

Mini congrès de Mécanique: édition 2026



Rapport sur les contributions

ID de Contribution: 1

Type: **Projet de M1**

Dam-break de suspensions eau-maïzena

Le projet porte sur l'étude expérimentale d'écoulements gravitaires de suspensions rhéoépaississantes eau-maïzena, dans une configuration de type dam-break (rupture de barrage). L'objectif est d'analyser l'influence de la concentration de maïzena sur la dynamique du front d'écoulement. Les expériences sont réalisées dans un canal transparent et filmées, puis les vidéos sont traitées avec Fiji/ImageJ afin d'extraire la position du front au cours du temps à partir de diagrammes spatio-temporels.

Les résultats montrent une diminution de la vitesse du front lorsque la concentration en maïzena augmente. L'évolution observée est compatible avec un régime de liquid-wall, dans lequel une zone fortement rhéoépaissie se forme près du front. Dans ce cas, la vitesse du front peut rester presque constante malgré la diminution de la hauteur de fluide, contrairement à un comportement newtonien classique. Ces observations permettent de relier la dynamique mesurée à l'apparition de contacts frictionnels entre les grains dans les suspensions concentrées.

Auteurs principaux: MAYOUNGA, BENN MUGUEL ESPOIR; BOUABIDI, YOUNES

Classification de thématique: Jeudi 28 mai 2026: Session de posters scientifiques des étudiants de M1

ID de Contribution: 2

Type: **Projet de M1**

Bol Tibétain

Projet de Travaux d'Études et de Recherche

Bol Tibétain

Université Claude Bernard Lyon 1

Résumé

Ce projet de Travaux d'Études et de Recherche (TER) est consacré à l'étude des mécanismes vibratoires complexes d'un bol tibétain. L'objectif principal est d'analyser ce phénomène physique à travers trois approches complémentaires : théorique, numérique et expérimentale.

L'approche analytique repose sur la modélisation du bol à l'aide d'une poutre d'Euler-Bernoulli soumise à des conditions aux limites périodiques. En parallèle, une étude modale par éléments finis réalisée sous COMSOL Multiphysics permet d'identifier les formes modales et de mettre en évidence la dégénérescence modale caractéristique des structures axisymétriques.

L'approche expérimentale repose sur deux volets complémentaires. D'une part, le traitement des signaux acoustiques par transformée de Fourier rapide (FFT) permet d'extraire les fréquences de résonance du système.

D'autre part, une visualisation des modes de vibration est réalisée via une excitation du bol en présence d'un fluide, permettant de mettre en évidence les nœuds et les ventres de vibration et de valider les formes de déformation obtenues par COMSOL Multiphysics.

Les perspectives de ce travail incluent l'étude de l'influence d'une masse ajoutée à l'intérieur du bol sur les fréquences de résonance du système.

Auteurs principaux: CHENNOUF, KHALED MEROUANE (Master 1 Mécanique); M. BESANCON, Marvin (Master 1 Mécanique)

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 3

Type: **Projet de M1**

Résumé : Oscillations dans une bouteille semi-remplie

But : étudier les oscillations dans une bouteille semi-remplie. Pour trouver un modèle simplifié, on pose deux hypothèses simplificatrices.

Hypothèse 1 : mouvement rotationnel non couplé.

Le fluide et la bouteille tournent indépendamment l'un de l'autre. Pour vérifier cette hypothèse, on a fait rouler 3 bouteilles identiques sur une pente de 4° : les résultats confirment le découplage rotationnel.

Hypothèse 2 : flux potentiel.

Le mouvement du fluide dans la bouteille immobile est décrit par un écoulement potentiel (fluide parfait, sans viscosité). Pour vérifier cette hypothèse, on a réalisé une expérience et une simulation COMSOL, puis comparé les résultats —l'accord est excellent.

Modèle mécanique.

Après avoir vérifié les deux hypothèses, on pose un modèle mécanique représentant le système comme un demi-cylindre (le fluide) monté sur roues (la bouteille). Le système est équivalent à un pendule attaché à un bloc glissant. Les équations du mouvement sont dérivées par Euler-Lagrange et donnent une pulsation d'oscillation :

$$1/\Omega^2 = (l/g) \times (I_s/(ml^2) - m/(M_{\text{eff}} + m))$$

On vérifie ensuite avec une expérience si les résultats correspondent.

Auteur principal: ATTOUI, AYA

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 4

Type: **Non spécifié**

Fascia Lata - Identification des propriétés mécaniques

Ce projet porte sur l'identification des propriétés mécaniques du fascia lata, une membrane fibreuse de la cuisse, par simulation éléments finis. Ce matériau anisotrope a un comportement différent selon que l'on tire selon les fibres longitudinales ou transverses. À l'aide du logiciel FE-Bio un modèle numérique représentatif a été construit et validé. Une loi de comportement hyperélastique d'Ogden d'ordre 1 a été identifiée à partir de données expérimentales de traction dans les directions longitudinale et transverse. L'analyse des courbes contrainte-déformation met en évidence le comportement fortement non linéaire et anisotrope du tissu. Les perspectives incluent l'introduction de lois anisotropes et d'un modèle bicouche plus représentatif de la structure du fascia lata.

Auteurs principaux: BRUT, DAPHNEE; MEYER, EVA

ID de Contribution: 5

Type: **Projet de M1**

Modélisation cardio-vasculaire par modèles de Windkessel

La circulation sanguine dans le système cardio-vasculaire humain présente une dynamique complexe liée à la nature pulsatile de l'éjection cardiaque et aux propriétés mécaniques des artères. Afin d'étudier les principales caractéristiques de cette dynamique, ce projet porte sur la modélisation simplifiée de la circulation sanguine à l'aide de modèles de Windkessel, fondés sur une analogie électro-hydraulique entre le réseau vasculaire et un circuit électrique équivalent.

Dans cette approche, la pression sanguine est assimilée à une tension électrique, le débit sanguin à un courant, les pertes visqueuses à des résistances hydrauliques et la compliance artérielle à une capacité représentant l'élasticité des parois vasculaires. Trois modèles de complexité croissante ont été étudiés : le modèle Windkessel à deux éléments (WK2), le modèle à trois éléments (WK3) intégrant une résistance caractéristique, puis le modèle à quatre éléments (WK4s) incluant une inertance sanguine afin de représenter les effets inertiels associés à l'écoulement pulsatile.

Les équations différentielles associées à ces modèles ont été résolues numériquement sous Python à l'aide de la bibliothèque SciPy. Une étude paramétrique a ensuite permis d'analyser l'influence des différents paramètres physiologiques sur la réponse en pression du système cardio-vasculaire. Les résultats obtenus mettent en évidence le rôle amortisseur de la compliance artérielle, l'influence de la résistance caractéristique sur la dynamique rapide du signal de pression, ainsi que l'effet modéré mais physiquement interprétable de l'inertance dans le modèle WK4s.

Ce travail montre que les modèles de Windkessel constituent des outils simples, efficaces et interprétables pour l'étude globale de l'hémodynamique. Malgré leur caractère simplifié, ces modèles permettent de reproduire plusieurs tendances physiologiques essentielles et offrent une base pertinente pour l'élaboration de modèles cardio-vasculaires plus complets.

Auteurs principaux: GNANGA, Loreena; AVULETEY, YAWOVI

ID de Contribution: 6

Type: **Non spécifié**

Résumé du Projet TER : Roue Tournante

Quand une roue tournante entre en contact avec un liquide visqueux, des nappes de fluides régulières peuvent apparaître à sa surface. Pour des liquides peu visqueux (tels que l'eau) [1,2], l'espacement entre les nappes est indépendant de la vitesse de rotation, mais dans le cas de liquides très visqueux (comme le miel) [3], l'espacement des nappes dépend de la vitesse de rotation de la roue.

En utilisant

uniquement du glycérol, nous avons fait varier la profondeur d'immersion de la roue afin de vérifier si le niveau d'immersion a un impact sur l'espacement de ces nappes et leur nombre. Les vitesses de rotation étudiées s'étendent de 50 à 100 tours par minute. L'analyse vidéo des nappes sur Python a permis de mesurer l'espacement de ces nappes en fonction du temps. La roue émergée montre une nette dépendance entre l'espacement des nappes et la vitesse de rotation de la roue (comme pour le régime de Moffat [3]), tout comme la roue immergée de 0.5 cm, suggérant l'apparition de l'instabilité de Rayleigh-Taylor. Pour une profondeur d'immersion de 1,5 cm, l'espacement entre les nappes ne dépend presque plus de la vitesse de rotation, montrant l'apparition d'une nouvelle instabilité similaire à celle présente dans de précédentes études du LMFA [1] et [2], appelée instabilité de Saffman-Taylor. Cette transition s'opère lorsque la roue est immergée de plus en plus profondément dans le fluide.

Auteurs principaux: PELLEGRINI-RICHARD, MATIS; GUESDON, Robin

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 7

Type: **Projet de M1**

Synchronisation d'oscillateurs couplés

Résumé

Ce sujet présente l'étude de la synchronisation d'oscillateurs couplés, réalisée dans le cadre d'un projet de Travaux d'Études et de Recherche. Le phénomène d'auto-oscillation est d'abord introduit à travers le modèle de l'oscillateur de Van der Pol, dont les propriétés caractéristiques (amortissement négatif, cycle limite et phase libre) sont mises en évidence par simulation numérique en Python.

L'étude est ensuite étendue au cas de deux oscillateurs couplés par un ressort, afin d'analyser les conditions d'apparition de la synchronisation. Il est montré que celle-ci résulte d'une interaction entre le coefficient de couplage et le paramètre de non-linéarité : un couplage suffisamment fort permet de compenser un désaccord en fréquence et de verrouiller les deux oscillateurs sur une fréquence commune. Une étude paramétrique, appuyée par une analyse spectrale via transformée de Fourier rapide, permet de définir une zone d'accrochage en fréquence cohérente avec les résultats classiques de la littérature.

Mots-clés : synchronisation, oscillateur de Van der Pol, auto-oscillation, couplage, cycle limite, analyse spectrale, simulation numérique.

Auteurs principaux: NOURRY, AURIANA; GENSANE, REBECCA

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 8

Type: **Projet de M1**

Modélisation de l'interaction Terre-Roue pour la commande des robots mobiles en zones non aménagées

Dans ce projet, on s'est intéressé à la modélisation d'un robot mobile qui se déplace sur des terrains non aménagés, comme du sable ou de la terre meuble. Le problème principal c'est que quand le sol est mou, les roues glissent et le robot ne sait plus vraiment où il est. Les modèles qu'on utilise habituellement ne prennent pas ça en compte.

On a donc construit une chaîne de quatre modèles. D'abord un modèle cinématique qui décrit le mouvement du robot sans glissement, puis un modèle dynamique basé sur les équations de Lagrange qui prend en compte les couples moteurs et l'inertie du robot. Ensuite on a ajouté un modèle d'interaction roue-sol avec la loi de Janosi-Hanamoto, qui permet de calculer la force de traction selon le type de sol. Enfin on a implémenté un observateur de glissement basé sur le courant moteur, d'après les travaux d'Ojeda et al. (2006). Tout ça a été simulé sous MATLAB.

Les résultats montrent clairement que sur sol meuble, la traction est deux fois plus faible que sur sol ferme. Sans correction, l'erreur de position du robot s'accumule rapidement à cause du glissement. Avec l'observateur, on arrive à réduire cette erreur de 68 % sans utiliser de capteur supplémentaire, juste avec le courant moteur déjà disponible.

Sur sol meuble, la roue s'enfonce progressivement dans le sol, ce qui augmente la résistance au roulement et par conséquent le courant consommé par le moteur. C'est cette augmentation de courant qui est utilisée pour détecter le glissement.

Ce projet nous a permis de voir concrètement comment les modèles théoriques se comportent en simulation, et surtout de comprendre pourquoi un robot peut se perdre aussi vite sur un terrain difficile. C'est un sujet qui touche à beaucoup d'applications réelles, et on pense que les résultats obtenus constituent une bonne base pour aller plus loin dans la correction du glissement.

Auteurs principaux: TAWAKOL, MOHAMED; HANSALI, Baroudi

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 9

Type: **Projet de M1**

Résumé de TER

Ce projet porte sur la modélisation mécanique simplifiée d'un système d'énergie éolienne aéroportée utilisant un cylindre de Magnus. L'objectif principal est d'étudier le comportement dynamique d'un cylindre en rotation, relié au sol par un câble, et soumis à plusieurs actions mécaniques : le vent apparent, la traînée aérodynamique, la portance de Magnus, le poids apparent et la tension du câble. Après avoir présenté le principe physique de l'effet Magnus, un modèle bidimensionnel est établi dans un repère polaire, en décrivant la position du cylindre par la longueur du câble et l'angle d'élévation.

Les équations du mouvement sont ensuite obtenues à partir du bilan des forces appliquées au cylindre. Le modèle prend également en compte la poussée d'Archimède, ce qui conduit à distinguer la masse réelle du système et sa masse gravitationnelle apparente. Une simulation numérique est réalisée avec Python afin d'étudier un cycle de pompage composé d'une phase de production, pendant laquelle le câble se déroule et produit de l'énergie, puis d'une phase de récupération, pendant laquelle le câble est ramené.

Deux stratégies de commande sont comparées. La première est une commande en boucle ouverte, fondée sur des valeurs imposées de tension et de spin ratio selon la phase du cycle. La seconde introduit une trajectoire de référence pour la longueur du câble, avec une correction proportionnelle de la tension. Les résultats montrent que cette trajectoire imposée permet de mieux structurer le mouvement radial, d'accélérer la récupération et d'améliorer la puissance moyenne produite dans le cas étudié. Ce travail constitue ainsi une première approche de modélisation et de commande d'un système aéroporté à cylindre de Magnus.

Auteurs principaux: MAKHLOUF, ABDERAHIM (M1 mécanique, groupe 1); BEN MARZOUGUI, IBRAHIM

Classification de thématique: Mercredi 27 mai 2026: Soutenance des projets TER des étudiants de M1

ID de Contribution: 10

Type: **Projet de M1**

Etude des instabilités d'un modèle de générateur de vapeur de centrale nucléaire

Les générateurs de vapeur des centrales nucléaires peuvent être soumis à des instabilités thermo-hydrauliques appelées Density Wave Oscillations (DWO). Ces oscillations apparaissent dans les écoulements diphasiques chauffés à la suite d'un couplage complexe entre la production de vapeur, les variations de densité et la dynamique du débit. Une mauvaise maîtrise de ces phénomènes peut entraîner des vibrations mécaniques, des dégradations des tubes d'échange et des risques de contamination radioactive du circuit secondaire.

L'objectif de ce projet est de développer un modèle thermo-hydraulique réduit permettant d'étudier l'apparition et l'évolution de ces instabilités. Le système étudié est modélisé à partir des équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie dans un canal chauffé diphasique. Un modèle de type drift-flux est utilisé afin de représenter les effets de glissement entre les phases liquide et vapeur.

Afin de réduire la complexité du problème, une approximation spatiale de l'enthalpie et du titre vapeur est introduite. La méthode des résidus pondérés associée à une projection de Galerkin permet ensuite de transformer le système d'équations aux dérivées partielles en un système dynamique non linéaire de faible dimension.

Les simulations numériques réalisées sous Python mettent en évidence les principaux mécanismes physiques responsables des oscillations thermo-hydrauliques. L'analyse de stabilité locale montre l'existence d'un état stationnaire stable vers lequel convergent les trajectoires du système. Le portrait de phase tridimensionnel illustre également le fort couplage entre effets thermiques, production de vapeur et dynamique hydrodynamique du débit.

Ce travail montre qu'un modèle réduit est capable de reproduire les comportements essentiels associés aux instabilités thermo-hydrauliques tout en conservant une structure mathématique relativement simple et adaptée à l'analyse dynamique et numérique.

Auteur principal: DIAO, DJIBRIL

Co-auteur: GOMA, MADET (Université Claude Bernard Lyon 1 - Master mécanique)

ID de Contribution: 11

Type: **Projet de L3**

Doigt Bionique

Dans le cadre du projet de fin de licence en mécanique, ce projet consiste en au dimensionnement, modélisation et la conception d'un doigt bionique commandé par un système électromécanique. L'objectif principal du projet est de reproduire le mouvement de flexion et d'extension, imitant ainsi ces deux articulations supérieures de flexion/extension, d'un doigt humain à l'aide d'un moteur piloté par une carte Arduino et d'un capteur de position.

Le projet a débuté par une phase de modélisation mécanique du doigt à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), permettant de définir les dimensions, les assemblages et le fonctionnement des différentes phalanges. Une étude de l'assemblage a également été réalisée afin d'assurer la mobilité du système et la stabilité de la structure. La fabrication du prototype a été effectuée à partir de matériaux simples disponibles en atelier, notamment grâce à une imprimante 3D, un élastique, une ficelle et d'autre matériaux très écologiques.

Le système développé repose sur un mécanisme de transmission par câble et poulie relié à un moteur électrique. Le déplacement mesuré par le capteur permet de commander automatiquement le mouvement du doigt. Le prototype obtenu est capable de se plier et de se déplier de manière contrôlée tout en présentant une certaine résistance mécanique afin de se rapprocher du comportement d'un doigt réel.

Ce projet a permis de mettre en pratique plusieurs compétences acquises au cours de la formation, notamment en conception mécanique, modélisation 3D, assemblage, programmation et intégration de systèmes mécatroniques.

Auteur principal: CORREA, Anthonella

Co-auteurs: ADRANOWICZ, Léane; GASTEL, Siloé

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 12

Type: **Projet de L3**

Joints de transmission

Ce projet tuteuré porte sur l'étude cinématique et statique de cinq mécanismes de transmission mécanique, modélisés à l'aide du logiciel MapleSim : le mécanisme à quatre barres, le mécanisme bielle-manivelle, le joint d'Oldham, le joint de Cardan et le joint de Koenig. L'objectif est de déterminer, pour chaque mécanisme, s'il est homocinétique ou non, et d'évaluer le couple moteur nécessaire pour vaincre un couple résistant imposé.

MapleSim, logiciel de simulation multi-corps développé par Maplesoft, a permis de construire graphiquement chaque mécanisme à partir de composants issus de ses bibliothèques physiques (corps rigides, liaisons pivot et glissière, capteurs de vitesse et de couple), évitant ainsi les lourds calculs analytiques.

L'analyse cinématique révèle que le mécanisme à quatre barres et le système bielle manivelle ne sont pas homocinétiques : une vitesse d'entrée constante y génère une vitesse de sortie oscillante. En revanche, le joint d'Oldham et le joint de Koenig (avec $R_1 = R_3$) transmettent un mouvement parfaitement homocinétique. Le joint de Cardan, quant à lui, introduit des fluctuations périodiques de la vitesse de sortie, caractéristiques de ce type de joint universel.

L'étude statique confirme ces observations : le couple moteur est constant pour les mécanismes homocinétiques et varie fortement en fonction de la configuration géométrique pour les mécanismes non homocinétiques. Des positions singulières (points morts à 0° et 180°) ont été identifiées pour le quatre barres et le bielle manivelle, rendant le couple indéterminé en ces configurations.

En conclusion, ce projet démontre l'intérêt de MapleSim comme outil de simulation pour la conception mécanique. Il met en évidence les critères géométriques qui conditionnent l'homocinétisme d'un mécanisme, et constitue une immersion concrète dans les exigences du dimensionnement en génie mécanique.

Auteur principal: BOUCIF, Mohammed Imad Eddine

Co-auteur: CISSE, AMY

ID de Contribution: 13

Type: **Projet de L3**

Synchronisation des oscillations

Ce projet étudie la synchronisation spontanée de deux métronomes mécaniques placés sur un support mobile (plateforme en carton reposant sur des bouteilles cylindriques). La problématique centrale est la suivante : comment le couplage mécanique d'un support mobile permet-il l'apparition d'une synchronisation stable entre deux oscillateurs ?

Après plusieurs essais infructueux (cannettes, système suspendu), le dispositif final retenu associe un carton léger et des bouteilles plastiques lisses, minimisant l'inertie et les frottements. Les métronomes, étalonnés sur une gamme de 60 à 200 BPM, sont lancés en opposition de phase. Un enregistrement audio traité sous Python permet de détecter précisément l'instant de synchronisation.

Les résultats montrent qu'un seuil critique existe en dessous de 160 BPM : l'énergie transmise au support est insuffisante pour déclencher le couplage. Au-delà, le temps de synchronisation chute de façon non-linéaire : 7,72 s à 160 BPM, 3,26 s à 184 BPM, et seulement 1,65 s à 200 BPM. La fréquence de résonance finale est systématiquement supérieure aux fréquences isolées, le Métronome 1 (lancé en premier) jouant le rôle d'oscillateur maître.

Ce projet confirme expérimentalement que le support mobile est le vecteur physique du transfert d'énergie entre oscillateurs, illustrant un mécanisme d'auto-organisation fondamental observable dans de nombreux systèmes complexes naturels et technologiques.

Auteur principal: MBENGUE, FATOU GUEYE

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 14

Type: **Non spécifié**

Résumé du projet

Le rapport présente un projet tuteuré de conception et fabrication d'une maquette pédagogique en mécanique des systèmes solides.

La maquette représente un disque en rotation autour d'un axe fixe avec une masse mobile se déplaçant dans une glissière radiale.

L'objectif est de faire le lien entre l'étude théorique vue en TD et une réalisation mécanique concrète.

Le rapport détaille le cahier des charges, les contraintes techniques, économiques et les livrables attendus.

Une étude théorique est réalisée avec le paramétrage du mouvement, la cinématique et la dynamique du système.

La maquette est composée principalement d'un bâti, d'un axe, d'un cylindre rainuré, d'une manivelle, d'une bille en acier et de plaques transparentes.

Une étude RDM vérifie que l'axe principal résiste aux efforts de flexion, cisaillement et torsion avec une sécurité suffisante.

Les pièces ont été modélisées sous CATIA puis fabriquées principalement par impression 3D en PLA.

L'assemblage a nécessité quelques adaptations, comme l'ajout de cales, le limage des supports et le collage de certaines pièces.

Finalement, la maquette fonctionne correctement et permet d'observer la rotation du disque, le déplacement radial de la bille et l'effet centrifuge.

Auteur principal: EL KHOURY, KEVIN

ID de Contribution: 15

Type: **Projet de L3**

projet: l'effet Windkessel

Dans notre projet, nous avons étudié l'effet Windkessel, qui correspond au rôle des artères élastiques dans la circulation sanguine. Le but était de comprendre comment la souplesse des artères permet d'amortir les pulsations du cœur et de rendre le débit sanguin plus continu.

Pour cela, nous avons réalisé un montage expérimental avec une pompe péristaltique simulant le cœur, un réservoir d'eau, un tuyau en PVC et un ballon en latex. Le PVC représentait une artère rigide tandis que le ballon représentait une artère souple et élastique.

Nous avons fait varier la tension d'alimentation de la pompe afin de modifier la puissance du débit, puis nous avons observé le comportement du flux dans les deux configurations. Sans ballon, avec uniquement le tuyau en PVC, le débit était très pulsé et irrégulier. En revanche, avec le ballon en latex, le flux devenait beaucoup plus régulier car le ballon absorbait une partie des variations de pression avant de les restituer progressivement.

Nous avons ensuite étudié la compliance des matériaux, définie par la relation :

$$C = P/V$$

Les résultats montrent que le latex possède une compliance largement supérieure à celle du PVC, environ 30 000 fois plus grande. Cela confirme que le latex se comporte comme une artère saine capable d'amortir les pulsations, alors que le PVC reproduit plutôt le comportement d'artères rigidifiées.

Ce projet nous a permis de mieux comprendre le lien entre la mécanique des fluides et la physiologie cardiovasculaire, notamment dans le cas de l'hypertension artérielle où les artères deviennent moins souples. Grâce à cette expérience simple mais très visuelle, nous avons pu illustrer concrètement l'importance de la compliance artérielle dans la régulation du débit sanguin.

Auteur principal: Mlle BOUSSO, Nene Goube

Co-auteurs: M. KHATER, Ricardo; NDIAYE, Babacar

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 16

Type: Non spécifié

Simulation d'un vol d'un objet orbitale

Résumé du Projet

Simulation Numérique du Lancement d'une Fusée et de Son Insertion Orbitale

Université Claude Bernard Lyon 1 — Licence 3 Mécanique

Auteurs : David Vargas, Rashed Tlas, Pouya Nasimi

Objectif

Développer une simulation numérique 2D, en Python, du lancement d'une fusée à deux étages depuis la surface terrestre jusqu'à son injection translunaire, en passant par une orbite terrestre basse (LEO) circulaire stable.

Modèle physique

La fusée est modélisée comme une masse ponctuelle dans un référentiel géocentrique inertiel, soumise à la gravité terrestre, à la poussée des moteurs et à une perturbation gravitationnelle lunaire. La dynamique est régie par la deuxième loi de Newton, couplée à l'équation de Tsiolkovski pour la consommation de propergol. Le système est intégré par la méthode **Runge-Kutta d'ordre 4 (RK4)**, avec une erreur globale $\mathcal{O}(\Delta t^4)$.

Phases simulées

1. **Ascension verticale** — premier étage allumé ($T_1 = 5,5$ MN, $I_{sp1} = 310$ s).
2. **Virage gravitationnel** — basculement initial de $0,1$ rad à $h = 5$ km, puis courbure naturelle de la trajectoire.
3. **Séparation des étages** à $t = 290$ s (largage de $10\,000$ kg).
4. **Combustion du second étage** ($T_2 = 400$ kN, $I_{sp2} = 370$ s) jusqu'à l'orbite de transfert.
5. **Circularisation** à l'apogée détectée par dichotomie ($v_r = 0$), via une impulsion prograde calculée par l'équation des forces vives (vis-viva).
6. **Injection translunaire (TLI)** — seconde impulsion prograde dont l'apogée intercepte l'orbite lunaire.

Méthodes numériques clés

- Intégrateur **RK4** pour la propagation orbitale.
- **Dichotomie** pour la détection précise de l'apogée et du point d'allumage TLI ($|d_2 - d_1| < 10^{-2}$ s).
- **Équation vis-viva** pour le calcul des Δv de circularisation et de transfert.
- **Changement de référentiel** géocentrique $\rightarrow$ sélénocentrique pour visualiser l'approche lunaire.

Validation physique

- Vitesse radiale $v_r \approx 0$ après circularisation $\rightarrow$ orbite stable.
- Produit scalaire $\hat{v} \cdot \hat{r} \approx 0 \rightarrow$ vitesse perpendiculaire au rayon, orbite bien circulaire.
- Trajectoire translunaire atteignant correctement le voisinage de la Lune.

Limites du modèle

Absence de traînée atmosphérique, modèle 2D, pas de rotation terrestre, impulsions instantanées, pas de perturbations solaires, pas de contrôle d'attitude.

Conclusion

La simulation reproduit fidèlement les trois grandes phases d'une mission Terre–Lune (ascension, mise en orbite LEO, injection translunaire) et démontre la pertinence des méthodes numériques classiques (RK4, dichotomie) pour l'étude de la mécanique orbitale. Le projet constitue une base extensible vers une modélisation 3D avec atmosphère, perturbations multiples et guidage actif.

Auteur principal: VARGAS BAEZ, DAVID

ID de Contribution: 17

Type: **Projet de L3**

Projet Moteur Stirling

Notre objectif est de comprendre le fonctionnement puis de fabriquer une maquette de Moteur Stirling à partir de matériaux de récupération.

Nous expliquons donc le fonctionnement de ce type de moteur ainsi que la démarche de réalisation de la maquette. Nous exposons aussi les difficultés rencontrées lors de la construction et les solutions mises en place pour y remédier.

Auteur principal: GROUILLE, MARIN

Co-auteur: VERNOUX, TITOUAN

Classification de thématique: Jeudi 28 mai 2026: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 18

Type: **Projet de L3**

Conception et modélisation d'un escalier escamotable articulé sous SOLIDWORKS

Ce projet tuteuré porte sur la conception et la modélisation d'un escalier escamotable permettant l'accès à un grenier depuis un couloir de passage. La contrainte principale est que l'escalier ne peut pas rester en place en permanence, afin de ne pas gêner la circulation. Le système doit donc pouvoir être déployé pour l'utilisation, puis rangé de manière compacte.

Après comparaison de plusieurs solutions, comme un escalier télescopique, un mécanisme à pantographe ou un système pivotant, nous avons retenu une solution articulée composée d'une plaque fixe, d'une plaque mobile et de trois marches pivotantes. Cette architecture permet d'obtenir un bon compromis entre compacité, simplicité de fonctionnement et rigidité.

La modélisation a été réalisée sous SOLIDWORKS. Une attention particulière a été portée aux liaisons pivot des marches. Les marches sont réalisées en érable, tandis que les axes de rotation sont métalliques. Des bagues lisses en POM sont ajoutées afin de limiter le frottement, protéger le bois et améliorer la durabilité du mécanisme.

Le dimensionnement des marches a été réalisé en tenant compte de la loi de Blondel, avec une hauteur de marche de 220 mm et un giron de 200 mm. Une vérification mécanique a également été menée afin de contrôler la tenue des marches sous la charge d'un utilisateur.

Ce travail a permis de proposer une solution fonctionnelle, compacte et mécaniquement cohérente pour un escalier escamotable adapté à un espace restreint.

Auteurs principaux: CHINYAYEV, AMIR; M. LEMBO, DEO; NID HAMMOU, YOUNES

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 19

Type: **Projet de L3**

Balance Aérodynamique

Dans ce projet, nous avons étudié la possibilité d'utiliser une **balance aérodynamique** combinée à un traitement d'image pour mesurer la vitesse d'un écoulement d'air, afin de déterminer si ce dispositif pouvait constituer une alternative au tube de Pitot.

Pour cela, nous avons d'abord établi un modèle théorique basé sur les forces appliquées à une balle suspendue dans un écoulement : le poids, la tension du fil et la force de traînée. En reliant l'angle de déviation de la balle à la force exercée par l'air, nous avons pu exprimer la vitesse de l'écoulement à partir de cet angle.

Nous avons ensuite comparé plusieurs objets sphériques afin de choisir celui qui respectait le mieux les conditions du modèle. Le choix c'est fait sur une balle de babyfoot, car elle correspondait le mieux aux critères imposés, par rapport au nombre de Reynolds et à l'angle de dérivation que son poids produisait.

Dans la partie expérimentale, nous avons conçu un support adapté à la soufflerie, puis réalisé des mesures en filmant la déviation de la balle. L'angle a été mesuré à l'aide du logiciel Fiji, avant d'être utilisé pour calculer la vitesse de l'air. Les résultats obtenus ont ensuite été comparés aux vitesses expérimentales mesurées.

Les résultats montrent la cohérence du principe physique, tel que lorsque l'angle de déviation augmente, la vitesse calculée augmente également. Cependant, des écarts importants apparaissent entre les vitesses calculées et les vitesses expérimentales.

Ainsi, à la fin de notre étude, nous constatons que la balance aérodynamique ne peut pas remplacer directement le tube de Pitot. Mais, elle constitue néanmoins une piste intéressante, car elle repose sur un principe physique différent, et qu'elle possède un potentiel d'optimisation important.

Auteurs principaux: HELLEL, MENAD; LAHOUAR, SAFA; EL ABBADI, SANAA

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3

ID de Contribution: 20

Type: **Projet de L3**

Projet "Maquette Mécanique des Solides"

Ce projet a pour objectif de créer un support pédagogique destiné aux étudiants de L2 mécanique. En effet, les exercices de cinématique du solide sont souvent difficiles à comprendre à partir de schémas fixes, car ils demandent de visualiser des mouvements dans l'espace. L'idée du projet est donc d'utiliser la simulation numérique pour rendre ces mouvements plus clairs et plus accessibles.

Le logiciel choisi est OpenModelica, utilisé à travers son interface graphique OMEdit. Ce logiciel permet de construire des modèles mécaniques à l'aide de blocs représentant des solides, des liaisons, des repères et des commandes de mouvement. Cette approche est particulièrement adaptée au projet, car elle permet de passer d'un exercice théorique à une animation dynamique.

Trois simulations ont été réalisées. La première porte sur un système composé d'une barre et d'une plaque carrée mobile. Le mouvement, constitué de deux rotations et d'une translation, est d'abord décomposé en mouvements simples, puis recombinaison progressivement afin de faciliter sa compréhension. La deuxième simulation étudie un disque roulant sans glissement sur un plan incliné. Elle permet de relier les équations théoriques du roulement sans glissement à une visualisation concrète du mouvement. Enfin, la troisième simulation concerne un élévateur de charge, représentant un cas plus proche d'un mécanisme réel et combinant plusieurs mouvements.

Ce projet montre ainsi que la simulation numérique peut compléter efficacement les méthodes classiques utilisées en TD. OpenModelica ne remplace pas les calculs, mais il permet de mieux visualiser les systèmes étudiés, de comprendre le rôle des liaisons mécaniques et de faire le lien entre théorie et mouvement réel.

Auteurs principaux: KARAM, CHRISTOPHER; NGAMBA NGALA, Dalvercia; MOHAMED, Idriss Mohammedi

ID de Contribution: 21

Type: Non spécifié

Résolution numérique des équations de la mécanique du vol d'un Aéronef

Ce projet de Licence 3 Mécanique (UCBL Lyon 1) porte sur la résolution numérique des équations de la mécanique du vol longitudinal d'un avion de chasse, le Douglas A-4D. L'objectif est de simuler le comportement de l'aéronef après une perturbation du pilote (changement de braquage de la gouverne de profondeur). Le mouvement longitudinal est décrit par un système de cinq équations différentielles couplées et non linéaires portant sur la vitesse V_a , la pente aérodynamique γ_a , le taux de tangage q , l'assiette longitudinale θ et l'altitude h . La résolution débute par un schéma d'Euler explicite simple, puis progresse vers Runge-Kutta d'ordre 2 et enfin d'ordre 4 (RK4), nettement plus précis. Les conditions limites sont déterminées en calculant l'incidence stabilisée α_{stab} par dichotomie et la pente aérodynamique stabilisée γ_{stab} par la méthode de Newton-Raphson. La masse volumique de l'air est modélisée via le modèle ISA et la pesanteur évolue avec l'altitude. Les valeurs stabilisées obtenues sont : $V_a \approx 232,2$ m/s, $h \approx 12\,519$ m, $\gamma_a \approx 0$ rad, confirmant un retour en vol en palier. La fréquence du mode phugoïde est extraite par transformée de Fourier rapide (FFT) et vaut environ 0,0108 Hz, cohérente avec l'approximation de Lanchester. La constante d'amortissement τ est déterminée par régression exponentielle sur les minima de vitesse et vaut environ 402 s. L'étude paramétrique montre que τ décroît fortement à haute altitude en raison de la diminution de la densité de l'air. En fonction de la vitesse initiale, τ présente un maximum autour de 203 m/s, point où l'amortissement est le plus lent. La fréquence phugoïde est indépendante de l'altitude initiale, conformément à la formule de Lanchester, et ne devient détectable par FFT qu'au-delà de $V \approx 289$ m/s. Quelle que soit la perturbation initiale, l'avion converge toujours vers le même point d'équilibre en vitesse (≈ 232 m/s) et en altitude ($\approx 12\,520$ m), validant la stabilité naturelle du mode phugoïde. Le projet conclut que le Douglas A-4D est intrinsèquement stable longitudinalement et que le programme développé est directement adaptable à d'autres aéronefs.

Auteur principal: LEMAIRE, ADRIEN (licence mécanique)

Classification de thématique: Vendredi 29 mai: Soutenances des projets de L3