

Optimisation des procédés d'isolation acoustique : étude des matériaux

La nuisance sonore est omniprésente en ville, en particulier durant des événements bruyants, ce qui nuit au calme et à la tranquillité. Ainsi j'ai décidé de m'intéresser à l'optimisation des procédés d'isolation acoustique et au rôle des matériaux dans ces systèmes isolants.

Cette étude est en lien avec le thème, les lieux ludiques et sportifs étant souvent exposés à de hautes intensités sonores, ce qui a des conséquences sur joueurs et athlètes en plus de créer de la nuisance sonore en milieu urbain.

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

Liste des membres du groupe :

- *POC Martin*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*

- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Isolation acoustique *Soundproofing*

Onde sonore *Sound wave*

Matériaux isolants *Insulating materials*

Fréquence sonore *Sound frequency*

Intensité sonore *Sound intensity*

Bibliographie commentée

Les ondes sonores et la pollution sonore qui en résulte sont aujourd'hui un problème pour la concentration des joueurs et athlètes et plus généralement pour la santé publique. Ces troubles peuvent provenir d'une exposition à une intensité sonore trop élevée telle qu'on a pu en mesurer

dans des événements sportifs, comme au stade de Galatasaray durant un match contre l'équipe de Fenerbahçe où un pic à 131,76 décibels a pu être enregistré mais aussi simplement à celle au bruit "ambiant" qui d'après l'Agence européenne pour l'environnement est deuxième, après la pollution atmosphérique, comme exposition environnementale la plus nocive pour la santé publique. [1][2]

Pour réduire son impact, il est nécessaire d'utiliser des systèmes d'isolation acoustique qui reposent souvent sur des principes compris depuis l'Antiquité. En effet, les théâtres antiques, comme ceux de la Grèce et de Rome, étaient des chefs-d'œuvre d'ingénierie acoustique: l'effet en cascade des sièges permettait de filtrer efficacement la nuisance sonore. Le choix des matériaux était aussi minutieux afin d'amplifier la propagation du son. [3]

Différents autres systèmes afin d'atténuer l'intensité du bruit ont alors été découverts tels que les résonateurs de Helmholtz ou l'usage d'ondes destructives dans les casques anti-bruit. Cependant, leur efficacité reste partielle aujourd'hui. L'efficacité de cette isolation acoustique réside en partie dans l'optimisation des matériaux choisis et de leurs paramètres. Les matériaux absorbants, tels que la laine de verre, se caractérisent par leur nature fibreuse ou poreuse et leur basse densité. À l'inverse, les matériaux denses comme le plexiglas ont tendance à réfléchir l'énergie sonore.[4][5] Les propriétés géométriques microscopiques du matériau, telles que la taille de ses fibres, exercent une influence sur son pouvoir d'absorption en favorisant ou en limitant les déformations et les frottements, qui sont responsables de la dissipation de l'énergie. Un autre phénomène lié à la géométrie des systèmes étudiés est la résonance, où des ondes stationnaires d'amplitude supérieure à celle de l'onde incidente se forment à l'intérieur du matériau. [5]

Pour évaluer les propriétés isolantes des matériaux, on utilise le facteur de transmission, s'exprimant par le rapport de l'intensité de l'onde transmise sur l'onde incidente. On peut alors définir l'indice d'affaiblissement acoustique. [6] Pour cela, on peut commencer par procéder à une mesure rudimentaire de l'isolement acoustique qui consiste à utiliser un sonomètre pour mesurer l'intensité sonore derrière une paroi et la comparer à l'intensité sonore à l'émetteur. Pour une mesure plus précise, dans le cas d'un isolant homogène, on peut se restreindre à étudier le facteur de transmission. Pour le déterminer, une méthode courante implique l'utilisation d'un tube de Kundt. Dans cette configuration, un haut-parleur génère des ondes stationnaires à une extrémité d'un tube fermé, qui est complété par une surface qui réfléchit les ondes. L'échantillon du matériau testé est placé au milieu de ce tube. En analysant les variations d'intensité sonore avant et après l'échantillon, il est possible de mesurer l'amplitude de l'onde qui traverse l'échantillon ainsi que celle de l'onde initiale, permettant ainsi d'évaluer l'efficacité de transmission du matériau. [7]

Cependant, lors de ce type d'expérience, il est important de considérer la fréquence sur laquelle on travaille, or les fréquences hautes sont plus gênantes pour l'oreille humaine que les basses fréquences. Dans le cas d'une paroi double, la paroi peut entrer en résonance. Il s'agit alors de trouver un moyen de diminuer la fréquence de résonance afin d'avoir un grand indice d'affaiblissement acoustique dans les fréquences plus hautes. [8]

Enfin, il est nécessaire, dans le contexte actuel, de proposer une alternative écologique aux matériaux traditionnels. Un des objets recyclables répondant aux contraintes de l'isolation acoustique qui pourrait être utilisé serait alors les masques utilisés lors de la crise du COVID 19. En effet, leur structure légère et poreuse peut être efficace pour absorber les sons, en particulier les fréquences moyennes et élevées. [9]

Problématique retenue

Comment pouvons-nous optimiser la qualité de l'isolation sonore à l'aide des matériaux ? A quel point cela permet-il de diminuer l'intensité sonore ? Quels sont les autres paramètres qui peuvent avoir un impact significatif sur l'atténuation sonore ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je vais en premier lieu déterminer une modélisation fidèle du bruit , mais aussi de la cible de l'isolation acoustique , pour ensuite étudier la diminution de l'intensité sonore par différents matériaux et chercher à l'optimiser au maximum par la disposition , les paramètres physiques de la structure qui ne sont pas fixés et des paramètres extérieurs si possible. Enfin , je vais étudier le modèle à différentes fréquences d'onde sonore et différentes intensités sonores pour déterminer l'efficacité de ce dernier par rapport à ces paramètres et analyser grâce à des outils informatiques les résultats de l'étude théorique.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] CHRISTIAN MONTEGAN : 131.76 decibels and defeating Manchester United: Meet Galatasaray's assistant manager : <https://www.theinnersanctum.com.au/131-76-decibels-and-defeating-manchester-united-meet-galatasarays-assistant-manager/>
- [2] EUENVIRONMENT : La pollution sonore est encore très répandue en Europe, mais il existe des moyens d'en réduire le volume : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-de-lae-2020/articles/la-pollution-sonore-est-encore>
- [3] PERFECTACOUSTIC : Développement De La Science Acoustique À Travers L'histoire : <https://perfectacoustic.fr/histoire-de-lacoustique/>
- [4] GEORGE, JIPSON AND C. P., SUDHEESH KUMAR : EFFECT OF GEOMETRICAL PARAMETERS AND MATERIAL ON SOUND ABSORPTION COEFFICIENT - A REVIEW (August 6, 2022). Proceedings of the International Conference on Systems, Energy and Environment 2022 (ICSEE 2022) : <https://ssrn.com/abstract=4297978>
- [5] COX, TREVOR J., ET PETER D'ANTONIO. : "Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application." : 3rd Edition, CRC Press, 2016. ISBN: 978-1498740999.

- [6] DR. ABDELOUAHAB ZIANI : Cours d'acoustique architecturale : <https://www.univ-bechar.dz/site/wp-content/uploads/2022/03/COURS-DACOUSTIQUE-ARCHITECTURALE.pdf>
- [7] M. SYLVAIN DJIKOU C. ARISTIDE HOUNGAN MALAHIMI ANJORIN ANTOINE VIANOU GÉRARD DEGAN. : Measurement of the acoustic absorption coefficient of some local building materials for residential buildings using the Kundt tube method : <https://doi.org/10.21595/vp.2018.20160>
- [8] : COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT : http://www.ac-grenoble.fr/lycee/roger.deschaux/documents/Cours/Acoustique/Acoustique-Cours_1.pdf
- [9] ALI, M., ALMUZAIQER, R., AL-SALEM, K. : New novel thermal insulation and sound-absorbing materials from discarded facemasks of COVID-19 pandemic. Sci Rep 11, 23240 (2021). : <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02744-8>

DOT

- [1] : Septembre 2023 - Exploration de plusieurs pistes, sans succès
- [2] : Décembre 2023 - Choix du sujet
- [3] : Janvier 2024 - Suite à l'étude de plusieurs articles, on fixe les objectifs du TIPE et on envisage les premières expériences
- [4] : Mars 2024 - Mise en place des premières expériences de mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique
- [5] : Mai 2024 - Expériences sur les résonances
- [6] : Mai 2024 - Interprétation des résultats
- [7] : Juin 2024 - Ajout de modélisations informatiques

Impact des ultras violets sur la durabilité d'une voile de parapente

J'ai vu que de nombreuses personnes sur internet se posaient la question de la possibilité d'augmenter la durée de vie des voiles de parapentes. Etant parapentiste et n'ayant rien trouvé sur le net, j'ai décidé de me pencher sur la question, afin de chercher une solution.

Le parapente étant un sport extrême, et la question du vieillissement des voiles l'une des problématique majeure dans la pratique sur la longue durée de ce sport, c'est tout naturellement que cette étude m'est venue à l'idée.

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

Liste des membres du groupe :

- *FOUQUETEAU Mattis*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*

- *CHIMIE (Chimie Organique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

résistance aux UV *chemical treatment*

résistance à la traction *mechanical stress*

enduction *paragliding*

déformation *deformation*

optimisation *UV radiation*

Bibliographie commentée

Si Leonard de Vinci avait déjà imaginé le principe d'un parachute, c'est le français André Jacques Garnerin qui réalisa le premier vrai saut en parachute dans le Parc Monceau à Paris en 1797 (1). Mais l'essor du parachute, comme beaucoup d'avancées techniques, est dû à la guerre

et en particulier la seconde guerre mondiale. Depuis ces années-là, les techniques et les matériaux ont beaucoup progressé : depuis le parachute rond en soie, coton et nylon des marines sautant sur la Normandie (2), on est passé à des voiles de type « aile » en polyamide ou polyester (7).

Malgré tout, le pratiquant du parapente ou du parachutisme, hors erreur humaine, met sa vie à la merci d'une voile et de suspentes et il n'existe actuellement aucune solution viable afin de préserver une voile d'un vieillissement prématuré dû aux conditions naturelles (6). Un des principaux facteurs de ce vieillissement prématuré est le rayonnement UV. En effet ceux-ci vont avoir un impact dévastateur sur les propriétés physiques de la voile (4). Aucune solution ne permet aujourd'hui d'augmenter la durée de vie d'une voile après son achat (7) par un quelconque procédé. Le pratiquant du vol à voile doit donc veiller à préserver sa voile en tenant compte d'un vieillissement annoncé et réinvestir après un certain nombre d'heures d'usage (dépendant des produits).

Cependant, des solutions ont été mises au point dans d'autres sports utilisant également des voiles (6), et en particulier le kitesurf qui est un sport récent, pour améliorer la durée de vie des voiles. Nous avons donc décidé d'étudier une de ces solutions pour une application dans le parapente.

Pour cela, la première étape est de vérifier l'impact que va avoir ce traitement sur les propriétés de la voile (5). En effet, la solution d'enduction [fait de recouvrir un matériau avec une autre substance] utilisée est à base de polyuréthane. De nombreux travaux explicitent les propriétés de ce matériau (5), et les différentes réactions susceptibles d'avoir lieu.

Il est ensuite nécessaire de se pencher sur le cas de la voile enduite et donc de la protection que va pouvoir apporter ce traitement anti UV. Pour cela, on va faire passer une série de test à nos voiles. Ces tests sont les tests classiques de fiabilité des voiles commerciales (4). Les deux expériences majeures menées sont le test de déformation de la voile (3) et celui de résistance à la traction (7).

Problématique retenue

Dans quelle mesure peut-on par un traitement adapté, réduire l'impact des Ultra Violets sur les voiles de parapentes ?

Objectifs du TIPE du candidat

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'efficacité d'une solution chimique communément utilisée dans le kitesurf pour augmenter la durée de vie des voiles dans le parapente.

Pour cela les objectifs secondaires à atteindre sont :

- 1) Analyser l'effet de la solution choisie sur les propriétés physico-chimiques de la voile
- 2) Qualifier l'effet protecteur de la solution d'enduction sur la voile par rapport aux

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] XTREMDAY SARL : Histoire du parachutisme : <https://chutelibre.net/histoire.html>
- [2] COLOM GÉRARD : Les premiers parachutes : <http://matpara.wifeo.com/materiels-de-l-union-europeenne.php#:~:text=Le%20parachute%20Type%2DX%20a,pendant%20la%20Seconde%20Guerre%20mondiale>
- [3] L'ATELIER DU PARACHUTISTE : Contrôle du vieillissement de la voile de parachute : <https://www.latelierduparachutiste.com/produit/controle-calage-de-voile-principale/>
- [4] FFVV : Lexique d'entretien du matériel : https://www.ffp.asso.fr/wp-content/uploads/2013/03/MATERIEL_ENTRETIEN_LEXIQUE.pdf
- [5] BASSAM NOHRA : Synthèse et caractérisation de polyhydroxyuréthanes glycéroliques sans isocyanate : <https://oatao.univ-toulouse.fr/13778/1/nohra.pdf>
- [6] FORUM : Débat sur l'enduction : <http://www.parapentiste.info/forum/autres-questions-techniques/refaire-lenduction-de-nos-voiles-pour-prolonger-leur-vie-t12865.0.html>
- [7] ANONYME : Caractéristiques des ailes de parapentes : <https://notech.franceserv.com/ailes-parapentes.html>

DOT

- [1] : Mai 2023 - choix de la thématique du sujet grâce au document [4]
- [2] : Été 2023 - Tentative d'exposition des voiles au soleil, échec d'obtention d'une gamme homogène
- [3] : Septembre 2023 - Après lecture des informations des documents [3] et [6], j'ai défini les premières expériences à réaliser
- [4] : Décembre 2023 - Rencontre avec un expert du parapente, mesures de porosité des voiles
- [5] : Février 2024 - Idée et mise en place de l'expérience d'allongement des voiles
- [6] : Mars 2024 - Premières interprétation des résultats
- [7] : Mai 2024 - Après discussion avec l'expert du parapente, mise en évidence des limites du modèle et seconde interprétation des résultats
- [8] : Juin 2024 - Calcul des incertitude et mise en forme des courbes finales

Optimiser la qualité de l'air dans les salles de sport : stratégies d'analyse et d'amélioration

La pollution de l'air est un problème de santé publique y compris dans les salles de sport. La prise de conscience des effets néfastes des particules fines et du dioxyde de carbone (CO₂) sur la santé m'a conduit à m'intéresser aux causes de cette pollution.

Mieux comprendre et diminuer les sources de pollution pour les sportifs est un sujet cohérent avec le thème de cette année.

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

Liste des membres du groupe :

- MARION--MARCOT Yaël

Positionnement thématique (ÉTAPE 2) :

- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*

- *CHIMIE (Chimie Théorique - Générale)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Pollution

Pollution

Microparticules

Microparticles

Dioxyde de carbone

Carbon dioxide

Capteur de qualité d'air

Air quality sensor

Purificateur d'air

Air purifier

Bibliographie commentée

L'activité physique régulière est une fonction humaine fondamentale et un pilier de la bonne santé. En raison de la croissance mondiale du nombre d'amateurs de sports, les installations sportives en intérieur ont connu une expansion significative au cours des dernières décennies. Cependant de plus en plus d'études s'interrogent à propos de la qualité de l'air dans les complexes sportifs et plus particulièrement dans les salles de sport [1], [2].

Ces salles sont des espaces clos avec des taux d'occupation élevés et l'activité sportive est particulièrement exposée. En effet, la pratique sportive augmente la fréquence respiratoire et la vitesse du flux d'air transportant ainsi les polluants plus profondément dans les voies respiratoires [2].

Les polluants les plus présents dans les salles de sport sont les particules en suspension, les composés organiques volatiles, les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO) et l'ozone (O3) [3].

Les particules sont considérées comme particulièrement nocives pour la santé et se présentent sous différentes tailles. Les particules d'un diamètre de 20 μm (PM 20 pour Particulate Matter) ont tendance à se déposer rapidement, limitant leur présence. Les PM10, PM2.5 et les particules ultrafines (PM<0,1 μm) sont très volatiles et donc plus répandues dans l'atmosphère [4]. Elles proviennent de sources diverses, notamment des équipements sportifs, des sols et de l'usure des chaussures.

D'autre part, des études ont montré que l'on retrouve des niveaux élevés de dioxyde de carbone (CO2) dans ces salles, liés au taux d'occupation humain et à l'activité pratiquée, qui impactent aussi la qualité de l'air.

Afin de quantifier la Qualité de l'Air Intérieur (QAI), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a fixé des seuils basés sur la concentration en polluants [8].

La pollution de l'air dans les salles de sport est un problème sérieux qui peut avoir un impact négatif sur la santé des sportifs, en particulier sur les aspects respiratoires [7]. En concentration excessive dans l'air, ces gaz et particules peuvent aggraver les muqueuses respiratoires, augmentant la sensibilité aux allergènes et aux infections virales [1], [3]. D'autre part, l'augmentation du CO2 donne une bonne indication du niveau de confinement d'une salle, qui est un marqueur significatif d'une mauvaise ventilation du bâtiment et par conséquent de la qualité de l'air [9].

Il est donc important de quantifier cette pollution, en mesurant le taux de dioxyde de carbone et de particules fines dans les salles de sport, comme ce qui a été fait dans plusieurs études [6]. Il faut d'autre part prendre des mesures pour améliorer la qualité de l'air. Ces mesures consistent tout d'abord à améliorer le renouvellement de l'air, qui permet de lutter contre le confinement et de réduire la concentration des contaminants [4], et à réduire les sources de pollution telles que les produits de nettoyage. L'utilisation de purificateurs d'air, qui utilisent différents filtres pour capturer les polluants, est aussi une solution efficace pour améliorer la qualité de l'air [5].

Problématique retenue

Notre sujet cherche à répondre aux questions suivantes : Quels sont les principaux polluants présents dans les salles de sport ? Comment détecter leur présence ? Quelles sont les mesures de prévention mises en place pour prévenir et limiter les impacts des polluants sur la santé des sportifs ?

Objectifs du TIPE du candidat

Mon objectif est de mettre en place des systèmes de mesure de dioxyde de carbone et de particules dans une salle de sport, et d'analyser les résultats en suivant les étapes suivantes :

- 1) Comprendre l'origine de la pollution de l'air dans différents types de salles de sport
- 2) Réaliser un capteur de particules (PM2.5 et PM10) ainsi qu'un capteur de dioxyde de carbone afin d'acquérir des données sur la qualité de l'air dans une salle de sport
- 3) Faire le lien entre la présence de CO2 et l'augmentation des particules fines dans l'air

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] C.A RAMOS, H.T. WOLTERBEEK, S.M. ALMEIDA : Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers, *Building and Environment : Volume 82, 2014, Pages 349-360*
- [2] ALEXANDRO ANDRADE, FÁBIO HECH DOMINSKI : Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Systematic review : *Journal of Environmental Management, Volume 206 , 2018, Pages 577-586*
- [3] HEIDI SALONEN, TUNGA SALTHAMMER, LIDIA MORAWSKA : Human exposure to air contaminants in sports environments : *Indoor Air, 2020*
- [4] AURORE PFISTER : Prédiction de la qualité de l'air intérieur par simulation numérique. Architecture, aménagement de l'espace. 2014 : *dumas-01281651*
- [5] KEVIN MORISSEAU : Thèse de doctorat en Génie des procédés : Traitement combiné de polluants atmosphériques par filtration et adsorption pour limiter leur transfert dans l'habitat urbain : *Ecole des Mines de Nantes, 2016. <NNT:2016EMNA0292>*
- [6] : Fiche technique de l'assemblage du capteur de particules fines : : <https://tutos.ouiaremakers.com/posts/tutoriel-diy-creer-votre-capteur-de-pollution-de-l-air>, consulté le 25 septembre 2023

- [7] VALÉRIE BOUGAULT : Article dans The conversation : Comment la pollution atmosphérique impacte la pratique sportive. : <https://theconversation.com/comment-la-pollution-atmospherique-impacte-la-pratique-sportive-207964>, consulté le 13 octobre 2023
- [8] : World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. : <https://iris.who.int/handle/10665/345329>
- [9] G. BUONANNO, F.C. FUOCO, S.MARINI, L. STABILE : Particle Resuspension in School Gyms during Physical Activities : *Aerosol and Air Quality Research*, 12: 803–813, 2012

DOT

- [1] : *Septembre 2023 : Choix définitif du sujet. Début de la réflexion et de la documentation à propos des méthodes de mesure de la qualité de l'air.*
- [2] : *23 octobre 2023 : Prise de contact avec l'entreprise COZY AIR dans le but de louer un capteur de particules/dioxyde de carbone (infructueux).*
- [3] : *Novembre 2023 : Achat et réception des capteurs de qualité d'air ARDUINO. Entretien avec une chimiste de l'entreprise COZY AIR.*
- [4] : *Décembre 2023 – janvier 2024 : Montage des capteurs CO₂ et PM. Début de la réalisation des expériences de mesure du CO₂ et PM. Abandon des mesures avec le capteur d'Ozone.*
- [5] : *Février 2024 : Documentation sur les méthodes de dépollution. Achat du purificateur d'air.*
- [6] : *Mars 2024 : Début des expériences sur les méthodes de dépollution.*
- [7] : *Avril – juin 2024 : Finalisation des expériences sur les PM et exploitation des résultats. Préparation de la présentation.*

Analyse Physique approfondie des vagues pour une compréhension avancée dans le monde du surf

J'ai toujours été fasciné par les vagues lorsque j'allais à la plage, ne comprenant pas leurs formations. La raison est simple, ce sont des phénomènes très complexes. La discipline les exploitant le plus est le surf, j'ai donc trouvé intéressant l'idée d'étudier le comportement des vagues aux larges des côtes.

L'étude approfondie des vagues va donc révéler comment l'activité du surf, qui inscrit donc notre étude dans le thème de l'année, peut être enrichi par des connaissances physiques. De plus, la maîtrise de ces connaissances mèneront inéluctablement les surfeurs vers une meilleure maîtrise de leurs disciplines.

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

Liste des membres du groupe :

- *EDOUARD Eliott*

Positionnement thématique (ÉTAPE 2) :

- *PHYSIQUE (Physique Théorique)*

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Vagues</i>	<i>Waves</i>
<i>Déferlement</i>	<i>Breaks</i>
<i>Stabilisation</i>	<i>Stabilization</i>
<i>Bathymétrie</i>	<i>Bathymetry</i>
<i>Ondes progressive</i>	<i>Progressive waves</i>

Bibliographie commentée

Le surf a une histoire riche et captivante qui remonte à des siècles [1]. Ses origines peuvent être retracées dans les cultures polynésiennes, où le surf était plus qu'un simple loisir. Au début du XXe siècle, des pionniers ont contribué à populariser le surf à l'échelle mondiale. Les années 1960 ont marqué l'avènement de la contre-culture du surf, avec l'émergence de nouvelles technologies de fabrication de planches et l'exploration de spots de surf emblématiques. Aujourd'hui, le surf est devenu un phénomène mondial, avec des communautés passionnées partout dans le monde, des compétitions de classe mondiale et une culture qui célèbre la connexion intime entre l'homme et l'océan. Comprendre la genèse et l'évolution des vagues offre aux surfeurs une perspective cruciale pour maximiser leur expérience sur l'océan. Ainsi, la science des vagues constitue un lien essentiel entre la passion du surf et la curiosité intellectuelle. Les vagues, à leur essence, sont le résultat de la transmission de l'énergie du vent à la surface de l'eau. Le vent crée des ondulations, et sous son influence, ces ondulations se développent en vagues. Lorsque les vagues approchent des côtes, leur interaction avec le fond marin crée un phénomène particulier et essentiel pour les surfeurs : **le déferlement**. La topographie sous-marine influence la manière dont les vagues déferlent, offrant une variété infinie de configurations de déferlantes, des tubes parfaits aux rouleaux puissants. Comprendre cette dynamique initiale de formation des vagues est fondamental pour saisir l'essence du surf. C'est dans cette dynamique que débute alors cette étude, qui se concentrera en premier lieu sur la **caractérisation des vagues** [1] pour **différents environnements**, allant des eaux peu profondes à des situations semblables à celle des tsunamis [3] et différentes conditions physiques. Ainsi les meilleurs surfeurs seront ceux qui arriveront à s'ajuster au mieux aux **ondulations** des vagues ainsi qu'à adapter leurs mouvements et trajectoires en fonction de la forme de la vague. Par la suite, la détermination des conditions de déferlement et de la caractérisation des différentes **houles** est une étape nécessaire. Cependant, la caractérisation seule ne permet pas de déterminer explicitement des conditions de déferlement, car celles-ci dépendent de facteurs variés. C'est dans cette optique que des observations empiriques ont pu montrer l'influence du fond marin sur l'évolution de la forme de la vague. C'est alors en 2019, que Eline Dehandschoewercker propose, dans le cadre d'eaux peu profondes, une étude approfondie du déferlement des vagues notamment en considérant l'onde associée à la vague comme une onde gravitaire, ce qui l'amène à trouver des conditions de déferlement selon les différentes **bathymétries**.

Les phénomènes de déferlement et de propagation des vagues peuvent aussi être étudiés de par la résolution d'une équation physique non linéaire. D'autre part, Boulesteix Vincent et Degurse Jean-François [2] proposent en 2008 une **approche numérique** de la résolution de cet équation, en passant par les méthodes d'Euler et de Runge Kutta à différents ordre, ils concluent par des simulations de la propagation de certaines vagues selon différents fonds marins, qui montrent ainsi à quel point il s'agit d'un des facteurs importants.

Enfin, les planches de surf ont aussi un rôle primordial à jouer dans l'appréhension de la vague, car comme tout objet technologique il a évolué pour se perfectionner selon les différents gabarits. Dehandschoewercker [1] propose une partie sur le modèle de la planche de surf et

définit de manière précise l'ensemble des forces exercées sur la planche, ce qui amène donc à des conditions initiales pour surfer une vague. Quant à lui, Kevin Lestrade [6] en 2016 nous montre l'influence des différentes planches de surf.

Finalement, des simulations informatiques ([6], [5],[4]) vont permettre de valider chacune des hypothèses.

Problématique retenue

Comment les caractéristiques physiques des vagues influent-elles sur les performances des surfeurs et comment pouvons nous concevoir des innovations technologiques pour appréhender ces phénomènes complexes ?

Objectifs du TIPE du candidat

À partir d'un canal à vagues développé spécifiquement pour le TIPE, mon objectif sera d'étudier le comportement et le changement physique des vagues selon l'environnement où se propagent ces dernières. Parce que les différentes formations des vagues dépendent de l'environnement., par l'intermédiaire de différents dénivelés, je vais pouvoir caractériser les différentes vagues qui passeront par les déferlantes et les houles.

Ensuite, pour confirmer et étudier de façon plus théorique les différentes formations, j'utiliserai une approche informatique qui me permettra de simuler le comportement des vagues aux larges de certaines côtes.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] ELINE DEHANDSCHOEWERCKER : Physique du surf, ou sur l'entraînement de particule par des ondes : <https://hal.science/tel-01597103/>

[2] BOULESTEIX VINCENT, DEGURSE JEAN-FRANÇOIS : Déferlement des vagues : <http://jf.degurse.free.fr/files/Vagues.pdf>

[3] ISKANDER ABROUG : Etude des vagues extrêmes se propageant d'une profondeur intermédiaire vers le rivage : <https://theses.hal.science/tel-02510976>

[4] MINES-PONTS : Sujet Mines 2023 Physique 2 : <https://www.concoursminesponts.fr/resources/Physique-PSI-2.pdf>

[5] JIE ZHANG : Wave-seabed interaction and mechanisms of freak wave formation in coastal zone : <https://theses.hal.science/tel-03120496>

[6] MATHIAS BROUSSET : Simulation et rendu de vagues déferlantes : <https://nuxeo.edel>.

[7] LESTRADE KEVIN : Simulation de trajectoire complexes à l'aide d'un hexapode de mouvement - Application aux sports de glisse - : <https://pastel.hal.science/tel-01511055>

DOT

- [1] : *[Début Novembre : Identification de la théorie des vagues voulue, étant celle de la houle de Stokes, nous permettant d'alléger les calculs]*
- [2] : *[Mi-Décembre : Réalisation des modèles 3D de différentes planches, ainsi que certains maquettes de pentes afin de progresser dans nos expériences]*
- [3] : *[Début Janvier : Tentative de construction d'un moteur permettant la réalisation de vagues harmoniques, cette procédure s'étalera jusqu'à fin janvier et n'aboutira pas]*
- [4] : *[Février : Réalisation d'expériences avec nos pentes et planches respectives, nous nous rendons compte que le modèles 3D ne sont pas compatibles avec l'espace dans lequel nous voulons réaliser les expériences]*
- [5] : *[Mai : L'attention se concentre sur les modèles numériques notamment avec la modélisation de vagues par python, ce qui nous aide à comprendre l'influence de paramètres comme la longueur d'onde ou l'amplitude]*
- [6] : *[Fin Mai : interprétation de l'ensemble des résultats, confrontation des différents modèles, et production des courbes et de tableaux permettant la confrontation des paramètres]*

Analyse Physique approfondie des vagues pour une compréhension avancée dans le monde du surf

Habitant dans le sud de la France, je côtoie les vagues depuis enfant. Leur fonctionnement m'a toujours fasciné car assez incompréhensible à l'époque, aujourd'hui avec les connaissances que j'ai pu acquérir je suis à même d'explicitier ce phénomène complexe en l'appliquant à la discipline du surf.

Un tel sujet sur les vagues vient toucher à tous les sports dis "nautiques", ainsi ici en parlant spécifiquement du surf, je pourrai aborder des sujets importants en physique comme la mécanique des fluides ou les ondes pour appréhender le comportement des vagues, une approche numérique est aussi possible.

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

Liste des membres du groupe :

- *DRAMÉ Noah*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

- *PHYSIQUE (Physique Théorique)*

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Vagues</i>	<i>Waves</i>
<i>Mécanique</i>	<i>Mechanics</i>
<i>Planche</i>	<i>Board</i>
<i>Surf</i>	<i>Surfing</i>
<i>Fluides</i>	<i>Fluid</i>

Bibliographie commentée

Le surf a une histoire riche et captivante qui remonte à des siècles [1]. Ses origines peuvent être retracées dans les cultures polynésiennes, où le surf était plus qu'un simple loisir. Au début du XXe siècle, des pionniers ont contribué à populariser le surf à l'échelle mondiale. Les années 1960 ont marqué l'avènement de la contre-culture du surf, avec l'émergence de nouvelles technologies de fabrication de planches et l'exploration de spots de surf emblématiques. Aujourd'hui, le surf est devenu un phénomène mondial, avec des communautés passionnées partout dans le monde, des compétitions de classe mondiale et une culture qui célèbre la connexion intime entre l'homme et l'océan. Comprendre la genèse et l'évolution des vagues offre aux surfeurs une perspective cruciale pour maximiser leur expérience sur l'océan. Ainsi, la science des vagues constitue un lien essentiel entre la passion du surf et la curiosité intellectuelle. Les vagues, à leur essence, sont le résultat de la transmission de l'énergie du vent à la surface de l'eau. Le vent crée des ondulations, et sous son influence, ces ondulations se développent en vagues. Lorsque les vagues approchent des côtes, leur interaction avec le fond marin crée un phénomène particulier et essentiel pour les surfeurs : **le déferlement**. La topographie sous-marine influence la manière dont les vagues déferlent, offrant une variété infinie de configurations de déferlantes, des tubes parfaits aux rouleaux puissants. Comprendre cette dynamique initiale de formation des vagues est fondamental pour saisir l'essence du surf. C'est dans cette dynamique que débute alors cette étude, qui se concentrera en premier lieu sur la **caractérisation des vagues** [1] pour **différents environnements**, allant des eaux peu profondes à des situations semblables à celle des tsunamis [3] et différentes conditions physiques. Ainsi les meilleurs surfeurs seront ceux qui arriveront à s'ajuster au mieux aux **ondulations** des vagues ainsi qu' à adapter leurs mouvements et trajectoires en fonction de la forme de la vague. Par la suite, la détermination des conditions de déferlement et de la caractérisation des différentes **houles** est une étape nécessaire. Cependant, la caractérisation seule ne permet pas de déterminer explicitement des conditions de déferlement, car celles-ci dépendent de facteurs variés. C'est dans cette optique que des observations empiriques ont pu montrer l'influence du fond marin sur l'évolution de la forme de la vague. C'est alors en 2019, que Eline Dehandschoewercker propose, dans le cadre d'eau peu profondes, une étude approfondie du déferlement des vagues notamment en considérant l'onde associée à la vague comme une onde gravitaire, ce qui l'amène à trouver des conditions de déferlement selon les différentes **bathymétries**.

Les phénomènes de déferlement et de propagation des vagues peuvent aussi être étudiés de par la résolution d'une équation physique non linéaire. D'autre part, Boulesteix Vincent et Degurse Jean-François [2] proposent en 2008 une **approche numérique** de la résolution de cet équation, en passant par les méthodes d'Euler et de Runge Kutta à différents ordre, ils concluent par des simulations de la propagation de certaines vagues selon différents fonds marin, qui montre ainsi à quel point c'est l'un des facteurs importants.

Enfin, les planches de surf ont aussi un rôle primordial à jouer dans l'appréhension de la vague, car comme tout objet technologique il a évolué pour se perfectionner selon les différents gabarits. Dehandschoewercker [1] propose une partie sur le modèle de la planche de surf et

définit de manière précise l'ensemble des forces exercées sur la planche, ce qui amène donc à des conditions initiales pour surfer une vague. Quant à lui, Kevin Lestrade [6] en 2016 nous montre l'influence des différentes planches de surf selon leur formes (nez, queue, dessous de planche, etc...)

Finalement, des simulations informatiques ([6], [5],[4]) vont permettre de valider chacune des hypothèses.

Les surfeurs, maîtres de l'équilibre et de la lecture des vagues, s'appuient sur leur compréhension de la physique des vagues pour anticiper ces déferlantes et les exploiter au maximum.

Problématique retenue

Comment les caractéristiques physiques des vagues influent-elles sur les performances des surfeurs et comment pouvons-nous concevoir des innovations technologiques pour appréhender ces phénomènes complexes ?

Objectifs du TIPE du candidat

Mes objectifs pour ce TIPE est d'analyser en profondeur le fonctionnement d'une vague et des planches dans le cadre du surf. Pour ceci, je m'appuie sur un dispositif fabriqué pour ce projet et sur des planches imprimées en 3D. Avec cet équipement, je pourrai donc caractériser les différentes composantes qui influent sur une bonne pratique du Surf. Afin de confirmer un aspect théorique, une approche informatique sera possible pour simuler les expériences et donner une idée des résultats attendus. L'idée générale étant donc de décortiquer le travail des variables pour en ressortir le meilleur.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] ELINE DEHANDSCHOEWERCKER : Physique du surf, ou sur l'entraînement de particule par des ondes : <https://hal.science/tel-01597103/>
- [2] BOULESTEIX VINCENT, DEGURSE JEAN-FRANCOIS : Déferlement des vagues : <http://jf.degurse.free.fr/files/Vagues.pdf>
- [3] ISKANDER ABROUG : Etude des vagues extrêmes se propageant d'une profondeur intermédiaire vers le rivage : <https://theses.hal.science/tel-02510976>
- [4] JIE ZHANG : Wave-seabed interaction and mechanisms of freak wave formation in coastal zone : <https://theses.hal.science/tel-03120496>
- [5] MATHIAS BROUSSET : Simulation et rendu de vagues déferlantes : <https://nuxeo.edel.univ-poitiers.fr/nuxeo/site/esupversions/8838c939-9032-4730-b706-eb3d741bca67>

[6] LESTRADE KEVIN : Simulation de trajectoire complexes à l'aide d'un hexapode de mouvement - Application aux sports de glisse : <https://pastel.hal.science/tel-01511055>

DOT

[1] : *[Début Novembre : Identification de la théorie des vagues voulue, étant celle de la houle de Stokes, nous permettant d'alléger les calculs]*

[2] : *[Mi-Décembre : Réalisation des modèles 3D de différentes planches, ainsi que certains maquettes de pentes afin de progresser dans nos expériences]*

[3] : *[Début Janvier : Tentative de construction d'un moteur permettant la réalisation de vagues harmoniques, cette procédure s'étalera jusqu'à fin janvier et n'aboutira pas]*

[4] : *[Février : Réalisation d'expériences avec nos pentes et planches respectives, nous nous rendons compte que le modèles 3D ne sont pas compatibles avec l'espace dans lequel nous voulons réaliser les expériences]*

[5] : *[Mai : L'attention se concentre sur les modèles numériques notamment avec la modélisation de vagues par python, ce qui nous aide à comprendre l'influence de paramètres comme la longueur d'onde ou l'amplitude]*

[6] : *[Fin Mai : interprétation de l'ensemble des résultats, confrontation des différents modèles, et production des courbes et de tableaux permettant la confrontation des paramètres]*

Rôle de l'électromagnétisme dans le contrôle des performances des montagnes russes.

Fasciné par l'alliance de la physique et de l'ingénierie, j'ai choisi d'étudier les systèmes électromagnétiques dans les attractions. Mon intérêt pour l'innovation et la sécurité dans les montagnes russes me pousse à comprendre en profondeur comment ces systèmes créent des expériences divertissantes tout en assurant la sécurité des visiteurs.

Les parcs d'attractions offrent des expériences amusantes et intenses . Des montagnes russes propulsées par des systèmes magnétiques aux simulateurs de sport, cette technologie crée des attractions palpitantes, illustrant l'impact de l'électromagnétisme dans l'union du divertissement et des jeux dans ces environnements captivants.

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

Liste des membres du groupe :

- *MONFORT Alexandre*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*

- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Electromagnétisme *Electromagnetism*

Champ magnétique *Magnetic field*

Propulsion *projection*

Freinage *braking*

Usure *wear*

Bibliographie commentée

Depuis des siècles les parcs d'attractions amusent les foules, en effet le premier divertissement populaire remonte en 957 avec la foire du trône à Paris. Au fil des siècles, ceux-ci ont évolué et les montagnes russes ont connu plusieurs avancées technologiques notamment celles qui utilisent des systèmes magnétiques pour propulser les trains, qui ont commencé à apparaître dans les parcs d'attractions à partir des années 1990.

En effet, cette idée est inspirée du rail de Laplace, également connu sous le nom de « canon électromagnétique de Laplace », une expérience qui illustre les interactions entre le courant électrique et le champ magnétique. Cette expérience tire son nom du physicien et mathématicien français Pierre-Simon Laplace, qui a contribué de manière significative à la compréhension des phénomènes électromagnétiques et l'a popularisé en exposant cette expérience dans la première édition de son ouvrage "Traité de mécanique céleste" en 1799 [1].

En résumé, l'intégration de l'électromagnétisme dans les parcs d'attractions a émergé au cours des dernières décennies, avec des avancées continues dans les technologies magnétiques pour créer des expériences plus innovantes, excitantes et sûres pour les visiteurs. En effet, il existe différents systèmes permettant la propulsion notamment les lancements par compression d'air, les moteurs hydrauliques ou encore moteur à combustion interne. Or nous nous limiterons à l'étude des systèmes magnétiques qui permettent de contrôler la vitesse d'un train. Ces systèmes utilisent de puissants aimants pour créer une force magnétique qui propulse les trains à des vitesses élevées, offrant ainsi une expérience de manège rapide et excitante. Au contraire, les freins magnétiques sont souvent utilisés pour ralentir et arrêter en douceur les attractions en créant un champ magnétique intense qui ralentit tout objet équipé de "matériaux ferromagnétiques" [2] entrant dans ce champ [5]. Ces systèmes utilisent des aimants pour générer une force de freinage sans avoir besoin de pièces mécaniques en contact direct, ce qui permet un freinage plus précis et contrôlé et qui réduit l'usure et la dégradation de ses composants.

Une manière pour nous de mieux comprendre les systèmes de propulsion est de modéliser les deux types de moteurs linéaires [5] suivants:

Moteurs linéaires synchrones (LSM) [3] : un modèle simplifié peut être réalisé en plaçant des aimants permanents sur une roue de vélo modélisant le wagon: cette partie représente le rotor (ou secondaire dans les moteurs linéaires). Le stator (ou primaire dans les moteurs linéaires) quant à lui est modélisé par deux bobines. Le terme "synchrone" signifie que le mouvement du rotor est synchronisé avec la fréquence du courant alternatif circulant dans le stator. Cela permet de créer un champ magnétique nécessaire à l'induction d'un courant dans le rotor permettant ainsi un mouvement de la roue. Des mesures de vitesse et de champ magnétique peuvent être réalisées afin de les comparer avec le second modèle de moteur (LIM) et évaluer les performances de ce-dernier.

Moteur linéaire à induction (LIM) [3]: On pourra modéliser le primaire comme une succession de noyau ferromagnétique en U dont les dents sont bobinées. Le secondaire quant à lui pourra

être modélisé par une plaque en aluminium. Les bobines seront alimentées par un courant alternatif [4] permettant de générer un champ magnétique variable qui induit un courant dans le secondaire : cela permettra de mettre en mouvement linéaire la plaque en aluminium.

Une autre manière serait de regarder également le fonctionnement des freins magnétiques. Dont deux types auxquels nous nous intéresserons:

Freins magnétiques permanents : Utilisent des aimants permanents pour créer le champ magnétique.

Freins électromagnétiques : Utilisent des bobines électromagnétiques pour générer le champ magnétique.

Problématique retenue

Comment l'intégration des phénomènes inductifs dans les attractions, en particulier à travers l'utilisation de technologies magnétiques pour la propulsion et le freinage, permet d'améliorer le contrôle de la vitesse des montagnes russes ?

Objectifs du TIPE du candidat

Comprendre le fonctionnement des montagnes russes avec des systèmes inductifs.

Évaluer l'impact des systèmes de freinage et de propulsion magnétique sur l'attraction elle-même.

Simplifier le modèle réel de moteur LSM par une maquette.

Mesurer des grandeurs tel que la vitesse, l'accélération, le champs magnétique créé afin d'évaluer les performances du montage.

Tentative d'amélioration des performances de la maquette réalisée.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] PIERRE-SIMON LAPLACE : Traité de mécanique céleste : *Livre: Paris Imprimerie Royale 1843-1846*

[2] LES ÉLÈVES BARRANCO ROMAIN, DI VITTORIO GIANNI, MONNIER YOHAN VENANT DU LYCÉE PHILIBERT DELORME : “Électro-aimant à Grande Vitesse: Élaboration d'un train électromagnétique” : <https://www.olympphys.fr/public/fichiers/memoires/27-eq-41-memoire-Un%20train%20nouvelle%20generation.pdf>

[3] ARTICLE DE COASTERS WORLD : “Launch coasters –LIM et LSM : quelles différences ?” : <https://coastersworld.fr/launch-coasters-lim-lsm/>

- [4] DANIEL'S ELECTRONICS LAB : "Linear Motor DIY Explained" : https://www.youtube.com/watch?v=fc7UEUkDd_o
- [5] JINLIN GONG : Modélisation et conception optimale d'un moteur linéaire à induction pour système de traction ferroviaire : <https://theses.hal.science/tel-00663812>
- [6] LES ÉLÈVES DE L'ATELIER PHYSIQUE DU LYCÉE BERNARD-PALISSY-AGEN ACADÉMIE DE BORDEAUX AVEC LACLAVERIE JEAN-MICHEL PROFESSEUR ENCADRANT : Propulsion électromagnétique: du canon au train : https://www.olympphys.fr/public/fichiers/memoires/27-eq-1-memoire-Propulsion%20electromagnetique_%20du%20canon%20au%20train.pdf

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

- [1] DAVID MEEKER : Finite Element Method Magnetics Version 4.2 User's Manual : *chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.femm.info/Archives/doc/manual42.pdf*

DOT

- [1] : Septembre/Décembre : Recherche de sujet
- [2] : Décembre/Janvier: Etude théorique des modèles
- [3] : Janvier/Mars: Premières modélisations sur femm et sur python et recherche de système équivalent au moteur
- [4] : Mars/Avril: conception des systèmes étudiés (impression 3D, choix des matériaux, installation de la roue)
- [5] : Avril/Mai: Manipulations (synchronisation et adaptation aux difficultés rencontrées)

Strike machine

Le bowling n'est pas qu'un jeu populaire pratiqué le week-end entre amis. Pratiqué à un haut niveau, il nécessite une technicité extrême, basée sur une problématique de mécanique particulièrement complexe et riche.

A la fois jeu et sport, le bowling devient un challenge scientifique si on recherche l'équilibre parfait donnant le strike à tous les coups.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Bowling</i>	<i>Bowling</i>
<i>Strike</i>	<i>Strike</i>
<i>Trajectoire</i>	<i>Path</i>
<i>Frottement</i>	<i>Friction</i>
<i>Rotations</i>	<i>Rotations</i>

Bibliographie commentée

Les premières traces historiques de jeux de boules semblent remonter à l'Égypte antique [1]. S'il semble avéré que ce type de jeu est très ancien, pour ce qui est du bowling moderne sous la forme que nous connaissons aujourd'hui, il faut plutôt évoquer les Etats-Unis d'Amérique du milieu du XIXème siècle.

A l'origine, le bowling était un jeu à 9 quilles (au lieu de 10 aujourd'hui) dont la pratique fut interdite dans plusieurs états à cause des paris d'argent qui ont rapidement « pollué » la pratique de ce divertissement.

L'ajout d'une dixième quille permet de contourner l'interdiction et marque l'avènement de ce qui deviendra un phénomène de société aux Etats-Unis dans les années 60 à 80, bien au-delà du simple jeu, avec des retransmissions télévisées des tournois, un succès populaire indiscutable et une présence dans la culture américaine puis européenne encore sensible aujourd'hui.

Le jeu consiste à lancer une boule relativement massive (de 4 à 8 kilos) sur une piste longue de plus de 19 mètres de manière à faire tomber un maximum de quilles parmi les 10 positionnées en triangle [2]. Initialement constituées de simples lattes de bois juxtaposées, la piste subit alors un choc assez violent avec la boule. Les impacts répétés abîment rapidement sa surface. Celle-ci devient irrégulière et fausse le jeu.

Les gérants de salles de bowling se sont résolu à protéger la piste en l'enduisant d'une huile. Le choc est alors moins violent – sans huile on a mesuré un échauffement ponctuel allant jusqu'à 500°C-

Le coefficient de frottement de la boule sur la piste s'en trouve nettement réduit.

Il a par ailleurs été constaté que pour améliorer son score au bowling, plutôt qu'une trajectoire parfaitement droite, il était plus efficace que la boule arrive sur les premières quilles avec une légère déviation angulaire. Il est communément admis que celle-ci est optimale autour de 6 degrés [3]. Mais un tel angle d'approche est impossible à obtenir sans donner d'effet à la boule car, juste en se décalant en bord de piste on arrive au mieux à 1,6 degré environ.

Or l'effet que le joueur peut imprimer à la boule lors du lancement va être peu efficace lorsque la boule roule sur une piste fortement huilée [5]. La fin de la piste reste cependant sèche, permettant d'obtenir une trajectoire courbe dans certaines conditions [4].

Le modèle des frottements communément utilisé en mécanique est celui de Coulomb. Le frottement est considéré comme ponctuel et opposé à la vitesse. Les forces de frottements ne peuvent donc que ralentir un mouvement, en aucun cas dévier une trajectoire. La modélisation des frottements de Contensou [5] considère un contact basé sur une surface circulaire et non ponctuel. Plus réaliste, ce modèle permet d'expliquer comment une vitesse de rotation angulaire donnée lors du lancer peut donner une trajectoire non rectiligne et la déviation souhaitée en fin de piste.

Cependant, en augmentant la quantité d'huile et en la répartissant différemment sur la piste, la seule rotation lors du lancement ne suffit plus et l'efficacité de la technique est amoindrie. C'est pourquoi aujourd'hui, les joueurs professionnels utilisent des boules à structure hétérogène. Elles possèdent un « noyau » plus lourd que le reste de la boule, de forme variée et surtout décentré. Le centre de masse est alors décalé de quelques millimètres par rapport au centre géométrique.

La trajectoire de la boule s'en trouve considérablement modifiée [4],[6]. La matrice d'inertie de la boule n'est plus une matrice d'homothétie, l'un des axes naturels de la boule est « alourdi ». L'étude des équations liées au principe fondamental de la dynamique et des moments permet d'obtenir des trajectoires courbes que l'utilisateur peut gérer à son gré lors du lancer et améliorer considérablement ses performances.

Problématique retenue

Comment programmer en théorie un bras robotisé pour réaliser un strike à tous les coups ?

Objectifs du TIPE du candidat

1. Comprendre quel est le meilleur moyen de faire tomber toutes les boules d'un seul coup
2. Analyser la trajectoire de la boule juste avant l'impact
3. Déterminer le meilleur angle d'approche par une simulation informatique
4. Etudier les équations régissant le mouvement de la boule de bowling sur la piste
5. Modéliser sa trajectoire et la comparer avec l'expérience
6. Déterminer les paramètres de lancer optimaux

Références bibliographiques(ÉTAPE 1)

- [1] CYRIL VANDERMEULEN : Historique et description du bowling : <https://bowlinganalyse.fr/historique-et-description-du-bowling/>
- [2] FFBS : Règlementation et records : <https://www.ffbsq.fr/bowling/fr/arbitrage/reglementation>
- [3] JEAN MICHEL COURTY ET EDOUARD KIERLIK : « Pour un strike parfait » : *Pour la science*, février 2022, n° 532
- [4] CHRISTIAN GROSSETÊTE – PASCAL OLIVE : Mécanique des systèmes et du solide 2e année MP-MP*-PT-PT* : *Ellipses(1999)* ISBN 2-7298-9891-3
- [5] VICTOR ZHURAVLEV : Sur le modèle du frottement sec dans le problème du roulement des solides : *INRIA (1988)* n°3586, ISSN 0249-6399

[6] CLIFF FROHLICH : What makes bowling balls hook ? : *Institute for Geophysics, University of Texas at Austin, 4412 Spicewood Springs, Building 600, Austin, Texas 78759, 2004 American Association of Physics Teachers. DOI: 10.1119/1.1767099*

DOT

[1] : *[Mars 2023 : Début du travail sur les sports de boules avec un camarade de classe : choix du billard. Premiers travaux de programmation du choc entre deux boules, puis plusieurs, obtention d'un graphique satisfaisant.]*

[2] : *[Septembre 2023 : Changement de sujet – thème du bowling plus riche avec la recherche du strike. Étude des différents modèles mécaniques du mouvement d'une boule trouvés dans la bibliographie]*

[3] : *[Octobre 2023 : adaptation du programme pour simuler la chute des quilles – détermination du meilleur angle d'attaque]*

[4] : *[Octobre 2023 : Rencontre avec un champion de bowling, réalisation des vidéos]*

[5] : *[Janvier 2024 : Expérience au laboratoire du lycée : mesure coefficient de frottement]*

[6] : *[Mars 2024 : Obtention des simulations numériques des trajectoires]*

[7] : *[Mai 2024 : Étude du huilage de la piste – analyse des vidéos]*

[8] : *[Mai 2024 : Réalisation du diaporama – pistes pour corser le jeu]*

Étude de l'élasticité et de la tension sur le cordage d'une raquette de tennis

Étant pratiquante de tennis, je me suis toujours questionnée sur l'optimisation de mon jeu. Avoir une bonne technique de jeu est une chose, mais le matériel utilisé peut faire la différence. Dans mon étude, un mauvais choix concernant le cordage peut avoir des effets néfastes.

Les travaux de recherche sur l'élasticité du cordage de la raquette me sont apparus comme un moyen de répondre aux dilemmes de tout joueur de tennis qui doit faire corder sa raquette, et qui veut en profiter pour en améliorer les performances.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 2)

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>élasticité</i>	<i>stiffness</i>
<i>traction</i>	<i>pulling</i>
<i>tension</i>	<i>tension</i>
<i>vitesse</i>	<i>speed</i>
<i>vibrations</i>	<i>vibrations</i>

Bibliographie commentée

Au tennis, le cadre de la raquette et le cordage sont deux paramètres qui peuvent influencer les performances globales de la raquette et aider le joueur à bien jouer. C'est pourquoi, beaucoup de recherches sont faites dans ce domaine tout en respectant les normes fixées par la Fédération Internationale de Tennis.

La balle étant directement en contact avec le cordage, en modifiant ce dernier, le joueur peut personnaliser sa raquette et en améliorer son efficacité. Pour cela de nombreux cordages sont proposés sur le marché, avec des matériaux et des diamètres différents. [1] Face à cette diversité, choisir un cordage peut s'apparenter à un saut dans l'inconnu. Selon la littérature commerciale [2], le cordage garantirait plus ou moins de puissance, de contrôle, de confort, de ressenti ou d'effets dans la balle. Peut-on se fier aux arguments publicitaires ? En effet, si l'on regarde du côté des anti-vibrateurs en caoutchouc placé sur les cordes, les avis sont partagés sur leur réelle efficacité. Une recherche [3] a conclu qu'ils étaient inefficaces car ils ne réduisaient pas le transfert des vibrations du cadre de la raquette vers l'avant-bras. Cependant, une autre [4] a conclu qu'ils n'atténuaient pas les vibrations à basse fréquence du cadre mais absorbaient rapidement les vibrations à haute fréquence des cordes. Nous pouvons donc nous interroger sur les effets de la composition des cordages sur les performances de la raquette, mais aussi sur l'existence de diamètres variés. Un gros cordage étant plus résistant [2], il devrait moins casser. Il serait alors plus avantageux financièrement [1], car plus durable dans le temps ! Par ailleurs, selon les recherches de Lindsey [5], la rigidité des cordes est très importante pour la puissance de la raquette, car elle influe sur la quantité d'énergie perdue lorsque la balle et le cordage entrent en collision. Il serait donc intéressant d'étudier la rigidité du cordage sur des matériaux et des diamètres différents. Les vibrations étant sources de perte d'énergie et d'inconfort, leur étude en fonction de la rigidité serait aussi utile.

Lorsque vient le moment de changer son cordage, en plus du choix du matériau, l'interrogation se porte sur la tension à appliquer. Le cordeur de raquette va exercer une tension sur la corde en la tendant et la tirant par un poids dont la masse est choisie par le joueur. Généralement ce choix ne s'appuie sur rien d'objectif : l'expérience de l'entraîneur, les retours des autres joueurs et leurs propres sensations. Et ils finissent par choisir sans réelle recherche d'optimisation. D'après les travaux de Lindsey [5], lorsque nous diminuons la rigidité des cordes, par exemple en utilisant des cordes plus souples ou en réduisant la tension, nous transmettons plus d'énergie dans les cordes et moins dans la balle. Les travaux de Elliott, [6] nous apprennent que moins les cordes sont rigides, plus elles emmagasinent de l'énergie lors de l'impact, car elles se déforment plus et la balle se déforme moins. L'étude de Bower et Cross [7] ajoute que plus la tension est diminuée, plus la vitesse du rebond de la balle augmente. Il serait donc intéressant d'étudier l'effet de la traction du cordage suite à l'application d'une tension. Cela nous permettra de comprendre les conséquences de la tension et de la rigidité du cordage sur les performances de la raquette notamment sa puissance.

Problématique retenue

Comment optimiser les performances de la raquette de tennis, et ainsi aider le joueur à bien jouer, en se basant sur l'élasticité du cordage aussi bien avec le matériau qu'avec la tension appliquée ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Étudier expérimentalement les performances élastiques de différents matériaux et diamètres de cordage sur la base de tests de traction et de vibration afin d'établir un classement.
- Étudier expérimentalement, l'influence de l'élasticité selon la tension du cordage, sur le rebond de la balle.
- Analyser la puissance émise par le cordage selon la tension appliquée. Analyser « l'effet trampoline » du cordage.
- Avoir des repères objectifs qui guident le joueur dans le choix du cordage.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] DECATHLON (SITE COMMERCIAL) : <https://www.decathlon.fr/tous-les-sports/tennis/cordages-de-tennis>
- [2] WILSON (SITE COMMERCIAL) : <https://www.wilson.com/fr-fr/blog/tennis/how-tos/how-choose-tennis-string>
- [3] LI FX, FEWTRELL D & JENKINS M. : String vibration dampers do not reduce racket frame vibration transfer to the forearm : (2004)
- [4] STROEDE CL, NOBLE L & WALKER H S : The effect of tennis racket string vibration dampers on racket handle vibrations and discomfort following impacts : (1999)
- [5] LINDSEY C : Why Is String Stiffness So Important To Power? : *Tennis Warehouse, San Luis Obispo*: https://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/stringsandpower1.php
- [6] ELLIOTT B C : The Influence of Tennis Racket Flexibility and String Tension on Rebound Velocity Following a Dynamic Impact : *Research Quarterly for Exercise and Sport* (1982) : https://www.researchgate.net/publication/261578090_The_Influence_of_Tennis_Racket_Flexibility_and_String_Tension_on_Rebound
- [7] R. BOWER & R. CROSS : String tension effects on tennis ball rebound speed and accuracy during playing conditions : *Journal of Sports Sciences* (2005): <http://www.physics.usyd.edu.au/~cross/PUBLICATIONS/28.%20StringTEffects.PDF>

DOT

- [1] : Mai 2023 - Réalisation d'une maquette « cadrant de raquette » pour procéder à des expériences de lâcher de balle en faisant uniquement varier la tension du cordage. Les résultats sont cohérents avec les attentes mais l'impossibilité de connaître précisément la tension appliquée offre des résultats trop approximatifs.

- [2]** : Juin/Juillet 2023 - Récolte de restes de cordages de différentes marques, matériaux et diamètres auprès de magasins de sport. Prise de contact avec un enseignant-chercheur qui m'a permis de réaliser des essais de traction sur les cordages récupérés.
- [3]** : Septembre/Octobre 2023 - Interprétations des données recueillies qui ont permis la production de courbes pertinentes pour la présentation finale. Recherche de documentations sur des études déjà effectuées dans le domaine du cordage de tennis.
- [4]** : Novembre/Décembre 2023 - Expériences comparatives de vibrations d'un cordage neuf et ancien sans anti-vibreur, puis avec. Plusieurs échecs sont dus à la mauvaise fixation de la raquette, qui amplifiait les vibrations aléatoirement.
- [5]** : Janvier - Retour sur l'expérience de lâcher de balle avec deux raquettes identiques, cordées par une machine professionnelle à des tensions différentes et précises.
- [6]** : Février/Mars - Analyse et interprétation des résultats. Réalisation de programmes Python pour vérifier les modules d'Young des essais de tractions obtenus graphiquement; et pour calculer la vitesse maximale du rebond de la balle.

Optimiser la qualité de l'air dans les salles de sports : Stratégies d'Analyse et d'amélioration

La pollution de l'air est un problème de santé publique y compris dans les salles de sport. La prise de conscience des effets néfastes des particules fines et du dioxyde de carbone (CO₂) sur la santé m'a conduit à m'intéresser aux causes de cette pollution.

Notre TIPE consiste à mesurer la pollution à l'intérieur d'une salle de sport. Mieux comprendre et diminuer les sources de pollution pour les sportifs est un sujet cohérent avec le thème de cette année.

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

Liste des membres du groupe :

- *COURAU Quentin*

Positionnement thématique (ÉTAPE 2) :

- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*

- *CHIMIE (Chimie Théorique - Générale)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Pollution</i>	<i>Pollution</i>
<i>Microparticules</i>	<i>Microparticles</i>
<i>Dioxyde de carbone</i>	<i>Carbon dioxide</i>
<i>Capteur de qualité d'air</i>	<i>Air quality sensor</i>
<i>Purificateur d'air</i>	<i>Air purifier</i>

Bibliographie commentée

L'activité physique régulière est une fonction humaine fondamentale et un pilier de la bonne santé. En raison de la croissance mondiale du nombre d'amateurs de sports, les installations sportives en intérieur ont connu une expansion significative au cours des dernières décennies. Cependant de plus en plus d'études s'interrogent à propos de la qualité de l'air dans les complexes sportifs et plus particulièrement dans les salles de sport [1] [2].

D'une part, ces salles sont des espaces clos avec des taux d'occupation élevés, et d'autre part l'activité sportive est particulièrement exposée. En effet, elle augmente la fréquence respiratoire et la vitesse du flux d'air qui transporte les polluants plus profondément dans les voies respiratoires.

Les polluants les plus présents dans les salles de sport sont les particules en suspension, les composés organiques volatiles, les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO) et l'ozone (O₃) [3].

Les particules sont considérées comme particulièrement nocives pour la santé et se présentent sous différentes tailles. Les particules d'un diamètre de 20 µm (PM₂₀ pour Particulate Matter) ont tendance à se déposer rapidement, limitant leur présence. Les PM₁₀, PM_{2.5} et les particules ultrafines (PM_{<0,1µm}) sont très volatiles et donc plus répandues dans l'atmosphère [4]. Elles proviennent de sources diverses, notamment des équipements sportifs, des sols et de l'usure des chaussures.

D'autre part, des études ont montré que l'on retrouve des niveaux élevés de dioxyde de carbone (CO₂) dans ces salles, liés au taux d'occupation humain et à l'activité pratiquée, qui impactent aussi la qualité de l'air.

Afin de quantifier la Qualité de l'Air Intérieur (QAI), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a fixé des seuils basés sur la concentration en polluants [8].

La pollution de l'air dans les salles de sport est un problème sérieux qui peut avoir un impact négatif sur la santé des sportifs, en particulier sur les aspects respiratoires [7]. En concentration excessive dans l'air, ces gaz et particules peuvent aggraver les muqueuses respiratoires, augmentant la sensibilité aux allergènes et aux infections virales [1] [3]. D'autre part, l'augmentation du CO₂ donne une bonne indication du niveau de confinement d'une salle, qui est un marqueur significatif d'une mauvaise ventilation du bâtiment et par conséquent de la qualité de l'air [9].

Il est donc important de quantifier cette pollution, en mesurant le taux de dioxyde de carbone et de particules fines dans les salles de sport, comme ce qui a été fait dans plusieurs études [6]. Il faut d'autre part prendre des mesures pour améliorer la qualité de l'air. Ces mesures consistent tout d'abord à améliorer le renouvellement de l'air, qui permet de lutter contre le confinement et de réduire la concentration des contaminants [4], et à réduire les sources de pollution telles que les produits de nettoyage. L'utilisation de purificateurs d'air, qui utilisent différents filtres pour capturer les polluants, est aussi une solution efficace pour améliorer la qualité de l'air. [5]

Problématique retenue

Notre sujet vise à répondre aux questions suivantes : Quels sont les principaux polluants présents dans les salles de sport ? Comment détecter leur présence ? Quelles sont les mesures de prévention mises en place pour prévenir et limiter les impacts des polluants sur la santé des sportifs ?

Objectifs du TIPE du candidat

Mon objectif est de mettre en place des systèmes de mesure de dioxyde de carbone et de particules dans une salle de sport, et d'analyser les résultats en suivant les étapes suivantes :

- 2) Réaliser un capteur de particules (PM2.5 et PM10) ainsi qu'un capteur de dioxyde de carbone afin d'acquérir des données sur la qualité de l'air dans une salle de sport.
- 3) Faire le lien entre la présence de CO2 et l'augmentation des particules fines dans l'air.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] C.A RAMOS, H.T. WOLTERBEEK, S.M. ALMEIDA : Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers : *Building and Environment, Volume 82, 2014, Pages 349-360*
- [2] ALEXANDRO ANDRADE 1, FÁBIO HECH DOMINSKI : Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice : *Systematic review, Journal of Environmental Management, Volume 206 , 2018, Pages 577-586*
- [3] HEIDI SALONEN 1 2, TUNGA SALTHAMMER 2 3, LIDIA MORAWSKA : Human exposure to air contaminants in sports environments : *Indoor Air, 2020*
- [4] AURORE PFISTER : Prédiction de la qualité de l'air intérieur par simulation numérique : *Architecture, aménagement de l'espace. 2014. dumas-01281651*
- [5] KEVIN MORISSEAU : Thèse de doctorat en Génie des procédés : *Traitement combiné de polluants atmosphériques par filtration et adsorption pour limiter leur transfert dans l'habitat urbain, 2016*
- [6] OUIAREMAKERS : Fiche technique de l'assemblage du capteur de particules fines : <https://tutos.ouiaremakers.com/posts/tutoriel-diy-creer-votre-capteur-de-pollution-de-l-air>
- [7] VALÉRIE BOUGAULT : Article dans The conversation : Comment la pollution atmosphérique impacte la pratique sportive. : <https://theconversation.com/comment-la-pollution-atmospherique-impacte-la-pratique-sportive-207964>

[8] WORLD HEALTH ORGANIZATION : WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. : <https://iris.who.int/handle/10665/345329>

[9] G. BUONANNO, F.C. FUOCO, S.MARINI, L. STABILE : Particle Resuspension in School : *Gyms during Physical Activities, Aerosol and Air Quality Research*, 12: 803–813, 2012

DOT

[1] : septembre 2023 : choix définitif du sujet. Début de la réflexion et de la documentation à propos des méthodes de mesures de la qualité de l'air.

[2] : 23 octobre 2023 : prise de contact avec l'entreprise COZY AIR dans le but de louer un capteur de particules/dioxyde de carbone (infructueux).

[3] : novembre 2023 : achat et réception des capteurs de qualité d'air ARDUINO. Entretien avec une chimiste de l'entreprise COZY AIR.

[4] : décembre 2023 – janvier 2024 : Montage des capteurs CO₂ et PM. Début de la réalisation des expériences de mesure du CO₂ et PM. Abandon des mesures avec le capteur d'Ozone.

[5] : février 2024 : Documentation sur les méthodes de dépollution. Achat du purificateur d'air.

[6] : mars 2024 : Début des expériences sur les méthodes de dépollution.

[7] : avril – juin 2024 : Finalisation des expériences sur les PM et exploitation des résultats. Préparation de la présentation.

Rôle de l'électromagnétisme dans le contrôle des performances des montagnes russes.

Fasciné par l'alliance de la physique et de l'ingénierie, j'ai choisi d'étudier les systèmes électromagnétiques dans les attractions. Mon intérêt pour l'innovation et la sécurité dans les montagnes russes me pousse à comprendre en profondeur comment ces systèmes créent des expériences divertissantes tout en assurant la sécurité des visiteurs.

Les parcs d'attractions offrent des expériences amusantes et intenses . Des montagnes russes propulsées par des systèmes magnétiques aux simulateurs de sport, cette technologie crée des attractions palpitantes, illustrant l'impact de l'électromagnétisme dans l'union du divertissement et des jeux dans ces environnements captivants.

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

Liste des membres du groupe :

- *GASMI Sophie*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*

- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Electromagnétisme *electromagnetism*

Champ magnétique *magnetic field*

Propulsion *projection*

Freinage *braking*

Usure *wear*

Bibliographie commentée

Depuis des siècles les parcs d'attractions amusent les foules, en effet le premier divertissement populaire remonte en 957 avec la foire du trône à Paris. Au fil des siècles, ceux-ci ont évolué et les montagnes russes ont connu plusieurs avancées technologiques notamment celles qui utilisent des systèmes magnétiques pour propulser les trains, qui ont commencé à apparaître dans les parcs d'attractions à partir des années 1990.

En effet, cette idée est inspirée du rail de Laplace, également connu sous le nom de « canon électromagnétique de Laplace », une expérience qui illustre les interactions entre le courant électrique et le champ magnétique. Cette expérience tire son nom du physicien et mathématicien français Pierre-Simon Laplace, qui a contribué de manière significative à la compréhension des phénomènes électromagnétiques et l'a popularisé en exposant cette expérience dans la première édition de son ouvrage "Traité de mécanique céleste" en 1799 [1].

En résumé, l'intégration de l'électromagnétisme dans les parcs d'attractions a émergé au cours des dernières décennies, avec des avancées continues dans les technologies magnétiques pour créer des expériences plus innovantes, excitantes et sûres pour les visiteurs. En effet, il existe différents systèmes permettant la propulsion notamment les lancements par compression d'air, les moteurs hydrauliques ou encore moteur à combustion interne. Or nous nous limiterons à l'étude des systèmes magnétiques qui permettent de contrôler la vitesse d'un train. Ces systèmes utilisent de puissants aimants pour créer une force magnétique qui propulse les trains à des vitesses élevées, offrant ainsi une expérience de manège rapide et excitante. Au contraire, les freins magnétiques sont souvent utilisés pour ralentir et arrêter en douceur les attractions en créant un champ magnétique intense qui ralentit tout objet équipé de "matériaux ferromagnétiques" [2] entrant dans ce champ [5]. Ces systèmes utilisent des aimants pour générer une force de freinage sans avoir besoin de pièces mécaniques en contact direct, ce qui permet un freinage plus précis et contrôlé et qui réduit l'usure et la dégradation de ses composants.

Une manière pour nous de mieux comprendre les systèmes de propulsion est de modéliser les deux types de moteurs linéaires [5] suivants:

Moteurs linéaires synchrones (LSM) [3] : un modèle simplifié peut être réalisé en plaçant des aimants permanents sur une roue de vélo modélisant le wagon: cette partie représente le rotor (ou secondaire dans les moteurs linéaires). Le stator (ou primaire dans les moteurs linéaires) quant à lui est modélisé par deux bobines. Le terme "synchrone" signifie que le mouvement du rotor est synchronisé avec la fréquence du courant alternatif circulant dans le stator. Cela permet de créer un champ magnétique nécessaire à l'induction d'un courant dans le rotor permettant ainsi un mouvement de la roue. Des mesures de vitesse et de champ magnétique peuvent être réalisées afin de les comparer avec le second modèle de moteur (LIM) et évaluer les performances de ce-dernier.

Moteur linéaire à induction (LIM) [3]: On pourra modéliser le primaire comme une succession de noyau ferromagnétique en U dont les dents sont bobinées. Le secondaire quant à lui pourra

être modélisé par une plaque en aluminium. Les bobines seront alimentées par un courant alternatif [4] permettant de générer un champ magnétique variable qui induit un courant dans le secondaire : cela permettra de mettre en mouvement linéaire la plaque en aluminium.

Une autre manière serait de regarder également le fonctionnement des freins magnétiques. Dont deux types auxquels nous nous intéresserons:

Freins magnétiques permanents : Utilisent des aimants permanents pour créer le champ magnétique.

Freins électromagnétiques : Utilisent des bobines électromagnétiques pour générer le champ magnétique.

Problématique retenue

Comment l'intégration des phénomènes inductifs dans les attractions, en particulier à travers l'utilisation de technologies magnétiques pour la propulsion et le freinage, permet d'améliorer le contrôle de la vitesse des montagnes russes ?

Objectifs du TIPE du candidat

Comprendre le fonctionnement des montagnes russes avec des systèmes inductifs.

Évaluer l'impact des systèmes de freinage et de propulsion magnétique sur l'attraction elle-même.

Simplification du modèle réel du moteur LIM par une maquette.

Réalisation d'un système de freinage magnétique sur la même base que la maquette du moteur LIM.

Mesurer des grandeurs telles que la vitesse, l'accélération, le champs magnétique créé afin d'évaluer les performances du montage.

Tentative d'amélioration des performances de la maquette réalisée.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] PIERRE-SIMON LAPLACE : Traité de mécanique céleste : *Traité de mécanique céleste*, Paris Imprimerie Royale 1843-1846 oeuvre de Pierre-Simon Laplace

[2] BARRANCO ROMAIN, DI VITTORIO GIANNI, MONNIER YOHAN : Électro-aimant à Grande Vitesse: Élaboration d'un train électromagnétique : <https://www.olympphys.fr/public/fichiers/memoires/27-eq-41-memoire-Un%20train%20nouvelle%20generation.pdf>

- [3] CHAM DE COASTERS WORLD : Launch coasters –LIM et LSM : quelles différences ?” : <https://coastersworld.fr/launch-coasters-lim-lsm/>
- [4] VIDÉASTE DANIEL’S ELECTRONICS LAB : Linear Motor DIY Explained : https://www.youtube.com/watch?v=fc7UEUkDd_o
- [5] JINLIN GONG : Modélisation et conception optimale d’un moteur linéaire à induction pour système de traction ferroviaire : <https://theses.hal.science/tel-00663812>

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

- [1] DAVID MEEKER : Finite Element Method Magnetics User's Manuel : <https://www.femm.info/Archives/doc/manual42.pdf>

DOT

- [1] : Septembre/Décembre : Recherche de sujet
- [2] : Décembre/Janvier : Etude théorique des modèles
- [3] : Janvier/Mars : Premières modélisations sur le logiciel femm et sous python + recherche de système équivalent au moteur
- [4] : Mars/Avril : Conception des systèmes étudiés (impressions 3D, choix des matériaux, fabrication des bobines, ...)
- [5] : Avril/Mai : Manipulations

Utilisation de fluide rhéoépaississant dans les sports de contacts

Ayant pratiqué des sports de contacts durant de longues années j'ai toujours trouvé les protections mises à notre disposition encombrantes ou pas assez flexibles. J'ai donc réfléchi à trouver un matériaux pouvant répondre à ces problèmes tout en étant capable de préserver les propriétés d'absorption des chocs.

Le sujet s'inscrit dans le thème de l'année car il met en jeu la protection des athlètes dans de nombreux sports tels que le rugby,...

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*
- *CHIMIE (Chimie Inorganique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)

<i>Fluide non-newtonien</i>	Mots-clés (en anglais)
<i>Choc</i>	<i>Non-newtonian fluid</i>
<i>Fluide rhéoépaississant</i>	<i>Impact</i>
<i>Viscosité</i>	<i>Shear thickening fluid</i>
<i>Contrainte de cisaillement</i>	<i>Viscosity</i>
	<i>Shear stress</i>

Bibliographie commentée

Protéger les athlètes des chocs pouvant les blesser est une des priorités dans le sport de haut niveau. Une technologie prometteuse est l'utilisation de fluides non-newtoniens[5]. Ces derniers possèdent de nombreuses qualités qui pourraient permettre de concurrencer des protections dites « classiques » [1][5][2]. Il existe différents de types de fluides non newtoniens : Oobleck, Slime,... [4][1]. On utilisera l'Oobleck pour notre étude car il est le plus simple à produire et possède les qualités que nous recherchons.

Le premier aspect de notre étude tournera autour de l'impact de différents environnements sur notre fluide[1]. Il devra répondre à un cahier de charges pour être sûr que des conditions dites normales lors de la pratique de sport n'altère pas ces propriétés[1][8]. Il sera donc intéressant de se pencher sur sa réaction à la chaleur et s'il permet le transfert de cette dernière vers l'extérieur, sur la réaction avec l'air ambiant [1][5].

Je porterais ensuite mon étude sur la partie centrale du sujet : l'absorption des chocs. Pour cela j'utiliserais deux méthodes. La première se fera à l'aide d'un capteur piézoélectrique. Son utilisation permet de mesurer la déformation engendrée par un impact[1][6][7]. La seconde se base sur le principe du pendule de Newton. Le pendule de Newton est une parfaite illustration de la loi de conservation de la quantité du mouvement et de l'énergie[3]. Chaque bille restitue de façon quasiment parfaite leur énergie à la bille se trouvant à leur opposé[3]. J'ai donc envisagé à l'aide du même principe de mesurer l'absorption du choc de notre fluide.

Problématique retenue

Dans quelles mesures les fluides rhéoépaississants peuvent protéger les athlètes de sport de contacts ?

Objectifs du TIPE du candidat

Dans le but de savoir si les fluides rhéoépaississants sont les protections de demain je vais réaliser des expériences permettant de savoir si ces derniers remplissent le cahier des charge d'une protection classique voir même mieux sur certains aspects.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] WIM POIGNON, AGNÈS TOTSCHNIG : Les fluides non-newtoniens : entre liquide et solide : https://www.sciencesalecole.org/wp-content/uploads/2019/10/LYC62_CR.pdf
- [2] JEAN-CLAUDE CHARMET : Mécanique du solide et des matériaux, Élasticité-Plasticité-Rupture : <https://cours.espci.fr/site.php?id=318&fileid=1242>
- [3] SCIENCES.CH : Mécanique Classique : <http://www.sciences.ch/htmlfr/mecanique/mecanclassique02.php>
- [4] DICTIONNAIRE EN LIGNE : Fluide Non-newtonien : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide_non_newtonien
- [5] TANCRÈDE DE GUIGNÉ, MARIE TOURRÉ, PIERRE NICOLAS BIZAT ET CAMILLE GAZEAU : Les protections fluides, un pas vers l'avenir : <https://fluidesnonnewtoniens.wixsite.com/tpelsk/introduction>
- [6] SAMUEL POIREL : L'effet piézoélectrique : https://cira-descartes.etab.ac-lyon.fr/spip/IMG/pdf/Poirel_2_-_piezo.pdf

- [7] THÉO RIU : Étude de l'effet piézoélectrique en tant que capteur : <https://cahier-de-prepa.fr/pc-theo/download?id=68>
- [8] M. A. RAO : Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications : 2nd, 2007 (ISBN 978-0-387-70929-1)

DOT

- [1] : septembre-novembre 2023: étude de la réaction à la chaleur
- [2] : décembre 2023: étude de la fermentation et recherche de solution
- [3] : janvier- mars 2024: Réalisation de la première expérience basée sur le principe du pendule de Newton
- [4] : avril 2024: Réalisation de la seconde expérience à l'aide du principe de piézoélectricité
- [5] : mai 2023: Interprétation des résultats et création de la présentation finale

La science des balles de tennis : étude des différentes propriétés physico-chimiques et interprétations des performances des balles.

Le tennis est un sport qui me plaît particulièrement et qui rassemble de nombreux amateurs chaque année autour de grandes compétitions. Je me questionne alors sur ce qui se cache derrière ces petites balles jaunes capables d'atteindre des vitesses remarquables et qui ont un important pouvoir de déformation.

Le tennis est un des sports comptant le plus de pratiquants tout autour du monde que ce soit dans un cadre récréatif, amateur ou professionnel. Ce sport a traversé les générations perfectionnant le matériel notamment la balle, objet principal pour les compétitions les plus prestigieuses comme pour le jeu.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *CHIMIE (Chimie Organique)*
- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Balle de tennis</i>	<i>Tennis ball</i>
<i>Mécanique des fluides</i>	<i>Fluid mechanics</i>
<i>Pression</i>	<i>Pressure</i>
<i>Rebond</i>	<i>Bounce</i>
<i>Polymères</i>	<i>Polymers</i>

Bibliographie commentée

Le tennis et donc les balles ont connu leurs débuts vers la fin du 12ème siècle avec le jeu de Paume. Celles-ci étaient alors faites avec de la laine, des poils d'animaux appelé l'esteuf. Cependant, un problème apparut celui du rebond. En effet, la matière qui la constitue ne

permettait que de faibles échanges. Alors, cette petite balle subit quelques évolutions. Après un revêtement en cuir rempli de sable, et des draps tissés au siècle des Lumières, il faut attendre 1870 et l'apparition du caoutchouc pour voir une évolution significative de la balle. Sept ans plus tard, le feutre voit le jour au tournoi de Wimbledon afin d'améliorer le rebond. Enfin, au début du 20ème siècle des balles dites sous pression apparaissent, une petite révolution dans le monde de la balle jaune. [1]

Les balles de tennis doivent répondre à des critères spécifiques afin d'être conforme à la réglementation. Leurs tailles, leurs poids et les hauteurs de rebonds sont standardisés. La fédération internationale de tennis impose un diamètre entre 6,54 et 6,86 cm, un poids de 56 à 59,4g et à un premier rebond entre 135 et 147 cm après avoir été lâchée de 254 cm. Au-delà de ces règles, d'autres paramètres sont variables et influencent le comportement des balles. [3][6]

Les deux éléments principaux d'une balle de tennis actuelle sont le **feutre**, qui est directement en contact avec le sol et les frottements de l'air, et le **caoutchouc** qui forme le cœur de la balle, responsable de la dureté et des propriétés élastiques de la balle. Elles sont fabriquées à partir de deux demi sphères creuses de caoutchouc. L'air emprisonné à l'intérieur peut être à la pression atmosphérique mais des balles plus récentes ont une surpression à l'intérieur, permettant un meilleur contrôle. C'est ainsi que nous pouvons définir nos trois axes de recherche.

J'ai alors décidé d'étudier différents types de balles afin de comprendre l'influence de ces paramètres. Certaines balles sont sous **pression** tandis que d'autres non. Cette pression à une influence sur la rigidité de la balle sachant que la paroi renfermant le cœur de la balle, à savoir le caoutchouc et le feutre, ne sont pas totalement imperméables. Il y a donc une perte non négligeable de pression modifiant le comportement de la balle et justifiant les changements réguliers lors d'un match.

Le **caoutchouc** est la matière indispensable de la balle de tennis et c'est ce qui lui a permis d'être aussi performante aujourd'hui. En effet, la balle ne subit qu'un contact de 4 millièmes de seconde avec la raquette et s'aplatit pour avoir une épaisseur de 2cm seulement.[5] Pourtant celle-ci retrouve sa forme initiale par la suite. Ce sont alors les **élastomères** qui sont responsables de ces propriétés physiques. Les élastomères sont des polymères avec des ponts entre les molécules conférant au matériau ces propriétés élastiques. Ces ponts sont formés par le procédé de vulcanisation par ajout de soufre par exemple.[2] Il existe différents caoutchoucs, le naturel ou des caoutchoucs synthétiques. L'épaisseur de ce caoutchouc a aussi une importance dans l'amortissement et la restitution de l'énergie reçue par la balle. En fonction de l'échauffement de la balle et donc de l'état des polymères, la balle a un rebond plus ou moins important tout comme la vitesse[7].

Enfin, il est intéressant de considérer les **effets du feutre**, qui bien qu'éloignés des caractéristiques mécaniques du caoutchouc, est d'une importance capitale. Il faut pour cela s'intéresser à l'écoulement de l'air autour de la balle en mouvement. Ces informations nous renseignent sur le **coefficient de trainée**, le **nombre de Reynold** et les **turbulences**

engendrées permettant l'interprétation des comportements de la balle. Le coefficient de trainée donne une indication sur l'efficacité énergétique en lien avec la résistivité de l'écoulement. [4]

Problématique retenue

En quoi la pression intérieure, le feutre et le caoutchouc d'une balle de tennis sont des facteurs déterminants de son comportement lors d'un jeu ?

Objectifs du TIPE du candidat

Dans un premier temps, les objectifs sont liés à la compréhension et l'interprétation de la physique de ces balles :

- étudier l'influence de la pression intérieure
- étudier la perte de pression de la balle après avoir été utilisée
- comprendre l'influence du feutre sur le rebond ainsi que sur l'écoulement de l'air autour de la balle en déplacement

Puis dans un second temps des objectifs répondant à une étude chimique sur les polymères :

- étudier la formation de caoutchouc naturel et artificiel
- comprendre l'effet de la quantité de caoutchouc sur les performances de jeu

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] VINCENT LAMOTTE : Objets cultes, la balle de tennis : <https://blog.univ-reunion.fr/lamotte/files/2021/04/Lieux-et-objets-cultes-balle-et-raquette.pdf>

[2] FLORIAN LACROIX : Documentaire : LE CAOUTCHOUC DANS LE SPORT : <https://www.centre-sciences.org/ressources/le-caoutchouc-dans-le-sport>

[3] ARTENGO : La balle de tennis par Artengo : <https://www.artengo.fr/la-balle-de-tennis>

[4] : Aérodynamique : écoulement d'air autour d'une balle de golf : <https://moodle.insa-rouen.fr>

[5] STEFANO LUPIERI : Balle de tennis : une petite boule de feutre qui supporte bien la pression : <https://www.lesechos.fr/2015/05/balle-de-tennis-une-petite-boule-de-feutre-qui-supporte-bien-la-pression-261396>

[6] JEAN-CLAUDE BERNIER : Media chimie : la petite balle jaune : <https://www.mediachimie.org/actualite/la-petite-balle-jaune>

[7] G. WEILL : Elasticité du caoutchouc, BUP n°639 (1981), p. 321-327 : https://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/une_fiche.php?ID_fiche=12016

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

[1] AURELIE PIC : Les matériaux élastomériques : <https://orthodfr.edpsciences.org/articles/orthodfr/pdf/2009/01/or0908.pdf>

DOT

[1] : Juillet-septembre 2023 - Recherches bibliographiques sur les différentes études à mener sur les balles et sur les attendus théoriques des expériences possibles.

[2] : Octobre-novembre 2023 - premiers essais de mesure de pression des balles par perçage et prise en main de la soufflerie du lycée pour les mesures de force de trainée.

[3] : Mi-décembre 2023 - la soufflerie n'est pas assez puissante pour une analyse quantitative, recherche d'une autre plus puissante. Recherches concernant la chimie du caoutchouc et tentative de prise de contact avec l'école de chimie de Montpellier. Expérimentation de la perte de pression grâce à une scie sauteuse.

[4] : Janvier-février 2024 - Echec de la prise de contact. Je recherche également une machine de fatigue pour apporter plus de précision qu'avec la scie sauteuse. Je parviens à proposer un rendez-vous pour des essais en soufflerie aux Arts et Métiers d'Aix en Provence pour avril. Nouvelle tentative de demande pour la chimie à l'institut de chimie radicalaire de Marseille. Début des mesures des hauteurs de rebond.

[5] : Mars 2024 - Réalisation de spectres infrarouges des caoutchoucs. Pointage des vidéos afin de connaître les hauteurs de rebond. Idée de visualiser l'écoulement de l'air autour de la balle avec de la fumée. Achat du matériel et réalisation de la plaque permettant l'écoulement laminaire par impression 3D.

[6] : Avril 2024 - Mesure de la force de trainée sur les balles à Aix en Provence. Visioconférence avec un chercheur de l'école des Mines d'Alès, Louis Leprince Ringuet, pour discuter des analyses possibles sur les caoutchoucs. RDV avec un autre chercheur pour discuter des essais mécaniques envisageables au sujet de l'endommagement du matériau. Puis préparation des échantillons pour les essais mécaniques.

[7] : Fin mai 2024 - Réalisation des essais mécaniques aux Mines d'Alès, analyse et interprétation des résultats obtenus.

[8] : Début juin 2024 - Observation au microscope électronique des différentes structures des caoutchoucs et détermination des composés. Lien avec les données des constructeurs. Réponse à ma problématique.

Optimisation des procédés d'isolation acoustique : étude des matériaux

La nuisance sonore est omniprésente en ville, en particulier durant des événements bruyants, ce qui nuit au calme et à la tranquillité. Ainsi j'ai décidé de m'intéresser à l'optimisation des procédés d'isolation acoustique et au rôle des matériaux dans ces systèmes isolants.

Cette étude est en lien avec le thème, les lieux sportifs sont souvent exposés à de hautes intensités sonores et cela a des conséquences sur les athlètes mais aussi crée de la nuisance sonore en milieu urbain.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

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

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>isolation acoustique</i>	<i>soundproofing</i>
<i>onde sonore</i>	<i>sound wave</i>
<i>matériaux isolants</i>	<i>insulating materials</i>
<i>fréquence sonore</i>	<i>sound frequency</i>
<i>transmission du son</i>	<i>sound transmission</i>

Bibliographie commentée

Les ondes sonores , et la pollution sonore qui en résulte sont aujourd'hui un problème pour la concentration des joueurs et athlètes et plus généralement pour la santé publique . Ces troubles peuvent provenir d'une exposition à une intensité sonore trop élevée tel qu'on a pu en mesurer dans des événements sportifs , comme au stade de Galatasaray durant un match contre l'équipe de Fenerbahçe où un pic à 131,76 décibels a pu être enregistré [1] mais aussi simplement à celle

au bruit “ambient” qui d’après l'Agence européenne pour l'environnement est deuxième, après la pollution atmosphérique, comme exposition environnementale la plus nocive pour la santé publique. [2]

Pour réduire son impact, il est nécessaire d’utiliser des systèmes d’isolation acoustique qui reposent souvent sur des principes compris depuis l’Antiquité. En effet, les théâtres antiques, comme ceux de la Grèce et de Rome, étaient des chefs-d'œuvre d'ingénierie acoustique; l’effet en cascade des sièges permettait de filtrer efficacement la nuisance sonore. Le choix des matériaux était aussi minutieux afin d’amplifier la propagation du son. [3]

Différents autres systèmes afin d’atténuer l’intensité du bruit ont alors été découverts tels que les résonateurs de Helmholtz ou l’usage d’ondes destructives dans les casques anti-bruit. Cependant, leur efficacité reste partielle aujourd’hui. L’efficacité de cette isolation acoustique réside en partie dans l’optimisation des matériaux choisis et de leurs paramètres. Les matériaux absorbants, tels que la laine de verre, se caractérisent par leur nature fibreuse ou poreuse et leur basse densité. À l'inverse, les matériaux denses comme le plexiglass ont tendance à réfléchir l’énergie sonore.[4][5] Les propriétés géométriques microscopiques du matériau, telles que la taille de ses fibres, exercent une influence sur son pouvoir d'absorption en favorisant ou en limitant les déformations et les frottements, qui sont responsables de la dissipation de l'énergie. Un autre phénomène lié à la géométrie des systèmes étudiés est la résonance, où des ondes stationnaires d'amplitude supérieure à celle de l'onde incidente se forment à l'intérieur du matériau. [5]

Pour évaluer les propriétés isolantes des matériaux, on utilise le facteur de transmission, s’exprimant par le rapport de l’intensité de l’onde transmise sur l’onde incidente. On peut alors définir l’indice d’affaiblissement acoustique. [6] Pour cela, on peut commencer par procéder à une mesure rudimentaire de l’isolement acoustique qui consiste à utiliser un sonomètre pour mesurer l’intensité sonore derrière une paroi et la comparer à l’intensité sonore à l’émetteur. Pour une mesure plus précise, dans le cas d’un isolant homogène, on peut se restreindre à étudier le facteur de transmission. Pour le déterminer, une méthode courante implique l'utilisation d'un tube de Kundt. Dans cette configuration, un haut-parleur génère des ondes stationnaires à une extrémité d'un tube fermé, qui est complété par une surface qui réfléchit les ondes. L'échantillon du matériau testé est placé au milieu de ce tube. En analysant les variations d'intensité sonore avant et après l'échantillon, il est possible de mesurer l'amplitude de l'onde qui traverse l'échantillon ainsi que celle de l'onde initiale, permettant ainsi d'évaluer l'efficacité de transmission du matériau. [7]

Cependant, lors de ce type d’expérience il est important de considérer la fréquence sur laquelle on travaille, or les fréquences hautes sont plus dérangeantes pour l’oreille humaine que les basses fréquences. Dans le cas d’une paroi double, la paroi peut entrer en résonance. Il s’agit alors de trouver un moyen de diminuer la fréquence de résonance afin d’avoir un grand indice d’affaiblissement acoustique dans les fréquences plus hautes. [8]

Enfin, il est nécessaire, dans le contexte actuel, de proposer une alternative écologique aux matériaux traditionnels. Un des objets recyclables répondant aux contraintes de l'isolation acoustique qui pourrait être utilisé serait alors les masques utilisés lors de la crise du COVID 19. En effet, leur structure légère et poreuse peut être efficace pour absorber les sons, en particulier les fréquences moyennes et élevées. [9]

Problématique retenue

Comment pouvons-nous optimiser la qualité de l'isolation sonore à l'aide des matériaux ? À quel point cela permet-il de diminuer l'intensité sonore ? Quels sont les autres paramètres qui peuvent avoir un impact significatif sur l'atténuation sonore ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je vais d'abord essayer de trouver comment représenter une mesure de l'isolation acoustique, puis ensuite l'utiliser pour comprendre l'influence des matériaux et paramètres physiques pour trouver la manière la plus optimisée de diminuer l'intensité sonore en mesurant le coefficient d'indice d'isolement à l'aide du facteur de transmission déterminé par l'utilisation des tubes de Kundt et par une autre méthode naturelle. J'étudierai ensuite comment la mise en cascade permet d'affaiblir la pression acoustique. J'essaierai aussi de proposer une alternative écologique aux matériaux d'isolation acoustique traditionnels pour répondre aux enjeux actuels.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] CHRISTIAN MONTEGAN : 131.76 decibels and defeating Manchester United: Meet Galatasaray's assistant manager : <https://www.theinnersanctum.com.au/131-76-decibels-and-defeating-manchester-united-meet-galatasarays-assistant-manager/>
- [2] EUENVIRONNEMENT : La pollution sonore est encore très répandue en Europe, mais il existe des moyens d'en réduire le volume : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-de-lae-2020/articles/la-pollution-sonore-est-encore>
- [3] PERFECTACOUSTIC : Le Développement De La Science Acoustique À Travers L'histoire : <https://perfectacoustic.fr/histoire-de-lacoustique/>
- [4] GEORGE, JIPSON AND C. P., SUDHEESH KUMAR : EFFECT OF GEOMETRICAL PARAMETERS AND MATERIAL ON SOUND ABSORPTION COEFFICIENT : <https://ssrn.com/abstract=4297978>
- [5] COX, TREVOR J., ET PETER D'ANTONIO : Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. : 3rd Edition, CRC Press, 2016. ISBN: 978-1498740999

- [6] DR. ABDELOUAHAB ZIANI : Cours d'acoustique architecturale : <https://www.univ-bechar.dz/site/wp-content/uploads/2022/03/COURS-DACOUSTIQUE-ARCHITECTURALE.pdf>
- [7] M. SYLVAIN DJIKOU, C. ARISTIDE HOUNGAN, MALAHIMI ANJORIN, ANTOINE VIANOU, GÉRARD DEGAN : Measurement of the acoustic absorption coefficient of some local building materials for residential buildings using the Kundt tube method : <https://doi.org/10.21595/vp.2018.20160>
- [8] : COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT : http://www.ac-grenoble.fr/lycee/roger.deschaux/documents/Cours/Acoustique/Acoustique-Cours_1.pdf
- [9] M. ALI, R. ALMUZAIQER, K. AL-SALEM, A. ALABDULKAREM & A. NUHAIT : New novel thermal insulation and sound-absorbing materials from discarded facemasks of COVID-19 pandemic : <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02744-8>

DOT

- [1] : Septembre 2023 - Exploration de plusieurs pistes, sans succès
- [2] : Décembre 2023 - Choix du sujet
- [3] : Janvier 2024 - Suite à l'étude de plusieurs articles, on fixe les objectifs du TIPE et on envisage les premières expériences
- [4] : Mars 2024 - Mise en place des premières expériences de mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique
- [5] : Mai 2024 - Expériences sur les résonances
- [6] : Mai 2024 - Interprétation des résultats
- [7] : Juin 2024 - Ajout de modélisations informatiques

Le canon de Gauss, une nouvelle alternative aux canons des carabines du biathlon.

Le biathlon, mêlant ski de fond et tir à la carabine, exigeant athlétisme et précision, voit émerger le canon de Gauss comme une alternative prometteuse aux carabines classiques. Cette technologie électromagnétique ouvre une ère d'innovation, offrant de nouvelles perspectives pour redéfinir les normes du biathlon.

Le canon de Gauss est le lien entre la puissance de l'électromagnétisme et l'art du tir de précision. Mon étude consistera à optimiser cette technologie afin d'offrir les meilleures performances possibles aux biathlètes.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*
- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*
- *PHYSIQUE (Physique Théorique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Canon de Gauss</i>	<i>Gauss cannon</i>
<i>Bobine</i>	<i>Coil</i>
<i>Magnétisme</i>	<i>Magnetism</i>
<i>Projectile</i>	<i>Projectile</i>
<i>Condensateur</i>	<i>Capacitor</i>

Bibliographie commentée

Le canon électromagnétique (ou « de Gauss ») a tout d'abord été développé à des fins militaires, avec comme unique but de créer de nouveaux types d'armes très puissantes, permettant d'envoyer des projectiles d'une dizaine de kilogrammes à plus de mach 5 sur de très grandes distances [1].

Les avantages potentiels du canon de Gauss incluent l'absence d'explosifs, réduisant les risques liés aux munitions, ainsi que la possibilité d'une propulsion plus propre. Cependant, des défis techniques tels que la dissipation de chaleur et la gestion de l'énergie électrique limitent actuellement son utilisation à des applications spécifiques, comme la recherche militaire et spatiale [1].

Un canon de Gauss fonctionne ainsi [2] : le canon est équipé de bobines électromagnétiques disposées le long de celui-ci, chaque bobine étant alimentée par un courant électrique. Lorsqu'une bobine est activée, elle crée un champ magnétique autour et à l'intérieure d'elle. Les bobines, activées successivement le long du canon, crée un déplacement linéaire du champ magnétique le long du canon, agissant comme un moteur linéaire électromagnétique. Lorsqu'un projectile conducteur (et ferromagnétique) est introduit dans le canon, il interagit avec le champ magnétique en générant un courant électrique induit. Selon la loi de la force de Lorentz, cette interaction produit une force qui propulse le projectile. La source d'énergie, généralement une batterie ou une banque de condensateurs, fournit de l'électricité nécessaire au système, et un interrupteur contrôle le flux d'électricité dans le circuit. Lorsque l'interrupteur est fermé, le courant circule à travers le circuit, et le canon tire.

Or un problème surgit dans la théorie. Considérons un canon composé d'une unique bobine, le champ magnétique créé est équivalent des deux côtés de la bobine, à gauche et à droite. Ainsi, le projectile est attiré depuis le côté gauche, mais une fois qu'il dépasse le milieu de la bobine, il sera attiré en arrière par le champ magnétique du côté droit. Ainsi, le projectile va osciller jusqu'à ce qu'il s'arrête exactement au milieu de la bobine [3]. Il faut donc répondre à ce challenge en trouvant un moyen de profiter uniquement de l'attraction du projectile vers la sortie du canon. Un moyen d'adresser ce problème est de placer un détecteur à la sortie de chaque bobine, lorsque le projectile passe devant, il coupe la tension envoyée à la bobine concernée et supprime ainsi l'effet attracteur non voulu [3]. Et si l'installation d'un tel système s'avère trop complexe ou par manque de matériel disponible, un système de synchronisation temporelle entre chaque bobine fonctionnera également [2].

Le montage se composera alors d'un tube en PVC, dont les bobines seront enroulées autour de ce dernier et reliées à leur condensateur respectif, qui seront chargés préalablement par un générateur de tension continue. L'utilisation de condensateur permet de libérer une grande quantité d'énergie très rapidement sans s'endommager, contrairement à des piles ou batteries par exemple.

La puissance d'un canon de Gauss est proportionnelle à la capacité des condensateurs ainsi qu'à la tension envoyée dans ces derniers, ce seront alors des variables expérimentales. D'autres variables qui feront l'objet de différentes expériences seront le nombre de bobines, le nombre de spires par bobine et enfin le projectile en lui-même, car une bobine, par ses propriétés magnétiques, peut également être utilisée comme projectile [4].

Problématique retenue

Si le canon de Gauss était adopté comme la remplaçante de la carabine au biathlon, ,quelle serait la configuration optimale de ce dernier ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose :

- De réaliser différentes conceptions du canon de Gauss, en faisant varier notamment (lorsque le matériel disponible me le permet) le nombre de bobines, l'arrangement de ces bobines (placement, nombre de spires, longueur), la tension imposée et la capacité des condensateurs, et enfin le projectile.
- De les comparer sur leur efficacité (vitesse et distance parcourue par le projectile), leur poids et encombrement, et leur demande en matériel (ce qui implique le coût).
- De conclure sur une possible conception se démarquant selon les critères énoncés plus tôt.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Canon_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique

[illegible]

[3] : https://electronoobs.com/eng_circuitos_tut74.php

[4] KURT A. POLZIN, AMANDA B. CIPRIANO, ADAM K. MARTIN : Coilgun Acceleration Model Containing Multiple Interacting Coils : <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20190000731/downloads/20190000731.pdf>

DOT

[1] : Novembre - Décembre 2023 : Etude théorique de différentes configurations du canon de Gauss

[2] : Janvier 2024 : Commande des pièces nécessaire à la construction du canon

[3] : *Février - Mars 2024 : Réception des premières pièces, début de la construction du canon et optimisation du choix des composants*

[4] : Avril - Mai 2024 : Dernières pièces en attentes reçues, finalisation de la construction et début des expériences

[5] : *Fin mai - Début Juin 2024 : Finalisation des expériences et mise en commun des résultats*

Étude des différentes propriétés caractérisant les balles de tennis.

En tant que joueuse de tennis, le choix des balles de tennis est un critère important. En effet, certaines balles produisent plus d'effets que d'autres. C'est pour cette raison, que j'ai cherché à déterminer les différentes caractéristiques d'une balle de tennis pouvant avoir une influence sur un match de tennis.

Mon étude s'inscrit dans le thème de l'année. En effet, l'étude des performances et de la durabilité des balles de tennis constituent un critère important en vue de l'organisation d'un tournoi de tennis.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Mécanique</i>	<i>Mechanics</i>
<i>Aérodynamique</i>	<i>Aerodynamic</i>
<i>Ressort</i>	<i>Spring</i>
<i>Pression</i>	<i>Pressure</i>
<i>Énergie</i>	<i>Energy</i>

Bibliographie commentée

Lors d'événements sportifs, les recherches scientifiques jouent un rôle majeur. C'est pour cette raison que depuis de nombreuses années, les balles de tennis sont devenues un véritable sujet d'études pour améliorer leurs performances et leur durabilité lors de matchs de tennis.

La balle de tennis est un objet simple qui est constitué d'une enveloppe en caoutchouc sphérique revêtue d'un feutre [1]. Toutefois, il existe deux grands types de balles de tennis disponibles sur le marché et les différents matériaux qui les composent peuvent être plus ou moins adaptés et durables.

Le premier type est la balle sans surpression interne. Celle-ci s'appuie uniquement sur les propriétés du caoutchouc et du feutre pour ses performances. Le second type est la balle sous pression. Celle-ci utilise en plus les propriétés de la surpression qui est ajoutée à l'intérieur du noyau [2].

Il est donc légitime d'analyser les performances et la durabilité de celles-ci, afin de comprendre quelles sont ses caractéristiques qui influencent un match de tennis. La réglementation officielle de la fédération de tennis est une source fiable pour cette étude [3]. Elle permet de connaître les normes imposées à la fabrication des balles et donc de comparer les résultats expérimentaux aux valeurs fournies. L'utilisation de l'expérience du joueur de tennis permettra également de vérifier si les résultats obtenus sont en accord avec ce que le joueur ressent au cours d'un match.

Les joueurs de tennis savent que les balles de tennis sous pression offrent de meilleures sensations de jeu. Pour vérifier cela, une méthode efficace consiste à comparer les balles de tennis avec et sans surpression à des ressorts [4], afin de déterminer les différences d'élasticité entre les deux balles. En effet, l'élasticité de la balle permet d'offrir un rebond plus ou moins important et donc plus ou moins de contrôle au joueur. Cependant, le gaz à l'intérieur a tendance à s'échapper à travers le caoutchouc et le feutre avec le temps. La mesure de la pression, à l'intérieur de balles neuves et usées, avec un capteur de pression permet ainsi de constater cela. Ainsi, avec la baisse de pression, la hauteur de rebond de la balle diminue trop et donc le contrôle du joueur par rapport à la balle aussi [5], la balle devient ainsi inutilisable. C'est pour cette raison que la marque Wilson, dans une démarche plus éco-responsable, a mis au point une nouvelle catégorie de balles avec un caoutchouc plus épais qui, théoriquement, offre les mêmes caractéristiques qu'une balle de tennis sous pression.

Enfin, à l'origine, les balles de tennis n'étaient pas recouvertes de feutre. Celles-ci étaient donc équivalentes à des sphères lisses. Or, en ajoutant du feutre réalisé à partir d'un mélange de fibres de plusieurs composants, celui-ci permettrait d'augmenter la traînée aérodynamique de la balle. Ainsi, le contrôle du joueur de tennis par rapport à la balle augmenterait. Une étude aérodynamique de la balle dans une soufflerie rend visible cela. Cependant, des études montrent que celui-ci absorbe beaucoup d'énergie lors du rebond, ainsi, il peut altérer le comportement de la balle s'il devient trop usé [6].

Problématique retenue

Dans quelle mesure les différentes caractéristiques présentes sur la balle de tennis influencent sa performance et sa durabilité ?

Objectifs du TIPE du candidat

Pour cela je me propose :

- _ De comparer les différences entre les balles de tennis sans pression et sous pression.
- _ D'étudier la durabilité des balles avec pression.
- _ D'analyser l'influence de l'épaisseur du caoutchouc.
- _ De comprendre le rôle du feutre présent sur une balle de tennis.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] SCIENCEPOST : Immersion dans le processus de fabrication d'une balle de tennis : <https://sciencepost.fr/immersion-processus-de-fabrication-dune-balle-de-tennis/>
- [2] JEAN-CLAUDE BERNIER : La petite balle jaune : <https://www.mediachimie.org/actualite/la-petite-balle-jaune>
- [3] ITF (FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE TENNIS) : ITF RÈGLES DU TENNIS : <https://www.itftennis.com/media/7222/2023-rules-of-tennis-french.pdf>
- [4] ROD CROSS : The bounce of a ball : *Physics Department, University of Sydney, 2006 Australia*
- [5] BENJAMIN DAVID LANE : Advanced techniques to improve the design of tennis ball cores : *Loughborough University, 2019*
- [6] STEELE CAROLYN : Tennis ball degradation : *Loughborough University, 2019*

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

- [1] M. NAGURKA AND S. HUANG : A Mass-Spring-Damper Model of a Bouncing Ball : *Department of Mechanical and Industrial Engineering, Marquette University*

DOT

- [1] : En juin 2023 : choix de l'objet d'étude en accord avec le thème : la balle de tennis.
- [2] : D'août à octobre 2023 : des recherches ont été menées sur divers supports afin de comprendre les caractéristiques des balles de tennis, ainsi que de possibles sujets d'étude.
- [3] : En novembre 2023 : détermination de la problématique et des différents axes étudiés. Début des premières expériences : mesure de la hauteur des rebonds, et détermination de la constante de raideur de manière statique.
- [4] : En décembre 2023 : premier essai en soufflerie, pour analyser l'influence du feutre sur la balle de tennis. La soufflerie n'étant pas assez puissante, ce premier essai n'aboutira pas. Recherche d'une soufflerie plus performante à l'extérieur.

[5] : De janvier à février 2024 : création d'un dispositif, à l'aide d'une scie sauteuse, permettant de déterminer la durabilité des balles de tennis.

[6] : En mars 2024 : découverte d'une soufflerie plus performante à l'extérieur permettant d'étudier le comportement de la balle de tennis en match de tennis. Puis, la découverte d'une nouvelle méthode plus précise pour déterminer la constante de raideur des balles de tennis.

Récupération d'énergie par un système podoélectrique

Les méthodes étudiées sont propres en CO2 et aident ainsi à une transition écologique, qui est un enjeu majeur de notre société. De plus un tel système installé à Toulouse fut une source d'inspiration.

Autant sur un terrain de sport que dans une salle de musculation, le sol subit de nombreux impacts, autant dues aux athlètes qu'à leur matériel. Il semble alors intéressant d'étudier comment utiliser ces impacts pour rendre autosuffisante une installation sportive.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Podoélectricité</i>	<i>podoelectricity</i>
<i>Induction électromagnétique</i>	<i>electromagnetic induction</i>
<i>Turbine hydraulique</i>	<i>hydraulic turbine</i>
<i>Gestion de signaux</i>	<i>signal management</i>
<i>Eco-responsable</i>	<i>Eco-friendly</i>

Bibliographie commentée

Depuis le début des années 2000, les énergies renouvelables connaissent un fort développement, guidée par la nécessité de répondre aux problématiques environnementales actuelles. Une énergie renouvelable se définit par la provenance de source naturelle, et un renouvellement plus rapide que sa vitesse de consommation. [1]

En France, cette transition permet des progrès dans la lutte pour le climat, en réduisant les émissions de gaz à effets de serres, mais également dans le domaine de la santé, de l'économie et de l'indépendance. L'objectif français est d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. [2]

On peut alors distinguer plusieurs catégories d'énergies renouvelables : l'énergie hydraulique ; et les autres énergies renouvelables, comme l'éolien, le solaire ou encore le thermique.

D'abord, l'énergie hydraulique est principalement utilisée dans les centrales hydroélectriques, qui tirent profit de la hauteur d'une chute d'eau ou du débit d'un fleuve ou d'une rivière pour utiliser la force de l'eau pour produire de l'électricité. Elles sont actuellement la source d'énergie renouvelable la plus utilisée en France.

Ensuite, parmi les autres sources d'énergie renouvelable majeures, on trouve l'énergie solaire. Cependant, les panneaux solaires sont critiqués sur leur fabrication et leur recyclage, bien que n'ayant pas d'impact sur les écosystèmes.

Enfin, l'énergie éolienne, autre source d'énergie importante, permet la production d'électricité à partir de la rotation, par la force du vent, de pales reliées par un axe à un rotor, lui-même relié à un alternateur. Malgré la présence d'aimant, dont l'extraction est polluante, le développement de cette énergie semble encouragé par la loi de la transition énergétique de 2015, qui devrait mener la filière éolienne à représenter 40% de la production d'énergie renouvelable française. [3]
[4]

Dans l'optique de cette transition écologique, la société française Viha Concept créée par Laurent Villerouge et basée à Toulouse a développé le projet Trotelec, consistant à un trottoir alimentant en électricité l'éclairage public. Le système est composé d'une dalle mobile qui, lorsqu'un piéton marche dessus, exerce une pression sur un réservoir rempli de liquide. Le liquide passe alors dans un tuyau pour se déverser dans un autre réservoir et faire tourner une turbine avant de retourner dans le réservoir initial. La rotation de la turbine entraîne la production d'électricité, qui est ensuite stockée dans une batterie. Enfin, cette électricité est restituée lors de l'allumage de l'éclairage public. Cependant, par manque de financement, l'entreprise toulousaine s'est délocalisée aux États-Unis pour développer son projet. Il s'agit alors d'étudier ce système afin d'estimer sa viabilité dans une salle de sport, alors exposé au piétinement et chocs dus aux impacts de poids. [5]

Dans ce même objectif de production d'électricité moins polluante, un autre moyen de production a été découvert en 1831 par Michel Faraday. En effet, il a découvert qu'un aimant en mouvement crée un courant électrique dans tout circuit voisin. Il met cette découverte en

lien avec les observations de 1822 d'Ampère, qui avait conclu qu'un anneau de cuivre est parcouru par un courant lorsqu'il est sous l'influence d'une bobine et d'un aimant. [6]

Il peut alors être intéressant d'essayer de mettre en place un système basée sur l'induction et d'étudier son efficacité au sein d'une salle de sport.

Problématique retenue

Comment alimenter une salle de musculation grâce aux impacts au sol ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Construire un mecanisme inductif
- Construire un système hydroélectrique
- Optimiser le procédé en comparant à une étude théorique
- Comparer les 2 systèmes testés

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] NATIONS UNIES : Les énergies renouvelables : qu'est-ce que c'est ? : <https://www.un.org/fr/climatechange/what-is-renewable-energy>

[2] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES : Les énergies renouvelables : <https://www.ecologie.gouv.fr/energies-renouvelables>

[3] SELECTRA : Énergies renouvelables en France : financement et production en 2024 : <https://selectra.info/energie/guides/comprendre/energies-renouvelables#:~:text=Les%20%C3%A9nergies%20renouvelables%20connaissent%20un,et%20les%20autres%20%C3%A9nergies%20renouvelables>

[4] EDF : u'est-ce que m'énergie hydraulique ? : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/jeunes-enseignants/pour-les-jeunes/lenergie-de-a-a-z/produire-de-lelectricite/quest-ce-que-lenergie-hydraulique>

[5] SCIENCES ET AVENIR : Innovations : comment peut-on récupérer l'énergie de la marche ? : https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/innovations-comment-peut-on-recuperer-l-energie-de-la-marche_35325

[6] CNRS : La "découverte manquée" de l'induction par Ampère : <http://www.ampere.cnrs.fr/histoire/laboratoire-historique/decouvertemanquee#:~:text=En%201831%2C%20Michael%20Faraday%20parvient,il%20engendre%20autour%20de%20lui>

DOT

- [1] : *Septembre 2023 - Construction et expérimentation du système inductif*
- [2] : *Septembre / Octobre 2023 - Première recherche bibliographique sur le redressement de signal électrique*
- [3] : *Octobre 2023 - Recherche de système plus performant et découverte du projet Trotelec à Toulouse présente en référence [5]*
- [4] : *Novembre 2023 - Construction et tests infructueux de différents systèmes hydrauliques basés sur le système toulousain*
- [5] : *Décembre 2023 - Détermination expérimentale des caractéristiques du système inductif et simulation informatique du signal escompté*
- [6] : *Janvier / Mars 2024 - Construction du système hydraulique final et recherche bibliographiques précises sur le fonctionnement théorique du système*
- [7] : *Mars / Avril 2024 - Expérimentation du système hydraulique et comparaison avec le système inductif*
- [8] : *Mai 2024 - Recherches bibliographiques et expérimentations sur le redressement de signal*