoltée, les obligeant à prendre des risques. Aujourd'hui, les traders ont laissé place à des robots, conçus pour maximiser les gains en minimisant le temps entre chaque transaction, grâce à des algorithmes basés sur la modélisation du mouvement brownien. Je me suis alors décidé d'approfondir le sujet.

Ce TIPE s'inscrit dans une démarche personnelle : celle d'assimiler le milieu financier à un milieu fluide, où les interactions entre les différents agents financiers jouent un rôle prépondérant dans l'évolution imprévisible des prix, pouvant subir des ruptures.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

MATHEMATIQUES (*Mathématiques Appliquées*), PHYSIQUE (*Physique Interdisciplinaire*), INFORMATIQUE (*Informatique pratique*).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Instruments dérivés</i>	<i>Derivatives</i>
<i>Mouvement Brownien</i>	<i>Brownian Movement</i>
<i>Volatilité</i>	<i>Volatility</i>
<i>Diffusion</i>	<i>Diffusion</i>
<i>Stochastique</i>	<i>Stochastic</i>

Bibliographie commentée

Les options sont des contrats financiers qui donnent au propriétaire le droit, mais non l'obligation, d'acheter (call) ou de vendre (put) un actif déterminé à un prix fixé appelé strike, et à une date future appelée maturité. L'actif spécifié (sous-jacent) peut être une action, un indice, une devise, des obligations, des matières premières[5]. L'option peut être soit une option d'achat qui donne à son détenteur le droit d'acheter l'actif sous-jacent, soit une option de vente qui donne au propriétaire le droit de vendre l'actif sous-jacent. Pour acheter une option, l'acheteur doit payer une prime d'option au vendeur[5].

L'histoire de la modélisation des marchés financiers avec des méthodes stochastiques remonte à l'année 1900 avec les études du mathématicien français Louis Bachelier. Dans sa thèse « La théorie de la spéculation », il utilisait une description probabiliste de la fluctuation du prix sur le marché financier en introduisant des concepts d'analyse stochastique[4]. Bachelier a d'abord défini le mouvement Brownien afin de modéliser la variation du prix de l'actif sous-jacent. Il a constaté que cette variation suivait une loi normale. En 1952, l'économiste américain Harry Max Markowitz a fondé la théorie moderne du portefeuille, laquelle a inspiré le professeur de la Harvard Business

School, Lintner à mettre en place le modèle d'évaluation des actifs financiers (MEDAF), consistant à fournir une estimation du rendement d'un actif en fonction de son risque systématique, ce qui a révolutionné l'idéologie et les méthodes quantitatives des bourses.

En 1973, Fischer Black et Myron Scholes ont dévoilé leur modèle en partant du MEDAF, mettant ainsi en place les jalons d'une nouvelle ère dans la façon d'approcher, de gérer et d'utiliser les instruments dérivés, qui, depuis, ne cessent de devenir plus sophistiqués[1].

Pendant ce temps, les théories financières et les modèles mathématiques se sont multipliés et ont prospéré exponentiellement. Ainsi, le modèle binomial de Cox, Ross, Ingersoll fut introduit en 1979 et se répandit rapidement pour sa capacité à s'adapter à des types d'options plus complexes (Options à barrières, Options américaines, Options asiatique)[6].

Ensuite de nombreux modèles furent développés en se basant sur la même approche comme le modèle de Merton [1976] ou le modèle de volatilité stochastique de Hull et White [1987]. Ces modèles supposent que le cours du sous-jacent suit un processus Brownien géométrique. Ce principe fut initialement introduit par Samuelson en 1965 comme une extension des travaux de Bachelier, tout en calculant la prime comme étant l'espérance du pay-off (Bilan financier à l'échéance)[2,4].

Le principe de diffusion du cours rappelle le phénomène physique de conduction thermique décrit par l'équation de la chaleur, qui est également une équation aux dérivées partielles parabolique initialement introduite par Jean Baptiste Joseph Fourier en 1811 à l'école Polytechnique après des expériences sur la propagation de la chaleur, suivies par la modélisation de l'évolution de la température avec des séries trigonométriques, appelés depuis séries de Fourier.

Cette équation est très présente en physique sous le nom générique d'équation de diffusion. On la retrouve dans la diffusion de masse dans un milieu binaire ou de charge électrique dans un conducteur.

L'équation de Black-Scholes se ramène à l'équation de la chaleur, qui est plus facile à résoudre (numériquement ou analytiquement). A partir de la solution de l'équation de la chaleur, on remonte à l'équation de Black-Scholes en faisant les changements de variable à l'envers[3].

En assurance, l'assureur évalue au préalable la perte attendue de l'assuré. Idéalement, l'assureur observe le vrai risque de perte pour chaque individu et selon ses singularités, les pertes sont dues à des situations souvent indépendantes de la volonté de l'assuré, et le prix du contrat d'assurance reflète les coûts de sinistres attendus de l'assuré[7,8].

Toute forme de couverture d'assurance peut être considérée comme une option de vente.

Je me propose d'utiliser le modèle de Black-Scholes pour mieux estimer la prime d'assurance d'un bien en lieu et place de l'approche empirique actuellement utilisée et conduisant à une surévaluation de cette prime.

Problématique retenue

Les compagnies d'assurance adoptent une approche statistique et empirique pour calculer les primes, ce qui amène à une sur-couverture et des marges parfois exagérées. Chacune est libre de fixer son propre tarif. Se doter d'un modèle de pricing efficient représente un avantage compétitif considérable dans un milieu concurrentiel aussi acharné.

Objectifs du TIPE du candidat

1. Découverte et Modélisation : J'étudierai l'équation de la chaleur et son lien avec l'équation aux dérivées partielles de Black-Scholes. J'établirai ensuite le parallèle avec l'approche binomiale.
2. Application : Je définirais les hypothèses à retenir pour l'application de Black-Scholes d'une part et celles à retenir pour une approche binomiale et je mettrai en exergue les limites dans chaque cas.
3. Simulation numérique : J'implémenterai le modèle de Black-Scholes et le modèle binomial en Python et je l'appliquerai pour le calcul des primes d'assurances.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] BLACK, FISCHER AND MYRON SCHOLES : The Pricing of Options and Corporate Liabilities, 1973 : *The Journal of Political Economy* 81 pp. 637-654
- [2] PHILIPPE BRIAND : Le modèle de Black-Scholes, mars 2003 : <https://www.lama.univ-savoie.fr/~briand/igr/bs.pdf>
- [3] ROMAIN WARLOP : Modèle de Black-Scholes, juin 2011 : http://dev.ipol.im/~morel/M%E9moires_Stage_Licence_2011/Romain%20WARLOP%20rapport.pdf
- [4] YACIN JERBI : Evaluation des options et gestion des risques financiers par les réseaux de neurones et par les modèles à volatilité stochastique, février 2006 : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00308623/document>
- [5] WIKIPEDIA : Option(finance) : [https://en.wikipedia.org/wiki/Option_\(finance\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Option_(finance))
- [6] COX, JOHN.C AND STEPHEN A.ROSS : The Valuation of Option for Alternative Stockastic Process, 1976 : *Journal of Financial Economies* 3 pp. 145-166
- [7] RUBINSTEIN, ARIEL AND MENAHEM E. YAARI : Repeated Insurance Contracts ans Moral Hazard, 1983 : *Journal of Economic Theory* 30, pp. 74-97
- [8] SHAVELL, STEVEN : On Moral Hazard and Insurance, 1979 : *Quarterly Journal of Economics* 92, pp. 541-562

Détection de la pollution dans l'atmosphère

La surveillance de la qualité de l'air à Tunis montre que le taux annuel de la pollution dépasse largement le seuil critique. Cette situation a des mauvaises conséquences sur la santé humaine. Pour cette raison, j'ai choisi de travailler sur la détection des polluants dans l'atmosphère terrestre. Ce milieu est hétérogène à cause de la présence des gaz nocifs. La procédure de la détection est basée sur l'analyse des résultats de l'interaction des ondes électromagnétiques avec les particules atmosphériques.

Professeur encadrant du candidat :

AHMED REBAI (+216 97 681 444 / ahmed.rebai2@gmail.com)

Positionnement thématique (phase 2)

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

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>diffusion de la lumière</i>	<i>light scattering</i>
<i>spectroscopie</i>	<i>spectoscopy</i>
<i>laser</i>	<i>laser</i>
<i>lidar</i>	<i>lidar</i>
<i>pollution atmosphérique</i>	<i>atmospheric pollution</i>

Bibliographie commentée

La pollution de l'air constitue un problème majeur ayant un impact direct sur la santé humaine et l'environnement. Elle est causée par toute source d'émission de nature solide, gazeuse ou liquide pouvant affecter la vie humaine ou végétale. Précisément, ces émissions sont à l'origine de l'activité humaine comme par exemple les usines industrielles et les échappements des moyens de transport. Les sources de la pollution de l'air peuvent aussi être naturelles comme par exemple les activités volcaniques. En Tunisie, les études ont montré que les polluants significatifs peuvent être classés en deux catégories qui sont [1]: 1) les composés organiques comme le CO₂, CO, CH₄, émis principalement par les industries énergétiques (cimenteries, raffineries), et 2) les composés inorganiques comme le N₂O, SO₂, NH₃ transférés par les industries qui utilisent le gaz naturel et le fuel lourd comme sources de combustion.

Le control de ces gaz polluants de l'atmosphère ainsi que leur réduction à des niveaux standards et acceptables nécessitent naturellement des mesures de la concentration des polluants dans l'air. C'est pour cette raison le développement des techniques de mesure, permettant d'identifier et de quantifier les polluants atmosphériques, a reçu un intérêt important au cours des dernières décennies. Parmi les techniques qui sont largement utilisées dans le domaine de la détection des gaz polluants, on peut citer le LIDAR (Light Detection And Ranging) [2]. L'idée du LIDAR a été

introduite dans les années 60 [3]. Le concept de mesure d'un polluant avec un système LIDAR est basé sur l'émission d'une onde électromagnétique optique (monochromatique), et la réception et le traitement d'une partie réémise par rétrodiffusion. L'appellation LIDAR est par analogie au RADAR (Radiowave Detection And Ranging) qui utilise un principe similaire mais en transmettant des ondes radio. En plus de son application dans la mesure de la pollution atmosphérique [4], le LIDAR est aussi utilisé dans d'autres domaines comme par exemple la météorologie [5].

Dans ce travail, je m'intéresse à l'application de la méthode LIDAR pour la détection de la pollution atmosphérique. Le principe de cette méthode est basé sur l'émission d'impulsions laser de courtes durées à travers la zone atmosphérique à caractériser en termes de gaz polluants. Ces impulsions subissent naturellement une interaction avec les particules et les molécules dans l'air résultant en une diffusion du faisceau laser émis dans toutes les directions. Cette diffusion est essentiellement causée par la diffusion de Rayleigh, la diffusion de Mie, et la diffusion de Raman [6]. La diffusion de Rayleigh se produit suite à l'interaction des photons incidents avec les molécules disponibles dans l'atmosphère. La dimension des molécules est inférieure à la longueur d'onde du signal incident [6]. La diffusion de Mie est causée par les particules de dimension large devant celle de la longueur d'onde du signal optique incident [6]. Le processus de diffusion de Rayleigh et de Mie est dit élastique car les photons diffusés ont la même fréquence que celle de la lumière incidente [6]. En plus de la diffusion élastique de Rayleigh, une partie du signal optique est diffusée à des fréquences différentes de celle du signal incident. Cette diffusion est dite inélastique, et le phénomène correspond à l'effet Raman. Les fréquences des signaux diffusés dépendent de la vibration des molécules à travers lesquelles se produit la diffusion [6].

Problématique retenue

La technique LIDAR est essentiellement basée sur l'existence d'un couple émetteur-récepteur, d'un rayonnement électromagnétique sonde et d'un algorithme de reconstruction efficace des données collectées.

Dans l'optique d'amélioration de cette technique, comment améliorer la résolution de la détection? Peut-on améliorer l'algorithme de reconstruction?

Objectifs du TIPE du candidat

J'ai choisi de travailler sur la détection de la pollution atmosphérique. Les tâches à réaliser sont les suivantes:

- la modélisation des interactions entre l'onde électromagnétique et les gaz polluants selon les processus de Rayleigh, de Mie et de Raman
- l'implémentation d'un code python permettant de représenter les différentes grandeurs et de résoudre les modèles physiques
- l'étude et la compréhension d'un algorithme de reconstruction des données (Inverse Problems of Lidar Sensing of the Atmosphere)

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] M. ZGHAL : organiques Télédétection laser des polluants : *Thèse de doctorat, Université El Manar, Tunis*
- [2] J. P. CARIOU ET L. SAUVAGE : Les Lidars atmosphériques : *Reflets de la physique No 21/Le Bup No 927. [http:// www.refletsdelaphysique.fr](http://www.refletsdelaphysique.fr)*
- [3] A. BENSRHAIR : application en perception de l'environnement pour le vehicule autonome : *Projet de Physique, INSA Rouen, 2016-2017*
- [4] K. FREDRIKSSON, B. GALLE, K. NYSTRÖM ET S. SVANBERG : Lidar system applied in atmospheric pollution monitoring : *Applied Optics, Vol. 18, No. 17: 2998-3003, 1979*
- [5] N. CÉZARD, C. BESSON, A. DOLFI-BOUTEYRE ET L. LOMBARD : Airflow Characterization by Rayleigh-Mie Lidars : *Journal Aerospace Lab, Issue 1 : 1-4, 2009*
- [6] GUY BOUYRIE : Diffraction et diffusion de la lumière laser par des particules et de molécules: Le LIDAR : *L'Appenteur du Web, 1-24*