

Stabilité d'un système grâce au phénomène de précession

Les enjeux industriels actuels se situent en très grande partie dans l'automatisation et dans les systèmes autonomes. La stabilité est un enjeu majeur dans ce contexte. Notre choix s'est donc porté sur l'aide que le phénomène de précession (utilisé avec un asservissement) peut apporter pour stabiliser un système soumis à des perturbations aléatoires comme l'ont fait les créateurs de

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

Liste des membres du groupe :

- LOUISET Robin
- OULD AMAJAR Emile

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Stabilisation</i>	<i>Stabilisation</i>
<i>Gyroscope</i>	<i>Gyroscope</i>
<i>Précession</i>	<i>Precession</i>
<i>Solide en rotation</i>	<i>Rotating solid</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Regulation</i>

Bibliographie commentée

De nos jours, les domaines d'étude tels que l'autonomisation des systèmes, l'optimisation de leur performance, représentent de grands enjeux industriels. De nombreuses entreprises telles que Lit C1 Motors, Honda ont développé des projets visant à stabiliser un véhicule à deux roues à l'aide de volant d'inertie, de manière à ce qu'ils répondent le mieux possible aux aléas routiers tels que le verglas, la pluie ou le choc. Le gyroscope est un outil ayant des propriétés utiles à la stabilisation d'un système oscillant comme l'effet de précession [1] [2] [3]. Les gyroscopes se distinguent en deux catégories, les gyroscopes déséquilibrés et les gyroscopes équilibrés, ils réagissent de manière différentes [5].

Leur étude nous donne une première approche du problème et ainsi nous permet de faire une modélisation d'un système utilisant ce mécanisme.

Dans certains domaines, la stabilisation est entièrement déterminée par un ou plusieurs gyroscopes qui compensent le moment du véhicule. Des rotations d'axes différents de l'axe propre entraîne des moments de précession qui sont utilisés pour cette stabilisation.

Plus en détails, dans les prototypes développés récemment, ce genre de véhicule motorisé est stabilisé par la précession d'un gyroscope contenant un volant d'inertie possédant une grande inertie tournant à haute vitesse [4]. Lorsque le cadre du véhicule subit un moment, un autre

moment opposé permet de ramener le véhicule dans sa position initiale. Lorsque le cadre du véhicule est déplacé de sa position normale, des capteurs activent un moteur qui entraîne un effet de précession.

Problématique retenue

Le genre de véhicule proposé par les industries de ce type sont composées de deux volants d'inertie et d'un asservissement. Nous avons pourtant vu qu'un gyroscope était un système permettant d'équilibrer naturellement un système, et qu'un seul volant d'inertie suffisait.

D'où proviennent donc ces choix ?

Objectifs du TIPE

- 1) Mise en place du problème et approche théorique
- 2) Réalisation expérimentale d'un système
- 3) Mise en évidence des possibilités et des limites

Références bibliographiques

- [1] SUMMERS THOMAS O : Véhicule gyro-stabilisé : *Brevet US 3410357 A*
- [2] BRANDON BASSO, DANIEL KEE YOUNG KIM : Véhicule gyro-stabilisé à deux roues : *Brevet WO 2013130656A1*
- [3] GILBERT GASTEBOIS : Théorie gyroscope : http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/gyroscope/theorie_gyroscope.pdf
- [4] STEPHEN C SPRY, ANOUCK R. GIRARD : Gyroscopic Stabilization of Unstable Vehicles configurations dynamics and control : https://www.researchgate.net/publication/228902469_Gyroscopic_Stabilization_of_Unstable_Vehicles_configurations_dynamics_and_control
- [5] M. BERTIN, J.P. FAROUX, J. RENAULT : Mécanique 1 et 2 : *Dunod, 1994*

Stabilisation d'un véhicule deux roues à l'aide des effets gyroscopiques

Les véhicules deux roues habituels souffrent tous plus ou moins de problèmes d'instabilité dus à la gravité (inévitablement...)

De nombreux véhicules-concept font le choix d'une ou une autre solution pour les résoudre, dont parmi elles, la stabilisation gyroscopique; que nous avons choisi d'étudier, car c'est une solution a priori facile à mettre en oeuvre, au prix d'une étude théorique plus approfondie, mais à notre portée.

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

Liste des membres du groupe :

- *LOUISET Robin*
- *PENNAMEN Thomas*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Stabilisation dynamique</i>	<i>Dynamic stabilisation</i>
<i>Gyroscope</i>	<i>Gyroscope</i>
<i>Précession</i>	<i>Precession</i>
<i>Solide en rotation</i>	<i>Rotating Solid</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Regulation</i>

Bibliographie commentée

De nombreux systèmes ont la particularité de ne pas pouvoir prendre appui sur un solide de référence, et donc d'être contraints dans leur orientation, comme un véhicule deux-roues selon l'axe passant par les deux roues, ou de manière plus frappante, un satellite en orbite autour de la Terre, selon ses trois axes de rotation[5].

De nombreuses solutions existent pour pallier ce problème, comme le yo-yo, le pilotage par jets de gaz, ou l'actionneur gyroscopique[5]; cette dernière solution a l'avantage d'être applicable à la fois dans l'espace, à des satellites[5], sur Terre à des véhicules deux-roues[3], ou sur mer à des bateaux[4].

Ainsi une moto équipée de volants d'inertie à axes variables peut se maintenir en équilibre à faible vitesse voire même à l'arrêt[3], chose impossible habituellement. Cependant, l'implémentation d'un tel système d'équilibrage chez les deux roues ne se retrouve dans des véhicules-concept.

En principe, le couple de précession produit par un gyroscope quand on lui impose une rotation selon un axe impropre [1] permettrait de modifier l'orientation d'un système isolé de l'extérieur.

Ce gyroscope serait alors piloté par un ordinateur ayant connaissance des paramètres du système[3] et des orientations des diverses pièces du système[6], qui appliquerait la bonne rotation, au bon moment, au gyroscope. On retient le choix du pilotage par deux gyroscopes chez le véhicule de Lit Motors, C1 [7].

Problématique retenue

La stabilité d'un système deux-roues gyrostabilisé dépend entièrement de la commande fournie au moteur de pilotage du gyroscope, elle sera donc l'objet principal de notre étude

Objectifs du TIPE

Disposer d'une ébauche du système pour permettre la mise équation et la réalisation concrète.

Mettre en équation le système, pour permettre une simulation sur Python.

Créer un modèle sur SolidWorks, vérifier la cohérence avec la simulation python, et prototyper l'asservissement du moteur pilote.

Concevoir une maquette permettant de vérifier de vérifier la réalité de notre étude théorique, de disposer d'un modèle de référence.

Références bibliographiques

[1] KURT MAGNUS : Le Gyroscope, Le gyroscope symétrique : 1983, <http://materiel-physique.ens-lyon.fr/BDD/job/BDD/Notices/N080-011.pdf>

[2] KURT MAGNUS : Le Gyroscope, Les appareils gyroscopiques : 1983, <http://materiel-physique.ens-lyon.fr/BDD/job/BDD/Notices/N080-011.pdf>

[3] LIT MOTORS C1 : FAQ (Concepteurs d'un véhicule-concept gyrostabilisé) : 2016, <http://litmotors.com/faq/>

[4] RICHARD FEYNMAN, MICHAEL GOTTLIEB : Feynman's Tips on Physics, A ship stabilizing gyroscope : 2013, Hachette UK

[5] AUTEURS VARIÉS : Control Moment gyroscope (A propos d'un système de contrôle de direction, dans le cas des satellites) : Mars 2017, https://en.wikipedia.org/wiki/Control_moment_gyroscope

[6] ARDUINO LLC : MPU6050 (Utilisation du Gyromètre Acceleromètre MPU6050 sur un Arduino ATmega328) : <http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>

[7] DANIEL KIM : Lit Motors Gyro Techno (maquette par le fondateur de Lit Motors) : 2011, <https://www.youtube.com/watch?v=68ixyfa0l84>

La préhension par le vide grâce à l'effet Venturi

Durant une séance de travaux pratiques en laboratoire, j'ai pu appréhender le fonctionnement du générateur de vide d'une « capsuleuse ». La méconnaissance, la complexité et la large exploitation dans l'industrie de ce système ont conforté ma curiosité. J'ai donc décidé de centrer mon travail sur l'étude du tube à Venturi et plus particulièrement sur l'optimisation de ses performances et les choix qu'imposent les contraintes de sa conception. L'exploration de ce sujet s'avère d'autant plus enrichissante puisqu'elle permet l'approfondissement et l'utilisation des notions de mécanique des fluides.

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

Liste des membres du groupe :

- *DELATTRE Marie*

Positionnement thématique

PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Générateur de vide à effet Venturi</i>	<i>vacuum generator Venturi</i>
<i>Géométrie de buse</i>	<i>Nozzle geometry</i>
<i>Mécanique des fluides numérique (MFN)</i>	<i>Computational fluid dynamics (CFD)</i>
<i>Technologie de manutention</i>	<i>Handling technology</i>
<i>Rendement énergétique</i>	<i>Energy efficiency</i>

Bibliographie commentée

Présente dans de nombreux secteurs d'activité, la technique du vide garantit une circulation simple et efficace des marchandises. L'automatisation accrue de l'industrie a participé à son développement. Cette technologie est particulièrement abondante dans les systèmes de manutention industrielle réalisant souvent, par l'intermédiaire de ventouses, des tâches de levage insoutenables pour l'homme [1]. Tout système de préhension par le vide exige une approche en 3 étapes :

- Définir les ventouses et leurs fixations en fonction de la pièce à saisir, des déplacements à lui donner, du type de pièce (étanche ou poreuse), des efforts à vaincre, des cadences ;
- Sélectionner le générateur de vide en fonction des ventouses, du type de pièce (étanche ou poreuse), des temps de réponse à satisfaire ;
- Prévoir les composants complémentaires pour raccorder, alimenter et piloter l'installation [2].

La préhension par le vide grâce à l'effet Venturi constitue un moyen parmi d'autres de générer du vide. L'effet Venturi (du nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi) est le nom donné à un phénomène de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se retrouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation. Ce principe physique est une conséquence du théorème de Bernoulli et est utilisé ici pour créer une dépression et ainsi réaliser l'aspiration désirée.

L'ouvrage [3] nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les systèmes pneumatiques et ainsi lors de nos recherches comprendre facilement les nombreux schémas, les conventions de représentation et le vocabulaire spécifique à ce domaine.

À vocation industrielle, les constructeurs cherchent avant tout à rendre ce système plus performant et économique. Dans le but de réduire les coûts de production des industriels [1,2,4], de nombreux progrès restent envisageables dès sa conception. C'est pourquoi nous avons choisi ce thème et spécifiquement l'idée d'améliorer un système en réalisant un prototype et en comparant ses performances (temps de vidange, consommation, rendement, masse maximale pouvant être soulevée...) à celles d'un venturi commercialisé, un venturi témoin [4]. L'objectif est d'optimiser certaines caractéristiques de notre modèle simpliste afin de le doter de caractéristiques avantageuses.

Autrefois pour dessiner et dimensionner des pièces aussi complexes seulement deux options s'offraient aux ingénieurs : le calcul à la main, les prototypes et les expériences qui impliquaient une longue phase d'étude avant la commercialisation. [5] nous a fourni une approche plus moderne de notre problématique d'optimisation d'un générateur de vide. Désormais, des techniques telles que la Mécanique des fluides numérique (MFN) et l'impression 3D permettent une productivité grandissante. La conception des tubes à venturi est plus facilement adaptable à chaque utilisation et la fabrication est plus rapide et économique.

Problématique retenue

Partant d'un modèle simpliste de venturi, il est possible de l'améliorer [5,6,7] en essayant de répondre à un cahier des charges de plus en plus exigeant. La validation d'un projet est confortée par des analyses numériques assurant un fonctionnement relativement optimal à l'écran, que l'on comparera à un venturi témoin.

Objectifs du TIPE

Ayant ici pour application la manutention d'objets plus ou moins lourds, le dispositif du tube à venturi doit pouvoir supporter les actions mécaniques s'exerçant sur l'objet soulevé afin d'éviter toute détérioration.

Je me propose premièrement d'analyser le fonctionnement du tube à venturi (mise en équation). Ensuite, avec mon binôme, nous avons procédé à sa conception et je me suis alors intéressé à la

validation du projet grâce à l'utilisation de la mécanique des fluides numérique. Enfin, après l'impression 3D, il s'agira de mener des expériences pour confronter notre modèle aux résultats de la simulation numérique et à un venturi industriel.

Références bibliographiques

- [1] J. SCHMALZ : Technique du vide pour l'automation : <https://www.schmalz.com/fr/systemes-de-manutention>
- [2] COVAL VACUUM MANAGERS : Guide de la préhension par le vide : <https://www.coval.fr/technique-du-vide/>
- [3] S. MORENO, E PEULOT : La pneumatique dans les systèmes automatisés de production – Technique du vide : *Editions Casteilla, 2001*
- [4] SMC PNEUMATICS : Fiche du Venturi étudié, catalogue : *ZH07BS-01-01 vacuum ejector, ZH VACUUM EJECTOR*. <http://www.smc-pneumatics.com/ZH07BS-01-01.html>
- [5] DR.-ING. HARALD KUOLT : Optimization of pneumatic vacuum generators - heading for energy-efficient handling processes : *10th International Fluid Power Conference, 2016, Glatten, Germany*. http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/20053/1_1-3_PDF_A_Optimization%20of%20pneumatic%20vacuum%20generators%20-%20heading%20for%20energy-efficient%20handling%20processes.pdf
- [6] IQVALVES : Venturi vacuum generators, what they are and how to design them into your system : *425 West Drive, Melbourne, 2011*. <http://www.iqvalves.com/article.aspx>
- [7] FRANK E., SCHIMA : Production efficient venturi insert : *US 6024129 A, 15 février 2000*. <https://www.google.com/patents/US6024129>

Préhension par le vide grâce à l'effet Venturi

Ayant particulièrement apprécié le cours sur la mécanique des fluides, j'étais curieuse de voir une application d'un des phénomènes étudiés. En particulier, l'effet Venturi est utilisé dans les techniques de préhension par le vide, présentes dans les chaînes industrielles pour la manutention de produits. L'objectif est ainsi de construire un système de préhension par le vide utilisant un tube de Venturi. Pour répondre aux différentes contraintes auxquelles est soumis le système, il sera nécessaire de faire des choix pour ainsi tenter d'optimiser le mécanisme créé.

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

Liste des membres du groupe :

- *PESQUEUX Simon*

Positionnement thématique

PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Technologie de manutention</i>	<i>Handling technology</i>
<i>Mécanique des fluides numérique (MFN)</i>	<i>Computational fluid dynamics (CFD)</i>
<i>Effet Venturi</i>	<i>Venturi effect</i>
<i>Capacité d'aspiration</i>	<i>Suction capacity</i>
<i>Générateur pneumatique de vide</i>	<i>Pneumatic vacuum generator</i>

Bibliographie commentée

Présente dans de nombreux secteurs d'activité, la technique du vide garantit une circulation simple et efficace des marchandises. L'automatisation accrue de l'industrie a participé à son développement. Cette technologie est particulièrement abondante dans les systèmes de manutention industrielle réalisant souvent, par l'intermédiaire de ventouses, des tâches de levage insoutenables pour l'homme [1]. Tout système de préhension par le vide exige une approche en 3 étapes :

- Définir les ventouses et leurs fixations en fonction de la pièce à saisir, des déplacements à lui donner, du type de pièce (étanche ou poreuse), des efforts à vaincre, des cadences ;
- Sélectionner le générateur de vide en fonction des ventouses, du type de pièce (étanche ou poreuse), des temps de réponse à satisfaire ;
- Prévoir les composants complémentaires pour raccorder, alimenter et piloter l'installation [2].

La préhension par le vide grâce à l'effet Venturi constitue un moyen parmi d'autres de générer du vide. L'**effet Venturi** (du nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi) est le nom donné à un phénomène de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se retrouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation. Ce principe physique est une conséquence du théorème de Bernoulli et est utilisé ici pour créer une dépression et ainsi réaliser l'aspiration désirée.

L'ouvrage [3] nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les systèmes pneumatiques et ainsi lors de nos recherches comprendre facilement les nombreux schémas, les conventions de représentation et le vocabulaire spécifique à ce domaine.

À vocation industrielle, les constructeurs cherchent avant tout à rendre ce système plus performant et économique. Dans le but de réduire les coûts de production des industriels [1,2,4], des nombreux progrès restent envisageables dès sa conception.

C'est pourquoi nous avons choisi ce thème et spécifiquement l'idée d'améliorer un système en réalisant un prototype et comparant ses performances (temps de vidange, consommation, rendement, masse maximale à soulever...) à celles d'un venturi commercialisé, un venturi témoin.[5] L'objectif est d'optimiser certaines caractéristiques de notre modèle simpliste afin fournir des qualités particulières à notre venturi.

Le document [6] fournit une approche plus moderne de notre problématique d'optimisation d'un générateur de vide. Autrefois pour dessiner et dimensionner des pièces aussi complexes seulement deux options s'offraient aux ingénieurs : le calcul à la main et les prototypes, expériences qui impliquaient une longue phase d'étude avant la commercialisation. Des techniques modernes tels que la Mécanique des fluides numérique (MFN) et l'impression 3D ont permis non seulement une efficacité accrue en créant des modèles spécialement adaptés à chaque utilisation mais également une fabrication plus rapide et plus économique.

Problématique retenue

Partant d'un modèle simpliste de venturi, il est possible de l'améliorer [6,7] en essayant de répondre à un cahier des charges de plus en plus exigeant. La validation d'un projet est confortée par des analyses numériques assurant un fonctionnement relativement optimal à l'écran, que l'on comparera à un venturi témoin.

Objectifs du TIPE

Dans ce TIPE je me propose de :

- dessiner le prototype (solidworks) avec en particulier un raisonnement sur la géométrie.
- faire une étude de Mécanique des fluides numérique (logiciel simscale).
- réaliser l'impression 3D.

- élaborer des expériences permettant de quantifier et de mesurer l'efficacité de notre modèle, et du venturi témoin : pourcentage de vide, rendement, temps de vidange..
- comparer nos résultats à ceux trouvés dans les catalogues d'outillages professionnels.[5]

Références bibliographiques

- [1] J. SCHMALZ : Technique du vide pour l'automation : <https://www.schmalz.com/fr/systemes-de-manutention>
- [2] COVAL : Coval vacuum managers : Guide de la préhension par le vide. : <https://www.coval.fr/technique-du-vide/>
- [3] S. MORENO, E PEULOT : La pneumatique dans les systèmes automatisés de production ,Technique du vide : *Editions Casteilla, 2001*
- [4] IQVALVES : Venturi vacuum generators, what they are and how to design them into your system, : <http://www.iqvalves.com/article.aspx>
- [5] SMCPNEUMATICS ZH07BS : Fiche du Venturi étudié, catalogue : <http://www.smc-pneumatics.com/ZH07BS-01-01.html>
- [6] DR.-ING. HARALD KUOLT : 10th International Fluid Power Conference : *2016, Glatten, Germany, Optimization of pneumatic vacuum generators - heading for energy-efficient handling processes*
- [7] FRANK E. SCHIMA : Production efficient venturi insert, US 6024129 A : *15 février 2000.* <https://www.google.com/patents/US6024129>

Étude de portance et optimisation de la stabilité d'un foil

Ayant vu les foils pour la première fois au Vendée Globe et intrigué par le concept, j'ai décidé de les étudier. Cette technologie, de plus en plus utilisée dans le nautisme, s'avère prometteuse car elle permet de diminuer considérablement les forces de frottement hydrodynamiques. Cependant, certains profils de foil s'avèrent contraignant, car ils mettent en péril la stabilité. Le choix d'un asservissement s'impose alors. Nous nous proposons donc de construire nos propres foils, d'appréhender différents profils, et de les installer sur une maquette dont nous optimiserons la stabilité.

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

Liste des membres du groupe :

- *SCAFARTO Gregory*

Positionnement thématique

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Hydrofoils</i>	<i>Foils</i>
<i>Stabilité</i>	<i>Stability</i>
<i>Hydrodynamique</i>	<i>Hydrodynamic</i>
<i>Portance</i>	<i>Lift</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Feedback control</i>

Bibliographie commentée

Au vue de la diminution des ressources fossiles, et dans un objectif économique, les bateaux actuels doivent se voir optimisés: en effet la coque présente une résistance à l'avancement trop importante, il est nécessaire de diminuer la surface immergée. C'est dans cette optique que les foils se sont développés ces dernières années; ces protubérances situés sous le bateau ont pour but d'augmenter la portance et donc de diminuer la force de traînée et de faite la résistance à l'avancement. Ils sont utilisés par les bateaux (aussi bien a voile qu'à moteur) mais également par les planches de surf, planches a voiles ... (ainsi le kite surf se voit optimisé en kitefoil [8]). Les bateaux à foils sont regroupés en 2 catégories : les hydroptères et les foilers. Les premier se distinguent par leur capacité à sortir complètement leur coque de l'eau (les moths, catamarans par exemple), alors que les seconds cherchent juste a optimiser la surface immergée. (les voiliers du Vendée Globe) [1]

Le principe du foil est basé sur celui de l'aile d'avion. La différence de vitesse entre l'extrados (partie supérieur de l'aile) et l'intrados (partie inférieur de l'aile) permet l'apparition d'une force de portance, d'après le théorème de Bernoulli appliqué a ligne de fluide stationnaire. ([2] et [3]). Les coefficients de portance et de traînée d'un profil sont déterminés en soufflerie et référencés dans une

banque de données universelle [4]: ils dépendent à la fois de sa géométrie, de son angle d'attaque, et du nombre de Reynolds du fluide dans lequel le foil est immergé. Les formes se différencient par leur cambrure, leur longueur de corde, leur épaisseur (ex symétrique) qui permettent d'obtenir différentes caractéristiques (portance, stabilité) qui s'adaptent à utilisation demandée. Il faut aussi différencier les différents types ; les deux principaux sont les foils et V (ou J) et les foils en T [1]. Le foils en V, premier avoir été construit, présente l'avantage d'être un système simple, auto stable, rétractable facilement [5]. Cependant il est sujet à la cavitation, (création de bulle d'air à la surface du foil immergé du à la variation de pression locale) et à la ventilation, (une aspiration d'air le long de l'extrados due à la dépression locale), qui entraîne une perte de portance momentanée, et a long terme fragilise les foils [5]. C'est pour contrer ces phénomènes que le foil en T a été développés: il présente aussi l'avantage d'être plus résistant et de par sa profondeur, moins sensible aux variations de surface. Cependant, il nécessite un asservissement préalable, qui diffère selon les bateaux. Les moths, par exemple, s'asservissent automatiquement, par l'intermédiaire d'un système mécanique. Les Kitesfoils, en revanche, nécessitent l'intervention du pilote, pour réguler l'angle d'attaque du foil. Enfin, certains catamarans nécessitent une assistance électrique ou/et pneumatique [6][7].

Problématique retenue

En vue d'augmenter les performances des bateaux à foils (optimisation de la vitesse, des coûts énergétiques), deux axes d'étude s'imposent: l'amélioration du profil du foil, à savoir la forme et le type associé, ainsi que la mise en place d'un asservissement de l'angle d'attaque par le biais d'une carte arduino.

Objectifs du TIPE

- 1_ Construction de différents modèles et du système d'étude
- 2_ Expérimentation et choix du foil répondant aux exigences attendues
- 3_ Asservissement dans le but d'optimiser la stabilité de l'hydrofoil

Références bibliographiques

- [1] PHILIPPE GUGLIELMETTI : Foilers! Le blog des bateaux volants : <https://foils.wordpress.com>
- [2] SERGE NONNET : La mécanique du vol de l'avion léger : *EDITION CEPADUES*
- [3] A.C KERMODE : Mécanique du vol : *EDITION MODULO*
- [4] MICHAEL SELIG : UIUC Airfoil Coordinates Database : http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html
- [5] Principe et fonctionnement des différents types d'hydrofoils : <http://hydrospeed.over-blog.com/article-partie-2-principes-et-fonctionnement-des-differents-types-d-hydrofoils-96817672.html>
- [6] JOHN MEYER : Considérations de base sur la conception des hydrofoils - Guide rapide : http://gerard.delerm.free.fr/clair/b_traduction2.htm#configuration
- [7] CATLIFT GMBH & CO. ENTWICKLUNGS KG : Hydrofoil by Catlift :

http://hydrofoil.enzmann.net/about_HydrofoilerF1_en.htm

[8] AURÉLIEN MICHEL : Conception d'un hydrofoil pour le kitesurf :
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01236282>

[9] AURÉLIEN MICHEL : Conception d'un hydrofoil pour le kitesurf :
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01236282>

[10] AURÉLIEN MICHEL : Conception d'un hydrofoil pour le kitesurf :
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01236282>

Étude de portance et optimisation de la stabilité d'un foil

Ayant vu les foils pour la première fois au Vendée Globe et leurs performance, j'ai eu envie d'étudier cette technologie prometteuse .Nous nous proposons donc de construire nos propres foils, d'appréhender différents profils, et de les installer sur une maquette dont nous optimiserons la stabilité par le biais d'un asservissement .

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

Liste des membres du groupe :

- *BAILLY Corentin*

Positionnement thématique

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)

foils

stabilité

hydrodynamique

portance

asservissement

Mots-Clés (en anglais)

foils

stability

hydrodynamics

lift

Feedback control

Bibliographie commentée

Au vue de la diminution des ressources fossiles, et dans un objectif économique, les bateaux

actuels doivent se voir optimisés: en effet la coque présente une résistance à l'avancement trop

importante, il est nécessaire de diminuer la surface immergée. C'est dans cette optique que les foils

se sont développés ces dernières années; ces protubérances situés sous le bateau ont pour but

d'augmenter la portance et donc de diminuer la force de traînée et de faite la résistance à

l'avancement. Ils sont utilisés par les bateaux (aussi bien a voile qu'a moteur) mais également par

les planches de surf, planches a voiles ... (ainsi le kite surf se voit optimisé en kitefoil). Les

bateaux à foils sont regroupés en 2 catégories : les hydroptères et les foilers. Les premiers se

distinguent par leur capacité à sortir complètement leur coque de l'eau (les moths, catamarans par

exemple), alors que les seconds cherchent juste à optimiser la surface immergée. (les voiliers du Vendée Globe)

Le principe du foil est basé sur celui de l'aile d'avion. La différence de vitesse entre l'extrados (partie supérieure de l'aile) et l'intrados (partie inférieure de l'aile) permet l'apparition d'une force de portance, d'après le théorème de Bernoulli appliqué à une ligne de fluide stationnaire. (Ref méca du vol and co). Les coefficients de portance et de traînée d'un profil sont déterminés en soufflerie et référencés dans une banque de données universelle (ref ailfoils): ils dépendent à la fois de sa géométrie, de son angle d'attaque, et du nombre de Reynolds du fluide dans lequel le foil est immergé. Les formes se différencient par leur cambrures, leur longueur de corde, leur épaisseur (ex symétrique) qui permettent d'obtenir différentes caractéristiques (portance, stabilité) qui s'adaptent à l'utilisation demandée. Il faut aussi différencier les différents types ; les deux principaux sont les foils en V (ou J) et les foils en T (World press). Le foil en V, premier avoir été construit, présente l'avantage d'être un système simple, auto stable, rétractable facilement (en cas de mauvais temps). Cependant il est sujet à la cavitation, (création de bulle d'air à la surface du foil immergé due à la variation de pression locale) et à la ventilation, (une aspiration d'air le long de l'extrados due à la dépression locale), qui entraîne une perte de portance momentanée, et à long terme fragilise les foils. C'est pour contrer ces phénomènes que le foil en T a été développé: il présente aussi l'avantage d'être plus résistant, et par sa profondeur, moins sensible aux variations de surface. Cependant, il nécessite un asservissement au préalable, qui diffère selon les bateaux.

Les moths, par exemple, s'asservissent automatiquement, par l'intermédiaire d'un système mécanique. Les Kitesfoils, en revanche, nécessitent l'intervention du pilote, pour réguler l'angle d'attaque du foil. Enfin, certains catamarans nécessitent une assistance électrique ou/et pneumatique.

Problématique retenue

En vue d'augmenter les performances des bateaux à foils (optimisation de la vitesse, des coûts énergétiques), deux axes d'étude s'imposent: l'amélioration du profil du foil, à savoir la forme et le type associé, ainsi que la mise en place d'un asservissement de l'angle d'attaque par le biais d'une carte arduino.

Objectifs du TIPE

- 1_ Construction de différents modèles et du système d'étude
- 2_ Expérimentation et choix du foil répondant aux exigences attendues
- 3_ Asservissement dans le but d'optimiser la stabilité de l'hydrofoil

Références bibliographiques

- [1] MICHAEL SELIG : UIUC Airfoil Data Site : http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html
- [2] SERGE NONNET : La mécanique du vol de l'avion léger : *édition cépadues*
- [3] JEAN SANS : Les Foils vus par Jean SANS – Partie 3 : Et si les monocoques se rêvaient à voler ? : <https://www.uncl.com/2016/06/08/techniques-innovations/foils-vus-jean-partie-3-monocoques-se-revaient-a-voler/>
- [4] JOHN MAYER : HYDROFOIL DESIGN BASICS – A BRIEF TUTORIAL : http://gerard.delerm.free.fr/clair/b_traduction2.htm#configuration
- [5] Partie II. 1: Principes et fonctionnement des différents types d'hydrofoils : <http://hydrospeed.over-blog.com/article-partie-2-principes-et-fonctionnement-des-differents-types-d-hydrofoils-96817672.html>
- [6] CATLIFT : Hydrofoil vu Catlift : http://hydrofoil.enzmann.net/about_HydrofoilerF1_en.htm
- [7] airfoil data base : <http://airfoiltools.com/>

- [8] PHILIPPE GUGLIELMETTI : Foilers le blog des bateaux volant :
<https://foils.wordpress.com/category/americas-cup-2/>
- [9] A.C KERMODE : Mécanique du vol : *Éditions Modulo*

Assemblage et compliance en robotique.

En robotique, des défauts aléatoires de positionnement des pièces lors d'une phase d'assemblage peuvent provoquer un blocage. Pour éviter cela on peut utiliser des pinces compliantes qui se déforment pour compenser ces défauts.

Je souhaite m'intéresser à l'étude de la compliance passive grâce à une pince que j'ai conçue et réalisée. Montée sur un robot je pourrais valider l'intérêt du concept et en voir les limites. Si le temps me le permet j'ai l'ambition d'optimiser la pince en créant une compliance active.

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Compliance active</i>	<i>Active Compliance</i>
<i>Compliance passive</i>	<i>Passive Compliance</i>
<i>Erreur de positionnement</i>	<i>Positioning error</i>
<i>Assemblage robotisé</i>	<i>robotic assembly</i>
<i>Blocage</i>	<i>blocking</i>

Bibliographie commentée

Les premiers robots développés ont eu pour but de réaliser des opérations délicates et surtout répétitives, la précision ne faisait pas partie des exigences prioritaires à cet époque (le cas des robots de peinture de carrosseries automobiles) [1]. Et donc, les tâches qui requéraient cette exigence ont été auparavant réalisées par les êtres humains qui étaient dans la majorité des cas manuellement en contact avec la mission qu'ils effectuaient. Inconsciemment ou non et pendant la réalisation de ces tâches, ils assuraient à ne pas avoir un blocage par la gestion des efforts de contact engendrés [2].

Malheureusement les robots industriels ont été conçus pour avoir une bonne répétabilité, mais pas une bonne précision, mais la compétition et la forte demande du marché amènent de plus en plus les fabricants de robots à élargir le domaine des applications susceptibles d'être robotisées, et qui sont exigeants en termes de précision tel que l'assemblage. Ces nouvelles applications requièrent une précision de pose de haut niveau et un bon suivi de chemin [3]. Nous citons par exemple les tâches de préhension : le spectre des pièces à manipuler par un robot étant de plus en plus large, le préhenseur doit s'adapter à différents objets sans avoir besoin de changer d'outils afin de gagner en productivité (l'exemple des préhenseurs par aspiration) [4]. Ainsi les objets manipulés ne doivent subir aucune déformation ou destruction totale.

L'autre exemple est l'assemblage de pièces ajustées qui est le sujet de mon tpe. Dans le cas où le

robot n'est suffisamment pas précis, le mauvais positionnement relatif d'une pièce peut mener à une situation de blocage qui entraîne une détérioration des pièces en présence, ou l'empêchement d'insertion. Sans solution appropriée les défauts aléatoires dimensionnels et de positionnement rendent cette opération délicate voire impossible. Afin de résoudre ce problème, les erreurs de positionnement commises par le robot doivent être absorbées par l'assemblage de précision robotisé. En effet, pour que cette tâche soit correctement réalisée et en mode automatique, les robots doivent être capables en permanence de s'adapter aux efforts exercés sur son environnement. L'adaptabilité est donc la qualité primordiale dont il faut équiper une machine d'assemblage [5].

Actuellement, ces performances requises sont techniquement réalisables, mais par des robots qui sont majoritairement coûteux. Dans le cadre d'assemblage de pièces, j'étudie sous deux types un nouveau concept de comportement flexible qui est la compliance : La compliance passive qui rend la chaîne mécanique fermée flexible ; cette flexibilité permet de diminuer au cours d'insertion les efforts de contact entre les différentes pièces présentes. Ceci permet de compenser les défauts angulaires et les défauts d'alignement dus aux incertitudes d'orientation et de positionnement du bras du robot par rapport à l'alésage [2]. Le deuxième type est la compliance active qui n'implique pas de modification mécanique du bras du robot, mais nécessite un contrôle de trajectoire grâce à des capteurs d'environnement qui mesurent les forces de contact entre le manipulateur et son environnement. L'analyse de ces forces fonde ce qu'on appelle la préception des efforts qui est utilisée dans une commande en boucle fermée réalisant une correction de trajectoire et de forces pendant l'assemblage [6].

Problématique retenue

Réaliser une tâche d'assemblage à faible jeu par insertion grâce à un robot est essentiel pour une bonne productivité. Je me propose d'étudier et mettre en œuvre les solutions basées sur la compliance passive et active et conclure sur son efficacité par rapport à d'autres solutions existantes.

Objectifs du TIPE

- 1) Compliance Passive :** réaliser un support de pièce flexible et étudier son comportement dans une situation réelle d'assemblage avec le robot Ericc 3.
- 2) Compliance active :** Modifier le comportement du robot après l'avoir doté le support d'un capteur permettant de contrôler la trajectoire d'insertion.
- 3)** Comparer les deux types de compliances et conclure au choix de la technologie adaptée.

Références bibliographiques

[1] ADEL OLABI : introduction à la thèse : Amélioration de la précision des robots industriels pour

des applications d'usinage à grande vitesse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00649019/document>

[2] CHRISTINE PRELLE : chapitre 1 de la thèse : La compliance : <http://theses.insa-lyon.fr/publication/1997ISAL0127/these.pdf>

[3] H. HARRY ASADA : Introduction to Robotics: chapitre 9 (Massachusetts Institute of Technology) : <https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-12-introduction-to-robotics-fall-2005/lecture-notes/chapter9.pdf>

[4] L'INSTITUT MAUPERTUIS : ROBOTIQUE : Les Préhenseurs Adaptatifs, bulletin technique N°39 Avril 2014 : <http://www.institutmaupertuis.fr/>

[5] JAMES NEVINS ET DANIEL WHITNEY : Histoire des machines, POUR LA SCIENCE édition française de SCIENTIFIC AMERICAN : Chapitre 4, les robots Industriels. : Avril 1982, N° d'éditeur: 4535

[6] GUY ANDRÉ : Capteurs d'environnement en robotique : https://drive.google.com/file/d/0B8TLZswYVdE_NVBUdE9BSEJOaWc/view

[7] GUY ANDRÉ : Capteurs d'environnement en robotique : https://drive.google.com/file/d/0B8TLZswYVdE_NVBUdE9BSEJOaWc/view

Dissipation d'énergie à travers les amortisseurs des ponts à haubans.

J'ai étudié la dissipation d'énergie dans un pont à haubans grâce aux amortisseurs. Ce sujet me permet d'étudier le domaine de l'architecture en le modélisant afin de comprendre son fonctionnement. La conception des amortisseurs nécessite l'étude des contraintes : celle du trafic routier ainsi que les contraintes naturelles plus ou moins prévisibles, dues au vent par exemple. Après avoir pris en compte ces contraintes, il est nécessaire de choisir les caractéristiques de l'amortisseur pour respecter le cahier des charges du produit.

Néanmoins, le hasard reste présent car ce sont des constructions humaines placées dans un environnement naturel.

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

Liste des membres du groupe :

- *LEROND Anne-Claire*

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Pont à haubans</i>	<i>Cable-stayed bridge</i>
<i>Câble</i>	<i>Wire rope</i>
<i>Mécanique vibratoire</i>	<i>Mechanical vibrations</i>
<i>Amortisseur</i>	<i>Shock absorber</i>
<i>Dissipation d'énergie</i>	<i>Energy dissipation</i>

Bibliographie commentée

Le pont de Normandie, ouvrage local de la région, s'est révélé être une première source d'inspiration. Celui-ci est un pont à haubans qui traverse l'estuaire de la Seine. Au moment de sa mise en service en 1995, il était le plus long du monde. [3]

Les ponts à haubans sont constitués d'un tablier, de plusieurs pylônes et de câbles inclinés appelés haubans. Les haubans sont précontraints afin de pouvoir supporter le chargement statique que constitue de la structure suspendue, faciliter leur adaptation et prévoir leur vieillissement et leur fatigue. Les haubans subissent en permanence les contraintes environnementales, notamment l'action du vent. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver des solutions d'amortissement afin d'éviter les chocs entre haubans et de réduire leurs vibrations pour une meilleure stabilité du pont.

[1]

En effet, les haubans représentent une source de stabilité pour le pont mais également son constituant le plus vulnérable. Le vent modifie le comportement dynamique du hauban. Ainsi, lorsqu'il est excité périodiquement à cause d'un phénomène vibratoire, il accumule de l'énergie et peut osciller de façon importante. Ce phénomène agit directement sur la solidité des haubans qui peuvent être abîmés en fatigue. [2]

L'objectif de l'amortissement dans un pont à haubans est donc de dissiper l'énergie créée par les vibrations et les oscillations des haubans. Les modes propres de vibration du pont doivent être déterminés pour connaître le domaine de fréquence dans lequel l'effet de l'amortissement sera important. [3] C'est pourquoi il est nécessaire d'étudier les pertes d'énergie par frottement à l'intérieur de la structure même. En effet, les glissements entre les éléments d'un assemblage participent à la dissipation d'énergie par l'intermédiaire des frottements en transformant l'énergie mécanique en énergie thermique. [3]

Pour l'amortissement externe qui est ajouté à la structure, il existe différents types d'amortisseurs. Notre étude se concentre sur des amortisseurs réalisant un contrôle passif, c'est-à-dire qu'une source d'énergie externe n'est pas nécessaire au fonctionnement de l'amortisseur. [4]

Les amortisseurs à friction reposent sur un frottement solide, permettant ainsi de transformer l'énergie mécanique en énergie thermique. Les amortisseurs visqueux dissipent l'énergie grâce au cisaillement d'un fluide visqueux qui reçoit l'énergie mécanique. [5] Il est également intéressant de remarquer la présence d'aiguilles antivibratoires sur certains ponts comme le pont de Normandie, ces aiguilles permettant de relier les haubans entre eux. Elles permettent ainsi d'éviter leur mise en vibration et de limiter les phénomènes d'entrechoquement des haubans. [1] Pour terminer, il y a également les amortisseurs à masse accordée qui sont constitués d'une masse reliée à la structure par l'intermédiaire d'un ressort et d'un amortisseur linéaire ; ils sont fréquemment utilisés dans les structures du génie civil car leur coût de production n'est pas très élevé et ils sont simples à réaliser. [4] C'est pourquoi ce dernier type d'amortisseur est intéressant pour la réalisation de simulations numériques ayant pour objectif de prévoir l'amortissement d'une structure et notamment l'effet sur la mécanique vibratoire d'un hauban. Le modèle retenu pour les simulations s'appuie sur la structure du pont de Normandie. [6] Plusieurs modèles sont envisageables pour décrire le comportement dynamique du hauban lors de ces simulations : le modèle de la corde vibrante, ou encore celui d'un hauban pesant tenant compte de son élasticité. [2]

Problématique retenue

Le vent perturbe fortement le comportement dynamique des ponts. Cette étude est particulièrement centrée sur les oscillations transversales qui s'exercent sur les haubans. Il s'agit de comprendre l'influence des différents amortisseurs sur les phénomènes vibratoires des haubans. L'objectif est de quantifier l'énergie dissipée pour optimiser le fonctionnement des amortisseurs.

Objectifs du TIPE

- 1) À l'aide de modélisations et simulations numériques, je souhaite prévoir les effets de l'amortissement sur la structure du pont et sur les haubans.
- 2) Afin de pouvoir comparer l'aspect théorique des simulations et un modèle réel, je vais étudier le comportement vibratoire d'un câble avec et sans amortissement.
- 3) Je prévois ensuite d'étudier la dissipation d'énergie à travers les différents modèles d'amortisseur afin de pouvoir les comparer

Références bibliographiques

- [1] SETRA (SERVICE D'ÉTUDE SUR LES TRANSPORTS, LES ROUTES ET LEURS AMÉNAGEMENTS) : Instruction technique - Surveillance et entretien des ouvrages d'art : *chapitres 1,2 et 3, 2008, SETRA, http://www.piles.setra.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0845w_ITSEOA_F34-2_cle59c111.pdf*
- [2] SETRA : Haubans - Recommandations de la commission interministérielle de la précontrainte : *chapitres 4,5, 8 et 10, SETRA, 2001, http://dtrf.setra.fr/pdf/pj/Dtrf/0002/Dtrf-0002832/DT2832.pdf?openerPage=resultats&qid=sdx_q0*
- [3] NICOLAS PEYRET : Dissipation de l'énergie mécanique des assemblages : effet du frottement en sollicitation dynamique : *chapitres 2 et 3, Université Paris-Est, 2012, https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00749730/file/TH2012PEST1052_complete.pdf*
- [4] ANISSA ALLANI : Conception et optimisation d'amortisseurs à masse accordée pour les structures du génie civil : *chapitres 1,2 et 3, Université Paris-Est, 2015, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01291427/document>*
- [5] EMMANUEL BOYERE : Modélisation de l'amortissement en dynamique linéaire : *chapitres 1,2 et 3, http://code-aster.org/doc/v10/fr/man_r/r5/r5.05.04.pdf*
- [6] ASCO-TP (ASSOCIATION POUR LA CONNAISSANCE DES TRAVAUX PUBLICS) : Pont de Normandie en Chiffres : *http://www.planete-tp.com/IMG/pdf/Pont_de_normandie_en_Chiffres_cle07566a.pdf*

Système de compensation des tremblements musculaires appliqué à une cuillère

Décrite pour la première fois en 1817, la maladie de Parkinson reste un défi pour la médecine moderne. Environ 120 000 personnes sont touchées en France et cela affecte les gestes les plus simples de leur vie quotidienne. En particulier, les tremblements transforment une action élémentaire comme se nourrir en épreuve. Passionné par les domaines de la robotique et l'automatique. J'ai choisi de consacrer mon TIPE à la conception d'une cuillère anti tremblements. A partir de cette idée il sera nécessaire de faire les bons choix techniques pour obtenir un résultat satisfaisant compte tenu des conditions imposées par le malade.

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

Liste des membres du groupe :

- *MARY Romain*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tremblements essentiels</i>	<i>Essential tremor</i>
<i>Maladie de Parkinson</i>	<i>Parkinson disease</i>
<i>Annulation de tremblements</i>	<i>Tremor canceling</i>
<i>Accéléromètre</i>	<i>Accelerometer</i>
<i>Maquette</i>	<i>Model</i>

Bibliographie commentée

Les tremblements des mains sont dus à des problèmes neurologiques peu connus encore aujourd'hui, on compte principalement les tremblements causés par la maladie de Parkinson, à laquelle ils sont souvent associés malgré que celle-ci possède d'autres symptômes, mais aussi les tremblements que l'on appelle essentiels ou « familiaux ». Ces deux types de tremblements sont très handicapant dans la vie quotidienne et d'origine toujours inconnue, ils sont donc très difficiles à traiter. Pour le moment les traitements efficaces sont invasifs (impulsions électriques).

Une des tâches rendues difficiles par les tremblements est le simple fait de manger en ne renversant pas la totalité des aliments avant que le couvert atteigne la bouche. Ainsi pour rendre leur autonomie aux personnes de tout âge touchées par cette maladie il existe des moyens très encombrants pour stabiliser la totalité du bras ou encore des couverts lestés qui sont censés permettre de réduire l'amplitude des tremblements.

Pour éviter ces traitements, ou aides, peu efficaces et difficiles à assumer pour ces personnes, car très encombrantes et visuellement inesthétique, après s'être intéressé à des études sur la nature et les caractéristiques des tremblements, l'ingénieur Anupam Pathak a décidé qu'il était important de fournir aux personnes touchées par la maladie un moyen de contrer les tremblements au moins au moment de passer à table. Ainsi il a fondé la start-up Lynx Design pour créer ce système aujourd'hui appelé Liftware qui consiste en un couvert intelligent qui compense les tremblements de la main sans les annuler totalement ou encombrer la personne.

Ce type de système n'est pas simple à concevoir car il doit permettre de compenser des tremblements de formes complexes (non sinusoïdaux) et de fréquences fondamentales et amplitudes variables selon les personnes et les causes de tremblements : fréquences centrées aux environs de 6,3Hz et amplitude allant du demi millimètre à plusieurs centimètres. Le fonctionnement du produit est basé sur le principe complexe d'Active Tremor Cancellation (ATC) mais il peut être décrit assez simplement : l'accélération et les rotations de la main de la personne selon les différents axes est mesurée à l'aide d'une centrale inertielle (accéléromètre et gyroscope) situé dans le manche de la cuillère, la position de l'extrémité de l'ustensile est mesurée à l'aide d'un capteur sans contact, et un système d'asservissement accompagné d'actionneurs selon les différents axes permet de minimiser l'accélération subie par l'ustensile (par exemple une cuillère) et ainsi d'éviter le renversement des aliments.

Ce principe d'ATC est aussi utilisé dans des recherches sur la microchirurgie. En effet ce type de système pourrait permettre « d'annuler » l'erreur humaine due aux micro tremblements de la main du chirurgien tout en évitant l'utilisation d'une interface robotisée et ainsi d'atteindre des précisions de mouvements de l'ordre du micromètre et de traiter des vaisseaux sanguins oculaires par exemple.

Le point le plus complexe (et le plus secret) du procédé peut s'avérer être le traitement de l'information obtenue par les capteurs et cela pour plusieurs raisons :

- elle nécessite probablement l'utilisation d'un filtre passe haut afin de permettre à l'utilisateur d'amener la cuillère jusqu'à sa bouche sans que Liftware ne considère que l'accélération naturellement nécessaire pour effectuer ce geste ai besoin d'être compenser ;
- il est surement nécessaire dans l'asservissement de dériver ou d'intégrer les données ce qui peut parfois se prouver très compliqué avec un traitement numérique basique.

Malgré ces probables complications auxquels les ingénieurs de Lynx Design ce sont surement heurté, le produit est finalement sorti de développement il y a quelques années et certaines études ont été effectuées (sur un groupe très restreint de sujets) pour vérifier l'efficacité du système dans des conditions réelles : les résultats ont montré une réduction des tremblements de 75% lors de l'utilisation de ce procédé.

Problématique retenue

Le système doit être capable de permettre de réduire de manière significative les effets des tremblements de la main de l'utilisateur au bout d'un couvert afin de ne pas renverser son contenu.

Objectifs du TIPE

Dans ce TIPE je me propose : D'élaborer un modèle des tremblements de la main pour évaluer les performances nécessaires du système. De mesurer avec précision et fidélité les déplacements de la main à l'aide d'un accéléromètre et d'une carte arduino. Pour pouvoir ensuite les traiter. Puis intégrer cette technologie à un système en boucle ouverte, dans un premier temps, et dans un système asservi par la suite. Avec mon binôme, nous choisirons les actionneurs adaptés au système, c'est-à-dire des actionneurs pouvant osciller à des fréquences de l'ordre de grandeur de celles du tremblement d'une main.

Références bibliographiques

- [1] S CALZETTI, M BARATTI, M GREY, AND L FINDLEY : Frequency/amplitude characteristics of postural tremor of the hands in a population of patients with bilateral essential tremor: implications for the classification and mechanism of essential tremor. : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1031967/pdf/jnnpsyc00552-0051.pdf>
- [2] LEE HJ, LEE WW, KIM SK, PARK H, JEON HS, KIM HB, JEON BS, PARK KS. : Tremor frequency characteristics in Parkinson's disease under resting-state and stress-state conditions. : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26944162>
- [3] ANUPAM PATHAK : -Brevet de la start-up Lynx Design, rachetée par Google, pour l'ustensile compensant les tremblements : <http://www.google.dj/patents/US20130297022>
- [4] ANUPAM PATHAK PHD, JOHN A. REDMOND PHD, MICHAEL ALLEN, KELVIN L. CHOU MD : A noninvasive handheld assistive device to accommodate essential tremor: A pilot study : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mds.25796/abstract>
- [5] CHEOL SONG, PETER L. GEHLBACH AND JIN U. KANG : Active tremor cancellation by a "Smart" handheld vitreoretinal microsurgical tool using swept source optical coherence tomography : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3601638/>
- [6] Maladie de Parkinson : présentation sommaire : https://fr.wikipedia.org/wiki/Maladie_de_Parkinson
- [7] Tremblements essentiels : présentation sommaire : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tremblement_essentiel
- [8] CAMERON N. RIVIERE, WEI TECH ANG, AND PRADEEP K. KHOSLA : Toward Active Tremor Canceling in Handheld Microsurgical Instruments : https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/riviere_cameron_2003_1/riviere_cameron_2003_1.pdf

Etude du fonctionnement de la cuillère antiParkinson compensant les tremblements

J'ai dans mon entourage proche une personne atteinte de tremblements. De ce fait, je peux me rendre compte à quel point ceux-ci sont handicapants dans les tâches de la vie de tous les jours ; notamment le simple fait de se nourrir.

Ainsi, lorsque j'ai été informé de l'existence de cette cuillère, j'ai trouvé intéressant de l'étudier et de comprendre comment elle peut fonctionner afin de choisir une solution technique (basique) la plus optimisée pour arriver à créer une maquette qui pourrait reproduire une fonction semblable à celle-ci.

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

Liste des membres du groupe :

- ROUSSEAU Matthieu

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tremblements essentiels</i>	<i>Essential tremor</i>
<i>Maladie de Parkinson</i>	<i>Parkinson disease</i>
<i>Annulation de tremblements</i>	<i>Tremor canceling</i>
<i>Accéléromètre</i>	<i>Accelerometer</i>
<i>Maquette</i>	<i>Model</i>

Bibliographie commentée

Les tremblements des mains sont dus à des problèmes neurologiques encore peu connus aujourd'hui ; on compte principalement les tremblements causés par la maladie de Parkinson, à laquelle ils sont souvent associés bien que celle-ci possède d'autres symptômes, mais aussi les tremblements que l'on appelle essentiels ou « familiaux ». Ces deux types de tremblements sont très handicapants dans la vie quotidienne et d'origine toujours inconnue, ils sont donc très difficiles à traiter. Pour le moment, les traitements relativement efficaces sont invasifs (impulsions électriques) ou mal tolérés (médicaments) [1] ; [2].

Une des tâches rendues difficiles par les tremblements est le simple fait de manger en ne renversant pas la totalité des aliments avant que le couvert n'atteigne la bouche. Ainsi pour rendre leur autonomie aux personnes de tout âge touchées par cette maladie il existe des moyens très encombrants pour stabiliser la totalité du bras ou encore des couverts lestés qui sont censés permettre de réduire l'amplitude des tremblements.

Ces traitements, ou aides, sont peu efficaces et difficiles à supporter pour ces personnes, car très encombrants et visuellement inesthétiques. Après s'être intéressé à des études sur la nature et aux caractéristiques des tremblements, l'ingénieur Anupam Pathak a décidé qu'il était important de fournir aux personnes touchées par la maladie un moyen de contrer les tremblements, plus particulièrement lors du repas. Ainsi il a fondé la start-up Lynx Design pour créer un système aujourd'hui appelé Liftware qui consiste en un couvert intelligent qui compense les tremblements de la main sans les annuler totalement ou encombrer la personne.

Ce type de système doit permettre de compenser des tremblements de formes complexes (non sinusoïdaux), de fréquences fondamentales et d'amplitudes variables selon les personnes et les causes de tremblements : fréquences centrées aux environs de 5 ou 6 Hz et amplitudes allant du demi millimètre à plusieurs centimètres [3] ; [4]. Le fonctionnement du produit est basé sur le principe d'Active Tremor Cancellation (ATC) qui fonctionne de la manière suivante [5] : l'accélération et les rotations de la main de la personne selon les différents axes est mesurée à l'aide d'une centrale inertielle (accéléromètre et gyroscope) située dans le manche de la cuillère, la position de l'extrémité de l'ustensile est mesurée à l'aide d'un capteur sans contact, et un système d'asservissement accompagné d'actionneurs positionné sur les différents axes permet de minimiser l'accélération subie par l'ustensile (par exemple une cuillère) et ainsi d'éviter le renversement des aliments.

Ce principe d'ATC est aussi utilisé dans la recherche en microchirurgie. En effet ce type de système pourrait permettre de minimiser l'erreur humaine due aux micro tremblements de la main du chirurgien tout en évitant l'utilisation d'une interface robotisée pour ainsi atteindre des précisions de mouvements de l'ordre du micromètre et de traiter des vaisseaux sanguins oculaires par exemple [6] ; [7].

Le point le plus complexe (et le plus secret) du procédé peut s'avérer être le traitement de l'information obtenue par les capteurs et cela pour plusieurs raisons :

- elle nécessite probablement l'utilisation de filtrage plus ou moins complexe [7] afin de permettre à l'utilisateur d'amener la cuillère jusqu'à sa bouche sans que l'ustensile ne considère que l'accélération naturellement nécessaire pour effectuer ce geste aie besoin d'être compenser ;
- il est sûrement nécessaire au cours du procédé d'asservissement de dériver ou d'intégrer les données, ce qui peut parfois s'avérer très compliqué à l'aide d'un traitement numérique basique.

Malgré ces complications auxquelles les ingénieurs de Lynx Design ont sûrement dus faire face, le

produit est finalement sorti de la phase de développement il y a quelques années et certaines études ont été effectuées sur un groupe très restreint de sujets pour vérifier l'efficacité du système dans des conditions réelles : les résultats ont montré une réduction des tremblements de 75% lors de l'utilisation de ce produit [8].

Problématique retenue

Le système doit être capable de permettre de réduire de manière significative les effets des tremblements de la main de l'utilisateur au bout d'un couvert afin de ne pas renverser son contenu.

Objectifs du TIPE

Je me propose de tester/simuler et choisir la plus optimisée des solutions techniques susceptibles d'avoir l'effet escompté sur une maquette à plus grande échelle pour des stimulations sinusoïdales d'amplitudes de l'ordre du centimètre et de fréquences comprises entre 5 et 15 Hz.

Parmi ces solutions : un modèle passif comportant des ressorts, des modèles actifs en boucle ouverte et asservis. Dans le cas des modèles actifs, je rechercherai également, avec l'aide de mon binôme, les composants et les actionneurs adaptés.

Références bibliographiques

- [1] WIKIPEDIA : Maladie de Parkinson : https://fr.wikipedia.org/wiki/Maladie_de_Parkinson
- [2] WIKIPEDIA : Tremblement essentiel : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tremblement_essentiel
- [3] S CALZETTI, M BARATTI, M GRESTY, AND L FINDLEY : Frequency/amplitude characteristics of postural tremor of the hands in a population of patients with bilateral essential tremor: implications for the classification and mechanism of essential tremor : *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1987
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1031967/pdf/jnnpsyc00552-0051.pdf>
- [4] LEE HJ, LEE WW, KIM SK, PARK H, JEON HS, KIM HB, JEON BS, PARK KS : Tremor frequency characteristics in Parkinson's disease under resting-state and stress-state conditions. : *Journal of the Neurological Sciences* 2016
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26944162>
- [5] ANUPAM PATHAK : Stabilizing unintentional muscle movements :
<http://www.google.dj/patents/US20130297022>
- [6] CHEOL SONG, PETER L. GEHLBACH AND JIN U. KANG : Active tremor cancellation by a "Smart" handheld vitreoretinal microsurgical tool using swept source optical coherence tomography : *Optics Express*
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3601638/>
- [7] CAMERON N. RIVIERE, WEI TECH ANG, AND PRADEEP K. KHOSLA : Toward Active Tremor Canceling in Handheld Microsurgical Instruments : *IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION*, VOL. 19, NO. 5, OCTOBER 2003
https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/riviere_cameron_2003_1/riviere_cameron_2003_1.pdf
- [8] ANUPAM PATHAK PHD, JOHN A. REDMOND PHD, MICHAEL ALLEN, KELVIN L. CHOU MD : A noninvasive handheld assistive device to accommodate essential tremor: A pilot study : *Movement*

Étude d'un robot parallèle à trois degrés de liberté de type delta

La robotique industrielle est un domaine en pleine expansion, qui m'intéresse tout particulièrement. C'est pourquoi, dans ce projet, je souhaite m'intéresser aux raisons pour lesquelles l'industrie, notamment agroalimentaire, utilise de plus en plus ce type de robot parallèle. Ce dernier possède des performances élevées : il est rapide, léger, puissant et résistant, ce qui permet d'optimiser la production. Cependant, pour un industriel, un tel équipement impose une contrainte importante : un espace de travail limité et donc un surcoût éventuel non négligeable. Il me semble donc pertinent d'étudier ces divers paramètres tant théoriquement qu'expérimentalement afin de comprendre ce choix.

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

Liste des membres du groupe :

- *LATTELAIS Lisa*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Technologies informatiques).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>robot parallèle</i>	<i>parallel robot</i>
<i>précision</i>	<i>precision</i>
<i>espace de travail</i>	<i>workspace</i>
<i>translation</i>	<i>translation</i>
<i>modélisation</i>	<i>modelization</i>

Bibliographie commentée

Selon l'organisation mondiale de la robotique, d'ici 2019, il y aura 2,6 millions de robots industriels dans le monde, ce qui doublera l'effectif de 2016. La robotique est en effet omniprésente dans de nombreux domaines tels que celui de l'industrie agroalimentaire, ou encore de l'automobile et connaît une évolution exponentielle. L'intérêt majeur est d'augmenter la productivité en automatisant des tâches. Depuis le début du 20ème siècle, un nouveau type de robot a émergé : le robot parallèle. Il s'agit d'un mécanisme dont l'organe terminal est relié au bâti par plusieurs chaînes cinématiques. D'abord limités par des contraintes technologiques, ils voient réellement le jour dans la deuxième moitié du siècle. Un des premiers a été la plate-forme de Stewart qui est notamment utilisée dans la simulation de vol. Depuis, de nombreux autres robots parallèles ont été imaginés [1]. Dans les années 1980, Raymond Clavel a marqué une nouvelle étape dans la robotique parallèle en brevetant le robot Delta.

Celui-ci est constitué d'une plate-forme mobile, reliée à la base par trois bras motorisés en

forme de parallélogrammes, ce qui limite le mouvement de la partie mobile à trois translations. Il permet d'automatiser des opérations de “pick and place” dans l'industrie. Par exemple, dans le domaine agroalimentaire, il est capable de ranger des chocolats dans leurs boîtes à des cadences élevées (jusqu'à 300 pièces par minute) [2,3]. Dans ce cas d'utilisation, il est plus rapide, précis, rigide et porte des charges plus élevées que son concurrent direct : le robot en série qui est constitué d'un unique bras. De plus, le robot Delta est contrôlé par trois moteurs situés sur la base, ce qui libère les bras de tout encombrement. Par conséquent, la partie mobile est légère et peut travailler dans des conditions d'hygiène optimales [4].

Dans sa thèse devenue une référence, Reymond Clavel fait l'étude complète de son robot. D'une part, il analyse les paramètres essentiels tels que : les grandeurs caractéristiques (les dimensions des plate-formes, des bras et des tiges), les charges pouvant être déplacées ou encore les couples moteurs à prendre en compte. Il attache d'ailleurs une importance particulière au volume de travail limité et aux modèles géométriques et dynamiques complexes permettant de contrôler le robot. En effet, la structure parallèle restreint le champ d'action et complique très rapidement les équations [5].

Depuis, l'idée a été reprise par de nombreuses entreprises, dont Bosch ou ABB [4]. En 2007, le brevet est tombé dans le domaine public. Suite à cette démocratisation, d'autres études sont venues compléter le travail de Reymond Clavel. Certaines s'intéressent aux erreurs commises par ce robot lors du déplacement. Elles peuvent provenir de l'assemblage ou même être aléatoires, ce qui limite d'autant plus l'espace de travail acceptable [6]. Une fois connues, ces erreurs peuvent être prises en compte par le système de pilotage. Ce dernier est effectué par un algorithme pouvant s'apparenter au système Arduino qui commande la position des trois moteurs [7]. Dans l'industrie, le principe du robot Delta est associé à d'autres technologies : par exemple, une pince ou une ventouse peuvent être ajoutés au niveau de la plate-forme mobile afin de saisir des objets.

Problématique retenue

Les robots Delta sont utilisés sur des chaînes de production agroalimentaire. Notre but est d'évaluer les défauts du robot, qui sont des données importantes pour les industriels. Notre étude portera plus particulièrement sur les erreurs et le volume de travail.

Objectifs du TIPE

Tout d'abord, je vais réaliser une maquette du robot Delta (1). Puis, à l'aide des modèles géométriques, je programmerai les mouvements souhaités grâce à une carte Arduino (2). Mon objectif est ensuite de mesurer expérimentalement les deux critères évoqués précédemment (erreurs, volume de travail) et ainsi de les comparer aux données théoriques (3). Par exemple, je vais identifier les erreurs commises lors du déplacement et j'adapterai le programme afin de les compenser. Je pourrai également mesurer le volume de travail sur la maquette. Je conclurai ensuite sur les conditions d'optimisation de ce robot dans le domaine industriel.

Références bibliographiques

- [1] A. BONEV ILIAN : Les robots parallèles : de la recherche vers les applications. Document consulté en Octobre 2016 : <http://etsmtl.ca/Professeurs/ibonev/documents/pdf/JNRR2007.pdf>
- [2] EPFL : Vidéo explicative du robot Delta. Site Internet consulté en Janvier 2017 : <https://www.youtube.com/watch?v=CethRFVsbNg>
- [3] WIKIPEDIA : Delta Robot. Site Internet consulté en Janvier 2017 : https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_robot
- [4] ABB FRANCE : IRB 360 FlexPicker. Document consulté en Janvier 2017 : <https://library.e.abb.com/public/c1b594e2b0a6f035c1257403005371b2/Fiche%20IRB%20360%20FR%20rev1.pdf>
- [5] CLAVEL REYMOND : Conception d'un robot parallèle à 4 degrés de liberté : *Thèse no 925, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1991*
- [6] BENTALEB TOUFIK, BELOUCHRANI MED EL AMINE, HENINI NOUREDDINE : Analyse de l'exactitude d'un robot parallèle "Delta" : *4th International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007*
- [7] BARTMANN ERIK : Le grand livre d'Arduino : *Eyrolles, 2015 (2ème édition), Serial makers*

Etude d'un robot parallèle : le robot Delta.

Les entreprises utilisent régulièrement des robots parallèles pour optimiser leur production malgré leur coût et leur volume de travail restreint. La rapidité et surtout la précision de ces robots m'impressionne. J'ai donc voulu en étudier un de plus près pour comprendre le mécanisme et la programmation nécessaire au fonctionnement d'une telle technologie.

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

Liste des membres du groupe :

- *MASURIER Alexandre*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Technologies informatiques).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>robot parallèle</i>	<i>parallel robot</i>
<i>espace de travail</i>	<i>workspace</i>
<i>modélisation</i>	<i>modelization</i>
<i>précision</i>	<i>precision</i>
<i>translation</i>	<i>translation</i>

Bibliographie commentée

Selon l'organisation mondiale de la robotique, d'ici 2019, il y aura 2,6 millions de robots industriels dans le monde, ce qui doublera l'effectif de 2016. La robotique est en effet omniprésente dans de nombreux domaines tels que celui de l'industrie agroalimentaire, ou encore de l'automobile et connaît une évolution exponentielle. L'intérêt majeur est d'augmenter la productivité en automatisant des tâches. Depuis le début du 20ème siècle, un nouveau type de robot a émergé : le robot parallèle. Il s'agit d'un mécanisme dont l'organe terminal est relié au bâti par plusieurs chaînes cinématiques. D'abord limités par des contraintes technologiques, ils voient réellement le jour dans la deuxième moitié du siècle. Un des premiers a été la plate-forme de Stewart qui est notamment utilisée dans la simulation de vol. Depuis, de nombreux autres robots parallèles ont été imaginés [1]. Dans les années 1980, Reymond Clavel a marqué une nouvelle étape dans la robotique parallèle en brevetant le robot Delta.

Celui-ci est constitué d'une plate-forme mobile, reliée à la base par trois bras motorisés en forme de parallélogrammes, ce qui limite le mouvement de la partie mobile à trois translations. Il permet d'automatiser des opérations de "pick and place" dans l'industrie. Par exemple, dans le domaine agroalimentaire, il est capable de ranger des chocolats dans leurs boîtes à des cadences élevées (jusqu'à 300 pièces par minute) [2,3]. Dans ce cas d'utilisation, il est plus rapide, précis, rigide et

porte des charges plus élevées que son concurrent direct : le robot en série qui est constitué d'un unique bras. De plus, le robot Delta est contrôlé par trois moteurs situés sur la base, ce qui libère les bras de tout encombrement. Par conséquent, la partie mobile est légère et peut travailler dans des conditions d'hygiène optimales [4].

Dans sa thèse devenue une référence, Reymond Clavel fait l'étude complète de son robot. D'une part, il analyse les paramètres essentiels tels que : les grandeurs caractéristiques (les dimensions des plate-formes, des bras et des tiges), les charges pouvant être déplacées ou encore les couples moteurs à prendre en compte. Il attache d'ailleurs une importance particulière au volume de travail limité et aux modèles géométriques et dynamiques complexes permettant de contrôler le robot. En effet, la structure parallèle restreint le champ d'action et complique très rapidement les équations [5].

Depuis, l'idée a été reprise par de nombreuses entreprises, dont Bosch ou ABB [4]. En 2007, le brevet est tombé dans le domaine public. Suite à cette démocratisation, d'autres études sont venues compléter le travail de Reymond Clavel. Certaines s'intéressent aux erreurs commises par ce robot lors du déplacement. Elles peuvent provenir de l'assemblage ou même être aléatoires, ce qui limite d'autant plus l'espace de travail acceptable [6]. Une fois connues, ces erreurs peuvent être prises en compte par le système de pilotage. Ce dernier est effectué par un algorithme pouvant s'apparenter au système Arduino qui commande la position des trois moteurs [5]. Dans l'industrie, le principe du robot Delta est associé à d'autres technologies : par exemple, une pince ou une ventouse peuvent être ajoutés au niveau de la plate-forme mobile afin de saisir des objets.

Problématique retenue

Les robots Delta sont utilisés sur des chaînes de production agroalimentaire. Notre but est d'évaluer les défauts du robot qui sont des données importantes pour les industriels. Notre étude portera plus particulièrement sur les erreurs et le volume de travail.

Objectifs du TIPE

- 1) Réaliser une simulation du robot à l'aide logiciel de CAO, pour observer les positions que la plaque mobile peut prendre.
- 2) Créer une maquette du robot contrôlé par une carte Arduino, avec mon binôme.
- 3) Chiffrer les erreurs commises par le robot : par exemple, faire des mesures de répétabilité sur la maquette pour évaluer la précision.

Références bibliographiques

- [1] A. BONEV LIAN : Les robots parallèles : de la recherche vers les applications consulté en octobre 2016 : <http://etsmtl.ca/Professeurs/ibonev/documents/pdf/JNRR2007.pdf>
- [2] EPFL : Vidéo explicative du robot Delta, consultée en janvier 2017 :

<https://www.youtube.com/watch?v=CethRFVsbNg>

[3] WIKIPEDIA : Delta robot, consulté en janvier 2017 :
https://en.m.wikipedia.org/wiki/Delta_robot

[4] ABB FRANCE : IRB 360 FlexPicker :
<https://library.e.abb.com/public/c1b594e2b0a6f035c1257403005371b2/Fiche%20IRB%20360%20FR%20rev1.pdf>

[5] CLAVEL REYMOND : Conception d'un robot parallèle à 4 degrés de liberté : *Thèse no 925, école Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1991*

[6] BENTALEB TOUFIK, BELOUCHRANI MED EL AMINE, HENINI NOUREDDINE : Analyse de l'Exactitude d'un Robot Parallèle " Delta " : *4th International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007*

[7] BARTMANN ERIK : Le grand livre d'Arduino : *Eyrolles, 2015 (2e édition), Serial makers*

Aide à la conception d'un arc sportif

Mon étude est orientée sur l'aspect scientifique du tir à l'arc; c'est un sport que je pratique depuis de nombreuses années.

La conception d'un arc, l'optimisation de la géométrie et des matériaux, ne peut désormais plus se faire de manière hasardeuse par succession d'essais et d'échecs.

Mon étude se concentre sur l'écriture d'un programme permettant le calcul de la loi de pesée d'un arc. Cette loi nous donne en particulier accès à l'énergie emmagasinée dans l'arc.

Une étude dynamique devrait ensuite me permettre de comprendre les échanges énergétiques lors du tir et d'exprimer un rendement.

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

Liste des membres du groupe :

- *HYEST Laura*

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tir à l'arc</i>	<i>Archery</i>
<i>Simulation informatique</i>	<i>Computing Simulation</i>
<i>Flexion</i>	<i>Bending</i>
<i>Courbe de pesée</i>	<i>Weighing Curve</i>
<i>Rendement énergétique</i>	<i>Energy efficiency</i>

Bibliographie commentée

Autrefois utilisé pour chasser, le tir à l'arc est aujourd'hui devenu un sport. Malgré sa simplicité apparente (une branche de bois pré-contrainte à l'aide d'une corde), il permet de développer une grande puissance. C'est pourquoi les scientifiques s'y sont intéressés dès le début du 20ème siècle [5].

Les premiers travaux sur l'arc consistent en une approche géométrique [5]. Il est formé de deux branches flexibles reliées par une poignée rigide. Le bout des deux branches parcourt des cercles de rayons connus. Des relations de trigonométrie permettent alors de relier ses différentes grandeurs caractéristiques.

Par ailleurs, une étude de résistance des matériaux permet de prévoir la déformation de l'arc [1]. On peut le modéliser par une poutre droite de section constante que l'on contraint en flexion pure. Il est alors caractérisé par son module d'Young qui quantifie sa capacité à se déformer sous une

contrainte [1]. En traçant expérimentalement la contrainte en fonction de la déformation il est possible de le déterminer grâce à la loi de Hooke. Dans le cadre de petits déplacements on parvient à obtenir des solutions analytiques [1]. Toutefois les arcs n'ont pas une géométrie droite, leur section est variable et leur étude entre dans le domaine des grands déplacements. On s'éloigne donc de la théorie des poutres. L'étude de d'arc au design sophistiqué pourra être traitée mais complique fortement les algorithmes [4].

Le rôle de l'arc est de stocker l'énergie mécanique développée par l'archer (en énergie potentielle élastique) et de la convertir en énergie cinétique transférée à la flèche. Un arc dit « efficace » doit effectuer ce transfert d'énergie tout en limitant au maximum ses pertes énergétiques [2,3]. Pour quantifier ces échanges énergétiques, on peut tracer la courbe de pesée (force exercée par l'archer en fonction de l'allongement de la corde) [2,4,5]. Cette courbe peut être tracée expérimentalement en attachant l'arc sur un plan fixe. La force exercée peut être mesurée directement grâce à un balancier à ressort [3] ou une cellule piézoélectrique [2], ou bien indirectement par des relations géométriques [5].

L'énergie est ensuite transmise à la flèche sous forme cinétique. On remarque qu'elle n'est pas égale au travail fourni par l'archer. En effet, il y a plusieurs causes de pertes d'énergie. La principale est due au fait que la corde continue d'osciller après le départ de la flèche et retient une part de l'énergie cinétique. Par ailleurs, il existe des pertes liées aux vibrations de l'arc [2,4]. Il ne faut pas négliger non plus les frottements de l'air lors de tirs à longues distances qui décélèrent la flèche pendant son vol [2,5]. On définit ainsi le coefficient d'efficacité de l'arc qui vaut l'énergie cinétique de la flèche après le tir divisée par le travail fourni par l'archer [2].

Afin d'optimiser ce rendement, on peut d'une part jouer sur les caractéristiques géométriques de l'arc [5]. Le design le plus abouti aujourd'hui est celui des arcs recurve utilisés en compétition de haut niveau, ils se caractérisent notamment par leurs branches en carbone fortement recourbées [4]. D'autre part on peut faire varier les caractéristiques de la flèche utilisée. Elle est assimilable à un cylindre de très petit rayon (quelques mm) qui se caractérise par sa rigidité. Elle doit être adaptée à la puissance de l'arc utilisé. En effet, plus ce dernier est puissant, plus la flèche doit être rigide pour ne pas se casser lors de l'accélération.

Une fois en vol, le tube de la flèche oscille de manière transverse. On peut donc traiter la flèche lors de son vol comme un oscillateur harmonique et étudier par exemple l'influence de ses paramètres (forme, poids, rigidité) sur sa fréquence d'oscillation. Ces dernières expliquent en partie ce que l'on appelle « le paradoxe des archers » [2] : la flèche contourne la poignée de l'arc lors de son envol.

Problématique retenue

Les modèles de résistance des matériaux permettent de simuler informatiquement la déformation d'un arc et sa courbe de pesée. Le modèle peut être vérifié expérimentalement. Il s'agit alors

d'exploiter ces résultats pour discuter des paramètres qui semblent optimiser le rendement énergétique.

Objectifs du TIPE

La modélisation d'un arc en bois nécessite d'appréhender différentes notions de résistance des matériaux. Je souhaite concevoir un programme informatique qui permette de simuler la flexion d'une branche d'arc le plus fidèlement possible, on pourra alors observer les effets de la discrétisation.

Grâce aux conditions géométriques vérifiées par l'arc et du programme de déformation, je me propose de construire un programme qui affiche une courbe de pesée théorique. Je compte alors exprimer un rendement énergétique d'un arc longbow. On pourra alors discuter de la forme optimale d'un arc.

Références bibliographiques

- [1] R.BONCOMPAIN : Mécanique des systèmes industriels : *2.Efforts et structures*, DUNOD, 1995
- [2] H.O MEYER : Applications of physics to archery : *Physics Department, Indiana University*, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1511/1511.02250.pdf>
- [3] BROWN UNIVERSITY : Dynamics and vibrations : *Dynamics of the bow and arrow*; <http://www.brown.edu/Departments/Engineering/Labs/Nanomicro/papers/BowandArrow.pdf>
- [4] UUKHA : Branches UX100 : www.uukha.com/fr/video.php (consulté depuis janvier 2017)
- [5] C.N HICKMAN : The dynamics of a bow and arrow : *Journal of Applied Physics, Volume 8, (1937), p404 à 409*

Tir à l'arc: Optimisation du rendement énergétique

Tir à l'arc : Etude des transferts d'énergie

En comparant plusieurs arcs, nous allons montrer que certains choix sont plus judicieux que d'autres pour avoir un rendement optimal entre l'énergie fournie par l'archer et la vitesse de la flèche. De plus, des approximations d'étude et des incertitudes de mesure empêchent la prévision exacte du rendement qui est ainsi soumis au hasard.

Ce sujet permet des expérimentations simples à mettre en oeuvre, le matériel nous est facilement accessible et familier car mon camarade de TIPE pratique le tir à l'arc depuis plusieurs années. De plus, nous allons pouvoir apprendre des notions de résistance des matériaux, un domaine nouveau.

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

Liste des membres du groupe :

- *CATTANEO Benoît*

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Tir à l'arc</i>	<i>Archery</i>
<i>Simulation informatique</i>	<i>Computing simulation</i>
<i>Flexion</i>	<i>Bending</i>
<i>Courbe de pesée</i>	<i>Weighing curve</i>
<i>Rendement énergétique</i>	<i>Energy efficiency</i>

Bibliographie commentée

Autrefois utilisé pour chasser, le tir à l'arc est aujourd'hui devenu un sport. Malgré sa simplicité apparente (une branche de bois pré-contrainte à l'aide d'une corde), il permet de développer une grande puissance. C'est pourquoi les scientifiques s'y sont intéressés dès le début du 20ème siècle [5].

Les premiers travaux sur l'arc consistent en une approche géométrique [5]. Il est formé de deux branches flexibles reliées par une poignée rigide. Le bout des deux branches parcourt des cercles de rayons connus. Des relations de trigonométrie permettent alors de relier ses différentes grandeurs caractéristiques.

Par ailleurs, une étude de résistance des matériaux permet de prévoir la déformation de l'arc [1].

On peut le modéliser par une poutre droite de section constante que l'on contraint en flexion pure. Il est alors caractérisé par son module d'Young qui quantifie sa capacité à se déformer sous une contrainte [1]. En traçant expérimentalement la contrainte en fonction de la déformation il est possible de le déterminer grâce à la loi de Hooke. Dans le cadre de petits déplacements on parvient à obtenir des solutions analytiques [1]. Toutefois les arcs n'ont pas une géométrie droite, leur section est variable et leur étude entre dans le domaine des grands déplacements. On s'éloigne donc de la théorie des poutres. L'étude de l'arc au design sophistiqué pourra être traitée mais complique fortement les algorithmes [4].

Le rôle de l'arc est de stocker l'énergie mécanique développée par l'archer (en énergie potentielle élastique) et de la convertir en énergie cinétique transférée à la flèche. Un arc dit « efficace » doit effectuer ce transfert d'énergie tout en limitant au maximum ses pertes énergétiques [2,3]. Pour quantifier ces échanges énergétiques, on peut tracer la courbe de pesée (force exercée par l'archer en fonction de l'allongement de la corde) [2,4,5]. Cette courbe peut être tracée expérimentalement en attachant l'arc sur un plan fixe. La force exercée peut être mesurée directement grâce à un balancier à ressort [3] ou une cellule piézoélectrique [2], ou bien indirectement par des relations géométriques [5].

L'énergie est ensuite transmise à la flèche sous forme cinétique. On remarque qu'elle n'est pas égale au travail fourni par l'archer. En effet, il y a plusieurs causes de pertes d'énergie. La principale est due au fait que la corde continue d'osciller après le départ de la flèche et retient une part de l'énergie cinétique. Par ailleurs, il existe des pertes liées aux vibrations de l'arc [2,4]. Il ne faut pas négliger non plus les frottements de l'air lors de tirs à longues distances qui décélèrent la flèche pendant son vol [2,5]. On définit ainsi le coefficient d'efficacité de l'arc qui vaut l'énergie cinétique de la flèche après le tir divisée par le travail fourni par l'archer [2].

Afin d'optimiser ce rendement, on peut d'une part jouer sur les caractéristiques géométriques de l'arc [5]. Le design le plus abouti aujourd'hui est celui des arcs recurve utilisés en compétition de haut niveau, ils se caractérisent notamment par leurs branches en carbone fortement recourbées [4]. D'autre part on peut faire varier les caractéristiques de la flèche utilisée. Elle est assimilable à un cylindre de très petit rayon (quelques mm) qui se caractérise par sa rigidité. Elle doit être adaptée à la puissance de l'arc utilisé. En effet, plus ce dernier est puissant, plus la flèche doit être rigide pour ne pas se casser lors de l'accélération.

Une fois en vol, le tube de la flèche oscille de manière transverse. On peut donc traiter la flèche lors de son vol comme un oscillateur harmonique et étudier par exemple l'influence de ses paramètres (forme, poids, rigidité) sur sa fréquence d'oscillation. Ces dernières expliquent en partie ce que l'on appelle « le paradoxe des archers » [2] : la flèche contourne la poignée de l'arc lors de son envol.

Problématique retenue

Les modèles de résistance des matériaux permettent de simuler informatiquement la déformation d'un arc et sa courbe de pesée. Le modèle peut être vérifié expérimentalement. Il s'agit alors d'exploiter ces résultats pour discuter des paramètres qui semblent optimiser le rendement énergétique.

Objectifs du TIPE

1. Mesurer expérimentalement le module d'Young d'un arc.
2. Créer un programme informatique qui trace sa courbée pesée grâce aux modèles de résistance des matériaux.
3. Quantifier l'énergie stockée dans l'arc en exploitant la courbe de pesée.
4. Comparer le rendement énergétique de plusieurs arcs et étudier les pertes.

Références bibliographiques

- [1] R.BONCOMPAIN : Mécanique des systèmes industriels, 2. Efforts et structures : *Chapitre 3, mécanique des structures, DUNOD, 1995*
- [2] H.O MEYER : Applications of Physics to Archery : <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1511/1511.02250.pdf>, *Version pdf et résumé de la thèse, 2015*
- [3] BROWN UNIVERSITY LABORATORY : Dynamics of the bow and arrow : <http://www.brown.edu/Departments/Engineering/Labs/Nanomicro/papers/BowandArrow.pdf>, *description de plusieurs expériences sur les arcs et support de compte-rendu*
- [4] UUKHA : Les branches UX 100 : <https://www.uukha.com/fr/videos-fr.php>, *site consulté régulièrement depuis janvier 2017*
- [5] C.N HICKMAN : The Dynamics of a bow and arrow : *Journal of Applied Physics, Volume 8, 1937*

Optimisation des asservissements sur un véhicule autonome sur l'autoroute

Ce sujet rentre dans le thème de l'année: Optimalité car il correspond à l'étude de la réaction des différents types d'asservissements présents à bord d'un véhicule autonome. Nous pouvons alors faire varier les contraintes utilisées, rechercher le choix de capteur, correcteur optimale en nous aidant d'un model réduit.

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

Liste des membres du groupe :

- *NOËL Alexandre*
- *PICARD Anthonin*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Véhicule Autonome</i>	<i>Self-Driving Car</i>
<i>Identification Moteur</i>	<i>Motor identification</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Feedback Control</i>
<i>Algorithme</i>	<i>Algorithm</i>
<i>Détection</i>	<i>Sensing</i>

Bibliographie commentée

La première cause de décès sur les routes est le facteur humain. On estime en effet que l'Homme est responsable dans 90% des accidents mortels. Une solution proposée pour supprimer ce facteur serait d'autopiloter le véhicule [1]. De plus, l'absence de conducteur permet de rendre plus agréable les aspects difficiles de la conduite, tels que les embouteillages, les trajets de nuit ou les déplacements en agglomération [2].

Dans le but d'une étude comparative, on s'intéressera particulièrement à un véhicule électrique de taille réduite. L'automatisation d'un véhicule repose tout d'abord sur l'analyse de l'environnement extérieur ainsi que sur la mesure des paramètres internes ou propres au véhicule (tel que sa vitesse, sa position relative à la route ou aux autres usagers, ...). Ces informations permettent de répondre de manière adéquate à toutes les situations envisageables (piétons, animaux, travaux, etc.).

L'acquisition des informations (externes ou internes au véhicule) est réalisée à l'aide de plusieurs capteurs [3] tels que la génératrice tachymétrique ou les capteurs à ultrasons. La principale technologie utilisée sur les prototypes actuels est le lidar[7]. Il s'agit d'un outil émettant des rayons

laser invisibles, qui est donc très précis car directif. Cela permet alors, en calculant le temps de vol de l'onde réfléchie, de mesurer précisément la distance à l'objet. Ces informations sont ensuite traitées par une carte de commande programmée pour adapter le comportement du véhicule en fonction des données reçues [3].

En automatique, l'étude de la fonction de transfert en boucle ouverte et la modélisation de la chaîne fermée permettent d'optimiser la correction du système, générant ainsi une réponse efficace aux contraintes extérieures.

La fiabilité et le contrôle du véhicule selon les consignes de la carte de commande, même en présence de perturbations extérieures, sont assurés selon le type de correcteur choisi (Proportionnel, intégral, dérivé...) et de ses paramètres [4].

De façon évidente, un véhicule automatisé présentera nécessairement un asservissement en vitesse et en position, généralement en cascade de façon à améliorer la performance de l'asservissement [4].

Dans le cas d'un véhicule miniature, un capteur à effet Hall [3] (couramment utilisé pour les codeurs) fournit à la carte de commande une approximation de la vitesse de rotation des roues. Au travers d'un convertisseur électrique continu/continu communément appelé hacheur[5] la carte de commande peut ainsi réguler la tension envoyée aux bornes du moteur à courant continu[6] et contrôler la vitesse du véhicule avec précision.

Problématique retenue

Nous nous intéresserons à la modélisation numérique de l'asservissement du véhicule ainsi qu'à la réalisation d'un prototype dans le but de comparer les résultats théoriques aux résultats expérimentaux.

Objectifs du TIPE

Je me propose:

- (1) D'étudier le fonctionnement de nos différents outils que sont la carte Arduino, les différents capteurs et le hacheur.
- (2) D'effectuer divers programmes simples permettant de réaliser d'autres expériences telles que la détermination des constantes du moteur ou bien la prise de connaissance de la vitesse par les capteurs à effet Hall.
- (3) De déterminer des solutions afin de prendre connaissance de l'environnement du véhicule et d'automatiser celle-ci.

Références bibliographiques

[1] JACK STEWART : Tesla's Self-Driving Car Plan Seems Insane, But It Just Might Work :

<https://www.wired.com/2016/10/teslas-self-driving-car-plan-seems-insane-just-might-work/>

[2] MARCUS GILMER : A look at Otto, from start-up to Uber's self-driving beer runs :

<http://mashable.com/2016/10/25/otto-uber-self-driving-truck/#puWf383CWmqy>

[3] MICHAEL MARGOLIS : La boîte à outils Arduino : *DUNOD 2013*

[4] OLIVIER LE GALLO : Automatique des systèmes mécaniques : *DUNOD*

[5] GUY SÉGUIER, FRANCIS LABRIQUE, : Electronique de puissance : *9eme édition*

[6] PIERRE MAYÉ : Moteurs électriques pour la robotique : *2eme édition*

[7] STEFANO YOUNG : LIDAR in the Driver's Seat :

http://www.velodynelidar.com/lidar/hlldownloads/opfocus_v12_s7.pdf

Étude de l'asservissement d'un véhicule autonome

Asservir le véhicule en toutes circonstances, dans un cadre limité (étude restreinte sur une autoroute).

Des capteurs et différents asservissements sont nécessaires pour qu'un véhicule soit autonome, nous devons donc choisir les solutions techniques face aux différentes situations envisagées.

Les réglages des paramètres doivent être soumis au besoin du véhicule et de son environnement, tel que la météo ou les autres véhicules.

Pourquoi ce choix ? Le principal facteur d'accident en voiture est le facteur humain, rendre un véhicule autonome permet de supprimer ce facteur et ainsi préserver la vie de nombreux usagers.

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

Liste des membres du groupe :

- *ALEXANDRE Coentin*
- *PICARD Anthonin*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Véhicule Autonome</i>	<i>Self-Driving Car</i>
<i>Identifiacion Moteur</i>	<i>Motor Identification</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Feedback Control</i>
<i>Algorithme</i>	<i>Algorithm</i>
<i>Détection</i>	<i>Sensing</i>

Bibliographie commentée

La première cause de décès sur les routes est le facteur humain. On estime en effet que l'Homme est responsable dans 90% des accidents mortels. Une solution proposée pour supprimer ce facteur serait d'autopiloter le véhicule [1]. De plus, l'absence de conducteur permet de rendre plus agréable les aspects difficiles de la conduite, tels que les embouteillages, les trajets de nuit ou les déplacements en agglomération [2].

Dans le but d'une étude comparative, on s'intéressera particulièrement à un véhicule électrique de taille réduite. L'automatisation d'un véhicule repose tout d'abord sur l'analyse de l'environnement extérieur ainsi que sur la mesure des paramètres internes ou propres au véhicule (tels que sa vitesse, sa position relative à la route ou aux autres usagers, ...). Ces informations permettent de répondre de manière adéquate à toutes les situations envisageables (piétons, animaux, travaux, etc.).

L'acquisition des informations (externes ou internes au véhicule) est réalisée à l'aide de plusieurs

capteurs [3] tels que la génératrice tachymétrique ou les capteurs à ultrasons. La principale technologie utilisée sur les prototypes actuels est le lidar[7]. Il s'agit d'un outil émettant des rayons laser invisibles, qui est donc très précis car directif. Cela permet alors, en calculant le temps de vol de l'onde réfléchi, de mesurer précisément la distance à l'objet. Ces informations sont ensuite traitées par une carte de commande programmée pour adapter le comportement du véhicule en fonction des données reçues [3].

En automatique, l'étude de la fonction de transfert en boucle ouverte et la modélisation de la chaîne fermée permettent d'optimiser la correction du système, générant ainsi une réponse efficace aux contraintes extérieures.

La fiabilité et le contrôle du véhicule selon les consignes de la carte de commande, même en présence de perturbations extérieures, sont assurés selon le type de correcteur choisi (proportionnel, intégral, dérivé...) et de ses paramètres [4].

De façon évidente, un véhicule automatisé présentera nécessairement un asservissement en vitesse et en position, généralement en cascade de façon à améliorer la performance de l'asservissement [4]. Dans le cas d'un véhicule miniature, un capteur à effet Hall [3] (couramment utilisé pour les codeurs) fournit à la carte de commande une approximation de la vitesse de rotation des roues. Au travers d'un convertisseur électrique continu/continu communément appelé hacheur[5] la carte de commande peut ainsi réguler la tension envoyée aux bornes du moteur à courant continu[6] et contrôler la vitesse du véhicule avec précision.

Problématique retenue

Nous nous intéresserons à la modélisation numérique de l'asservissement du véhicule ainsi qu'à la réalisation d'un prototype dans le but de comparer les résultats théoriques aux résultats expérimentaux.

Objectifs du TIPE

Nous nous proposerons de réaliser un prototype capable de rouler en ligne droite, contrôlant sa vitesse par rapport au véhicule qui le précède.

Par répartition des tâches, mon objectif est de modéliser, au plus près possible, l'asservissement du véhicule dans le but de proposer les correcteurs les plus adaptés.

Références bibliographiques

[1] JACK STEWART : Tesla's Self-Driving Car Plan Seems Insane, But It Just Might Work : <https://www.wired.com/2016/10/teslas-self-driving-car-plan-seems-insane-just-might-work/>

[2] MARCUS GILMER : A look at Otto, from start-up to Uber's self-driving beer runs : <http://mashable.com/2016/10/25/otto-uber-self-driving-truck/#r5.0d97zhmq9>

[3] MICHAEL MARGOLIS : La boîte à outils Arduino : *DUNOD, 2013*

[4] OLIVIER LE GALLO : Automatique des systèmes mécaniques : *DUNOD*

[5] GUY SÉGUIER ; FRANCIS LABRIQUE ; PHILIPPE DELARUE : Electronique de puissance : *9e édition*

[6] PIERRE MAYÉ : Moteurs électriques pour la robotique : *2e édition*

[7] STEFANO YOUNG : Télédétection par laser (lidar) :
http://www.velodynelidar.com/lidar/hdldownloads/opfocus_v12_s7.pdf

Etude de l'asservissement d'un véhicule autonome

La principale cause de décès sur les routes est le facteur humain. Dès lors, rendre la voiture autonome peut permettre d'améliorer la sécurité. Conduire n'est plus une question de choix mais d'algorithme programmé. On optimise ainsi la réponse de la voiture à son environnement.

Pour ma part, l'optimisation d'un asservissement m'intéressait particulièrement. Il est aisé de faire répondre un système à une sollicitation extérieure ; le faire répondre de manière optimale est plus compliqué. Ce sujet me permettait de plus d'appliquer les considérations théoriques vues en cours.

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

Liste des membres du groupe :

- *ALEXANDRE Corentin*
- *NOËL Alexandre*

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Véhicule Autonome</i>	<i>Self-Driving car</i>
<i>Identification Moteur</i>	<i>Motor Identification</i>
<i>Asservissement</i>	<i>Feedback Control</i>
<i>Algorithme</i>	<i>Algorithm</i>
<i>Détection</i>	<i>Sensing</i>

Bibliographie commentée

La première cause de décès sur les routes est le facteur humain. On estime en effet que l'Homme est responsable dans 90% des accidents mortels. Une solution proposée pour supprimer ce facteur serait d'autopiloter le véhicule [1]. De plus, l'absence de conducteur permet de rendre plus agréable les aspects difficiles de la conduite, tels que les embouteillages, les trajets de nuit ou les déplacements en agglomération [2].

Dans le but d'une étude comparative, on s'intéressera notamment à un véhicule électrique de taille réduite. L'automatisation d'un véhicule repose tout d'abord sur l'analyse de l'environnement extérieur ainsi que sur *la mesure des paramètres internes* ou propres au véhicule (tel que sa vitesse, sa position relative à la route ou aux autres usagers, ...). Ces informations permettent de répondre de manière adéquate à toutes les situations envisageables (piétons, animaux, travaux, etc.).

L'acquisition des informations (externes ou internes au véhicule) est réalisée à l'aide de plusieurs

capteurs [3] tels que la génératrice tachymétrique ou les capteurs à ultrasons. La principale technologie utilisée sur les prototypes actuels est le *lidar*[7]. Il s'agit d'un outil émettant des rayons laser invisibles, qui est donc très précis car directif. Cela permet alors, en calculant le temps de vol de l'onde réfléchie, de mesurer précisément la distance à l'objet. Ces informations sont ensuite traitées par une carte de commande programmée pour adapter le comportement du véhicule en fonction des données reçues [3].

En automatique, l'étude de la fonction de transfert en boucle ouverte et la modélisation de la chaîne fermée permettent d'optimiser la correction du système, générant ainsi une réponse efficace aux contraintes extérieures.

La fiabilité et le contrôle du véhicule selon les consignes de la carte de commande, même en présence de perturbations extérieures, sont assurés selon le type de correcteur choisi (Proportionnel, intégral, dérivé...) et de ses paramètres [4].

De façon évidente, un véhicule automatisé présentera nécessairement un asservissement en vitesse et en position, généralement en cascade de façon à améliorer la performance de l'asservissement [4].

Dans le cas d'un véhicule miniature, un capteur à effet Hall [3] (couramment utilisé pour les codeurs) fournit à la carte de commande une approximation de la vitesse de rotation des roues.

Au travers d'un convertisseur électrique continu/continu communément appelé hacheur[5] la carte de commande peut ainsi réguler la tension envoyée aux bornes du moteur à courant continu[6] et contrôler la vitesse du véhicule avec précision.

Problématique retenue

Nous nous intéresserons à la modélisation numérique de l'asservissement à une dimension du véhicule ainsi qu'à la réalisation d'un prototype dans le but de comparer les résultats théoriques aux résultats expérimentaux.

Objectifs du TIPE

Je me propose d'étudier les paramètres caractéristiques du moteur à courant continu, dans le modèle réalisé. Pour y parvenir, un protocole expérimental sera établi afin de mesurer ces paramètres. Cette étude permettra dans un second temps de confronter les résultats modélisés avec l'expérience.

Références bibliographiques

- [1] JACK STEWART : Tesla's Self-Driving Car Plan Seems Insane, But It Just Might Work : <https://www.wired.com/2016/10/teslas-self-driving-car-plan-seems-insane-just-might-work/> . Site consulté en décembre 2016
- [2] MARCUS GILMER : A look at Otto, from start-up to Uber's self-driving beer runs : <http://mashable.com/2016/10/25/otto-uber-self-driving-truck/#oXGxjZWDWmqf> .Site consulté en

janvier 2017

[3] MICHAEL MARGOLIS : La boîte à outils Arduino : *DUNOD, 2013*

[4] OLIVIER LE GALLO : Automatique des systèmes mécaniques : *DUNOD*

[5] GUY SÉGUIER, FRANCIS LABRIQUE, PHILIPPE DELARUE : Electronique de puissance : *9e édition*

[6] PIERRE MAYÉ : Moteurs électriques pour la robotique, : *2e édition*

[7] STEFANO YOUNG : LIDAR in the Driver's Seat :
http://www.velodynelidar.com/lidar/hdldownloads/opfocus_v12_s7.pdf .PDF consulté en janvier 2017

Localisation et déplacement d'un fauteuil électrique autonome

Mon TIPE porte sur l'étude du déplacement autonome et la localisation d'un robot via la problématique du fauteuil électrique autonome.

La réalisation pratique d'un système autonome peut se faire de différentes façons (réalisation algorithmique, choix des capteurs). Le choix de ces derniers dépend des contraintes liées au besoin initial et fait souvent l'objet de compromis.

Je voulais étudier les systèmes autonomes car le domaine est vaste et permet une certaine créativité. De plus, il reste accessible tout en offrant de réelles complications de réalisation. Finalement, la réalisation d'un système autonome s'inscrit dans une problématique actuelle de développement des systèmes robotiques.

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

Liste des membres du groupe :

- *KOUTA Alexandre*
- *LE ROUX DE BRETAGNE Paul*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique), INFORMATIQUE (Technologies informatiques).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>robot autonome</i>	<i>autonomous robot</i>
<i>odométrie</i>	<i>odometry</i>
<i>localisation</i>	<i>locating</i>
<i>asservissement</i>	<i>feedback control</i>
<i>capteurs à ultrasons</i>	<i>ultrasonic sensor</i>

Bibliographie commentée

Un des avantages de la robotique est de permettre l'amélioration du mode de vie de chacun. Il y a maintenant trois ans, la société Intel a développé en collaboration avec le scientifique Stephen Hawking un fauteuil électrique connecté [7]. Celui-ci permet le déplacement autonome de l'utilisateur vers des lieux à proximité et cela sans contrôle de l'utilisateur outre la commande initiale.

Le fauteuil roulant doit respecter plusieurs critères pour garantir un confort optimal à son utilisateur. Il doit pouvoir se repérer dans son environnement, éviter les obstacles et optimiser ses trajectoires et ses déplacements.

Le fauteuil roulant autonome doit donc pouvoir se repérer dans son environnement. On différencie ainsi la localisation absolue qui consiste à connaître la position du robot (de façon plus générale) sur une carte globale (ex: GPS) de la localisation relative qui consiste à évaluer le déplacement

effectué pour en déduire la position par rapport à une position antérieure connue [1]. Pour évaluer ce déplacement, on peut soit effectuer des mesures odométriques (étudié plus en détail à la fin), soit le calculer par intégration de mesures de l'accélération ou de la vitesse (à l'aide de gyroscopes, accéléromètres), soit le déduire de mesures sur l'environnement lui-même (mesures extéroceptives via des capteurs à ultrasons, laser etc.). Les mesures extéroceptives permettent, dans le cas où on connaît l'emplacement des éléments détectés dans un repère global, de déterminer la position du robot à un instant donné indépendamment des précédents (localisation absolue) [2]. Dans le cas contraire, on peut dresser la carte de l'environnement : on parle de SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). Il faut donc pouvoir modéliser l'environnement.

Il existe deux grandes classes de modèles: les modèles topologiques et les modèles métriques [3]. Les représentations topologiques mémorisent un ensemble de lieux ainsi que les façons de passer des uns aux autres. Les représentations métriques permettent de déterminer le chemin pour aller d'un lieu mémorisé à un autre (entre autre via l'algorithme A* [4]). Dans le cas métrique, on utilise une grille d'occupation. Le terme "grille" signifie qu'on représente l'environnement en 2D sous forme de cellules (carrées le plus souvent). Quand on associe à chacune de ces cellules une valeur qualifiant la présence plus ou moins certaine d'un obstacle on parle de grille d'occupation. Ces valeurs sont issues de la mesure des capteurs sur l'environnement direct du robot après traduction en langage probabiliste. En général on dispose d'une grille locale qui traduit l'environnement direct du robot et d'une grille globale qui regroupe les mesures précédentes. On peut alors "mettre à jour" la grille globale en prenant en compte les nouvelles mesures. Si la grille globale est connue avec certitude (donnée par l'utilisateur), on peut localiser la position du robot en comparant la grille locale à la grille globale à la recherche de similitudes. La méthode par grille d'occupation présente l'avantage de fonctionner avec des capteurs peu précis comme les capteurs à ultrasons, cependant les temps de calculs peuvent devenir très long si on cherche une trop grande résolution (cellules de petites tailles) [5].

Lors du déplacement du fauteuil roulant, il est nécessaire de s'assurer qu'on arrivera à la destination voulue sans difficulté pour l'utilisateur. Pour cela, des codeurs incrémentaux implantés sur chaque roue motrice [6] permettent de contrôler et rectifier la trajectoire du robot pendant son déplacement : c'est l'odométrie. Est associée à cela les mesures effectués par les capteurs extéroceptifs. Cependant, des contraintes de temps de traitement pour la rectification sont nécessaires (de l'ordre de la seconde) ainsi que des contraintes de précision.

Problématique retenue

Le fauteuil roulant autonome modélisé par un robot doit pouvoir assurer un déplacement (simple) avec une précision suffisante et trouver sa position dans un environnement connu. Ces fonctions étant implémentées sur une carte arduino contrôlant les moteurs et les capteurs à ultrasons.

Objectifs du TIPE

Je me propose:

(i) de réaliser le robot et en particulier le circuit électrique liant les principaux composants (carte

arduino, nombreux capteurs à ultrasons, deux moteurs).

(ii) d'établir les fonctions du code permettant la mise en service rapide du robot (sans réaliser les fonctions plus complexes pour l'ajustement des trajectoires, ni l'odométrie).

(iii) de mesurer la précision du déplacement du robot sur des déplacements simples.

(iv) d'ébaucher la localisation du robot dans son environnement.

Références bibliographiques

[1] JULIEN MORAS : Grilles de perception évidentielles pour la navigation robotique en milieu urbain : *Thèse soutenue en 2013_Parties 1 et 2_* https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00866300/file/These_Utc_Julien_Moras.pdf

[2] OMAR AÏT-AIDER : Localisation référencée modèle d'un robot mobile d'intérieur : *Thèse soutenue en 2002_Partie 1: localisation en robotique mobile_* <http://lsc.univ-evry.fr/~hoppenot/recherche/publications/articles.pdf/theseomar.pdf>

[3] DAVID FILLIAT : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées ParisTech: Robotique Mobile : *version du 17 octobre 2016_parties III-9, III-10_* http://perso.ensta-paristech.fr/~filliat/Courses/Polys/Filliat_RobotiqueMobile_ENSTAParisTech.pdf

[4] PIERRE SCHWARTZ : Recherche de chemin par l'algorithme A* : *dernière date de consultation: 13 mars 2017_* <http://khayyam.developpez.com/articles/algo/astar/>

[5] FABRICE VINCENT : Modélisation de l'environnement et localisation pour un véhicule : *DEA présenté en 1997_* <http://emotion.inrialpes.fr/fraichard/publications/internships/97-master-vincent.pdf>

[6] O.HORN, M.KREUTNER : Perception par Ultrasons et Vision pour la localisation d'un Fauteuil Electrique Autonome : *date de publication en ligne: 15 juin 2004_* <http://www.j3ea.org/articles/j3ea/pdf/2004/02/j3ea2004607.pdf>

[7] LISE LOUMÉ : Le fauteuil roulant connecté de Stephen Hawking : *dernière date de consultation: 19 mars 2017_* https://www.sciencesetavenir.fr/sante/video-le-fauteuil-roulant-connecte-de-stephen-hawking_27846

Déplacement et orientation d'un fauteuil électrique

Le but de l'étude est d'imaginer des stratégies de déplacements dans un environnement. Il s'agit de déterminer la position théorique du fauteuil en fonction des informations codeuses, puis de mesurer et de corriger l'erreur de position par rapport à la position vraie pour des trajectoires particulières. Ceci s'inscrit parfaitement dans le thème de l'année car il faut obtenir des résultats précis, malgré les différents obstacles, en choisissant le matériel et les algorithmes appropriés.

Les automates sont de plus en plus utilisés et se perfectionnent avec les nouvelles technologies. En particulier, le fauteuil électrique est un choix passionnant.

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

Liste des membres du groupe :

- *CALOT--PLAETEVOET Paul*
- *LE ROUX DE BRETAGNE Paul*

Positionnement thématique

INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>odométrie</i>	<i>Odometry</i>
<i>mesures ultrasonores</i>	<i>Ultrasonic measurements</i>
<i>déplacement</i>	<i>shifting</i>
<i>précision</i>	<i>precision</i>
<i>localisation</i>	<i>localization</i>

Bibliographie commentée

Un des avantages de la robotique est de permettre l'amélioration du mode de vie de chacun. Il y a trois ans, la société Intel a développé en collaboration avec le physicien Stephen Hawking un fauteuil électrique connecté. Celui-ci permet le déplacement autonome de l'utilisateur vers des lieux à proximité sans contrôle de l'utilisateur outre la commande initiale.

Le fauteuil roulant doit respecter plusieurs critères pour garantir un confort optimal à son utilisateur. Il doit pouvoir se repérer dans son environnement, éviter les obstacles et optimiser ses trajectoires et ses déplacements.

Le fauteuil roulant autonome doit donc pouvoir se repérer dans son environnement. On différencie ainsi [1] la localisation absolue, qui consiste à connaître la position du robot sur une carte globale (ex : GPS), de la localisation relative qui consiste à évaluer le déplacement effectué pour en déduire

la position. Pour évaluer ce déplacement, on peut effectuer effectué, à la place des mesures odométriques, un calcul par intégration de mesures de l'accélération ou de la vitesse (à l'aide de gyroscope, accéléromètre). On peut également évaluer ce déplacement par déduction de mesures sur l'environnement lui-même (mesures extéroceptives via des capteurs à ultrasons, laser). Les mesures extéroceptives permettent [2], dans le cas où on connaît l'emplacement des éléments détectés dans un repère global, de déterminer la position du robot à un instant donné indépendamment des instants précédents (localisation absolue). Dans le cas contraire, on peut dresser la carte de l'environnement : on parle de SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). Il faut donc pouvoir représenter l'environnement. Il existe deux grandes classes de représentations : les cartes topologiques et les cartes métriques [3]. Les représentations topologiques mémorisent un ensemble de lieux ainsi que les façons de passer des uns aux autres. Les représentations métriques permettent de déterminer le chemin pour aller d'un lieu mémorisé à un autre (entre autre via l'algorithme A* [4]).

Dans le cas métrique, on utilise une grille d'occupation. Le terme "grille" signifie qu'on représente l'environnement en 2D sous forme de cellules (carrées le plus souvent). Quand on associe à chacune de ces cellules une valeur qualifiant la présence plus ou moins certaine d'un obstacle, on parle de grille d'occupation. Ces valeurs sont issues de la mesure des capteurs sur l'environnement direct après traduction en langage probabiliste. En général on dispose d'une grille locale qui traduit l'environnement direct du robot et d'une grille globale qui regroupe les mesures précédentes. On peut alors "mettre à jour" la grille globale en prenant en compte les nouvelles mesures. Si la grille globale est connue avec certitude, on peut localiser la position du robot en comparant la grille locale et la grille globale, à la recherche de similitudes. La méthode par grille d'occupation présente l'avantage de fonctionner avec des capteurs peu précis comme les capteurs à ultrasons. Cependant, les temps de calculs peuvent devenir très long si on cherche une trop grande résolution (cellules de petites tailles) [5].

Lors du déplacement du fauteuil roulant, il est nécessaire de s'assurer qu'on arrivera à la destination voulue sans difficulté pour l'utilisateur. Pour cela, des codeurs incrémentaux implantés sur chaque roue motrice [6] permettent de contrôler et de rectifier la trajectoire du robot pendant son déplacement : c'est l'odométrie. On associe à cela les mesures effectuées par les capteurs extéroceptifs. Cependant, des contraintes de temps de traitement pour la rectification sont nécessaires, ainsi que des contraintes de précision.

Problématique retenue

Le fauteuil roulant autonome modélisé par un robot doit pouvoir assurer un déplacement simple avec une précision suffisante et trouver sa position dans un environnement connu, ces fonctions étant implémentées sur une carte arduino contrôlant les moteurs et les capteurs à ultrasons.

Objectifs du TIPE

Je choisis de m'orienter en particulier vers l'odométrie. Il faut donc équiper le robot de roues

codeuses sur chacune des roues. A l'aide des fronts montants et descendants, on mesure sur un intervalle de temps la distance parcourue par le robot. En fonction des résultats obtenus, l'erreur entre la position désirée et réelle sera mesurée, et une explication de cette erreur sera proposée (frottements de roues etc.)

Références bibliographiques

- [1] JULIEN MORAS : Grilles de perception évidentielles pour la navigation robotique en milieu urbain : <NNT:2013COMP2057>.<tel-00866300>
- [2] OMAR AÏT-AIDER : Localisation référencée modèle d'un robot mobile d'intérieur : UNIVERSITE D'EVRY-VAL D'ESSONNE
- [3] DAVID FILLIAT : Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées ParisTech:Robotique Mobile : MAJ du 3/10/2013
- [4] PIERRE SCHWARZ : Recherche de chemin par l'algorithme A* : <http://khayyam.developpez.com/articles/algo/astar/>
- [5] FABRICE VINCENT : Modélisation de l'environnement et localisation de l'environnement : DEA présenté 1997
- [6] O.HORN ET M.KREUTNER : Perception par Ultrasons et Vision pour la localisation d'un Fauteuil Electrique Autonome : -

Localisation et déplacement d'un fauteuil électrique autonome

Pour mon TIPE, j'ai décidé de m'intéresser à l'apport de la robotique dans notre vie quotidienne. Etant curieux envers le monde de la programmation, ce projet était une véritable opportunité pour moi. L'idée majeure de notre TIPE est de déplacer une base de robot sur le modèle d'un fauteuil roulant électrique, celui-ci devant se déplacer dans un environnement inconnu en évitant des obstacles placés de manière aléatoire sur son chemin. En tenant compte de ces aspects, notre fauteuil électrique devait donc effectuer les meilleurs choix (trajectoire, composants ...) pour garantir une sécurité optimale à l'utilisateur.

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

Liste des membres du groupe :

- *CALOT--PLAETEVOET Paul*
- *KOUTA Alexandre*

Positionnement thématique

SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique).

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Autonomie</i>	<i>Autonomy</i>
<i>Détection</i>	<i>Detection</i>
<i>Adaptation</i>	<i>Adaptation</i>
<i>Automatisme</i>	<i>Automatism</i>
<i>Déplacement</i>	<i>Movement</i>

Bibliographie commentée

Un des avantages de la robotique est de permettre l'amélioration du mode de vie de chacun. Il y a maintenant trois ans, la société Intel a développé en collaboration avec le scientifique Stephen Hawking un fauteuil électrique connecté. Celui-ci permet le déplacement autonome de l'utilisateur vers des lieux à proximité grâce à une connexion internet [1].

Le fauteuil roulant doit respecter plusieurs critères pour garantir un confort optimal à son utilisateur. Il doit savoir se repérer dans son environnement, éviter les obstacles et optimiser ses trajectoires. C'est pourquoi le déplacement du robot doit être formaté: avancer, tourner de 90°, effectuer un demi-tour... Un des problèmes majeurs auquel est confronté chaque ingénieur s'occupant de robot mobile est le problème d'un déplacement rectiligne. Dans le labyrinthe la solution la plus pertinente pour régler ce problème est un asservissement en suivi de trajectoire. Cette technique permet de réguler la position du robot à l'aide de capteurs par rapport à une trajectoire voulue. La loi de commande C.Samson est la plus utilisée dans ce domaine par sa

simplicité et surtout son adaptation aux robots non holonomes (un robot est non holonome quand il ne dispose pas des six degrés de liberté) [2]. Elle régule la position en fonction de la distance de la base mobile à la droite ainsi qu'en fonction de l'angle du robot par rapport à la trajectoire demandée.

Le fauteuil roulant doit aussi pouvoir se repérer. On différencie ainsi la localisation absolue qui consiste à connaître la position du robot (de façon plus générale) sur une carte globale (ex : GPS) de la localisation relative qui consiste à évaluer le déplacement effectué pour en déduire la position par rapport à une position antérieure connue [3]. Pour évaluer ce déplacement, on peut passer par différentes mesures. Les mesures extéroceptives permettent, dans le cas où on connaît l'emplacement des éléments détectés dans un repère global, de déterminer la position du robot à un instant donné indépendamment des précédents (localisation absolue) [4]. Dans le cas contraire, on peut dresser la carte de l'environnement : on parle de SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). Il faut donc pouvoir modéliser l'environnement. Il existe deux grandes classes de modèles : les modèles topologiques et les modèles métriques [5]. Les représentations topologiques mémorisent un ensemble de lieux ainsi que les façons de passer des uns aux autres. Les représentations métriques permettent de déterminer le chemin pour aller d'un lieu mémorisé à un autre (via l'algorithme A^* [6]). Dans le cas métrique, on utilise une grille d'occupation. Le terme "grille" signifie qu'on représente l'environnement en 2D sous forme de cellules (carrées le plus souvent). Quand on associe à chacune de ces cellules une valeur qualifiant la présence plus ou moins certaine d'un obstacle on parle de grille d'occupation. Ces valeurs sont issues de la mesure des capteurs sur l'environnement direct après traduction en langage probabiliste. En général on dispose d'une grille locale qui traduit l'environnement direct du robot et d'une grille globale qui regroupe les mesures précédentes. Si la grille globale est connue avec certitude (donnée par l'utilisateur), on peut localiser la position du robot en comparant la grille locale et la grille globale à la recherche de similitudes. La méthode par grille d'occupation présente l'avantage de fonctionner avec des capteurs peu précis comme les capteurs à ultrasons, cependant les temps de calculs peuvent devenir très long si on cherche une trop grande résolution [7].

Lors du déplacement du fauteuil roulant, il est nécessaire de s'assurer qu'on arrivera à la destination voulue sans difficulté pour l'utilisateur. Pour cela, des codeurs incrémentaux implantés sur chaque roue motrice [8] permettent de contrôler et rectifier la trajectoire du robot pendant son déplacement : c'est l'odométrie. Est associée à cela les mesures effectués par les capteurs extéroceptifs. Cependant, des contraintes de temps de traitement pour la rectification sont nécessaires (de l'ordre de la seconde) ainsi que des contraintes de précisions.

Problématique retenue

Le fauteuil roulant autonome modélisé par un robot doit pouvoir assurer un déplacement (simple) avec une précision suffisante et trouver sa position dans un environnement connu. Ces fonctions étant implémentées sur une carte arduino contrôlant les moteurs et les capteurs à ultrasons.

Objectifs du TIPE

1. Je me proposerais d'établir les fonctions du code permettant la mise en service du robot (sans réaliser les fonctions plus complexes pour l'ajustement des trajectoires, ni l'odométrie).
2. Je tenterais réaliser les fonctions plus complexes du code: celles pour éviter les obstacles, suivre un mur, améliorer les fonctions déjà existantes, décrire une parabole, une courbe donnée afin d'optimiser notre robot au maximum.

Références bibliographiques

- [1] LISE LOUMÉ : Le fauteuil roulant connecté de Stephen Hawking : https://www.sciencesetavenir.fr/sante/video-le-fauteuil-roulant-connecte-de-stephen-hawking_27846
- [2] P.MORIN ET C.SAMSON : Commande (loi de Samson) : http://www-sop.inria.fr/members/Pascal.Morin/PapersDR2/chap_01.pdf
- [3] JULIEN MORAS : Grilles de perception évidentielles pour la navigation robotique en milieu urbain (paragraphe I) : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00866300/>
- [4] OMAR AÏT-AIDER : Localisation référencée modèle d'un robot mobile d'intérieur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00682235/>
- [5] DAVID FILLIAT : , École Nationale Supérieure de Techniques Avancées ParisTech: Robotique Mobile (MAJ du 3/10/2013) : http://perso.ensta-paristech.fr/~filliat/Courses/Polys/Filliat_RobotiqueMobile_ENSTAParisTech.pdf
- [6] PIERRE SCHWARTZ : Recherche de chemin par l'algorithme A* : <http://khayyam.developpez.com/articles/algo/astar/>
- [7] FABRICE VINCENT : Modélisation de l'environnement et localisation pour un véhicule : <http://emotion.inrialpes.fr/fraichard/publications/internships/97-master-vincent.pdf>
- [8] O.HORN ET M.KREUTNER : Perception par Ultrasons et Vision pour la localisation d'un Fauteuil Electrique Autonome : <http://www.j3ea.org/articles/j3ea/pdf/2004/02/j3ea2004607.pdf>

Etude du système anti rotation d'un engin spatial par libération de masselottes.

Intéressé par le domaine de l'aérospatial, j'ai décidé de travailler sur ce TIPE après avoir vu une vidéo de vulgarisation scientifique traitant de ce « système YOYO » par libération de masselottes sur la chaîne Youtube Practical Engineering. Cette technologie d'apparence simple a été utilisée par la NASA dans les années 1970. Je me suis interrogé sur l'efficacité du système et les conditions pertinentes de sa mise en œuvre en termes de contraintes et de complexité.

La faisabilité d'expériences à notre échelle ainsi que la compréhension de la théorie s'y attachant ont confirmé ce choix pour notre groupe.

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

Liste des membres du groupe :

- PAQUIN Paul
- SEELEUTHNER Pierre

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Dégyration</i>	<i>Despin</i>
<i>Moment d'inertie</i>	<i>Moment of inertia</i>
<i>Système Yo-Yo</i>	<i>Yo-Yo system</i>
<i>Attitude</i>	<i>Attitude</i>
<i>Ralentissement</i>	<i>Deceleration</i>

Bibliographie commentée

Lors de la propulsion d'un corps dans l'espace, une fusée par exemple, celle-ci peut dévier de sa trajectoire. Pour y remédier, elle peut être mise en rotation afin de stabiliser son orientation durant sa course. On appelle ceci un contrôle d'attitude, l'attitude d'un satellite correspondant à l'orientation de ses axes dans l'espace. Il existe de nombreuses manières de contrôler l'attitude mais la plus courante consiste à faire "spinner" le satellite c'est-à-dire l'entraîner en rotation autour de l'un de ses axes dans l'optique de le stabiliser grâce au phénomène de raideur gyroscopique. L'axe choisi étant le plus souvent celui de roulis.[1,2,4]

Le problème majeur de cette technique est qu'une fois la phase de propulsion terminée, le satellite conserve sa rotation. Il est donc nécessaire de le dégyrer pour qu'il puisse poursuivre sa mission. Si aujourd'hui il est plus courant d'utiliser des propulseurs qui compensent automatiquement la

rotation du satellite, dans les années 70 une autre technologie à été développée : le mécanisme de despin par système Yo-Yo. [1,4]

Le système de despin Yo-yo est fondé sur le principe de conservation du moment cinétique. Il est constitué de deux câbles enroulés de manière symétrique autour du satellite. Ces câbles sont liés d'une part à des masselottes et de l'autre au satellite. Le système fonctionne de la manière suivante : les extrémités où se situent les masselottes sont lâchées grâce à des boulons explosifs et les câbles commencent à se déployer dans le sens de la rotation. Ils sont ensuite lâchés soit de manière radiale soit tangentielle par rapport à leur dernier point d'attache et ralentissent le satellite de la même manière que les patineurs artistiques lorsqu'ils écartent les bras, sauf que dans notre cas, on « éjecte les bras ». [1,3]

On peut calculer en amont les couples (longueur des filins, masses des masselottes) qui permettent de réduire suffisamment la vitesse de rotation du satellite à une vitesse résiduelle qui sera facilement compensée par d'autres systèmes de contrôle d'attitude. [1,2,3,6]

La technologie par Yo-Yo a été étudiée principalement par les centres spatiaux américains et français durant les années 60/70, et a été utilisée pour la première fois sur le satellite de la marine américaine Transit 1-A (1959 Nasa, échec au lancement) mais a fait ses preuves avec le satellite météorologique Eole (1971, CNES) où le système était constitué de masselottes de 0.103 kg et des câbles de 3.77 m dans l'optique de ralentir une rotation de 180 tours par minutes et elle restera utilisée par la Nasa jusqu'en 2007 avec la sonde spatiale Dawn où deux masselottes de 3 kg et des câbles de 12 mètres furent utilisés pour faire chuter la vitesse de rotation de l'engin spatial d'une masse de 1 420 kg de 36 tours à 3 tours par minute. Ce système est aussi utilisé depuis 2012 par l'entreprise UP Aerospace qui propose un service de vols suborbitaux courts destinés à des expériences scientifiques et militaires. [5]

Problématique retenue

Le hasard étant un paramètre à minimiser lors des missions spatiales, le choix de la longueur des fils et de la masse des masselottes est déterminant pour avoir la meilleure estimation de la vitesse de rotation finale du satellite. Ces paramètres varient en fonction du type de lâché des masselottes.

Objectifs du TIPE

Après avoir codé sous python les équations théoriques permettant une prévision de la réponse du système selon les choix de couple masse des masselottes/longueurs des fils, nous avons réalisé un modèle expérimental du système présent sur les satellites à partir d'une roue de vélo. Cette modélisation permet alors de comparer expérimentalement les performances attendues selon l'angle de lâcher des masselottes. L'étude de quelques paramètres d'influence (masses et longueurs des fils mises en jeu, vitesse de rotation initiale, inertie du système) sur la capacité de réponse du système poursuivra notre étude.

Références bibliographiques

- [1] HOWARD CURTIS : Orbital Mechanics for Engineering Students : *Chapitre 10.8 : Yoyo-despin mechanism, Elsevier, 2005*
- [2] M. GHINSBERG, PIERRE RICARD : Ralentissement par Yo-Yo : *Centre Spatial de Brétigny Divisions "Satellites" et "Stabilisation", CNES, 1967*
- [3] WILLIAM R.MENTZER : Analysis of the dynamics tests of the stretch yo-yo despin system : *Nasa, technical note D-1902, 1963, 21p*
- [4] GRADY HILLHOUSE : "Can a satellite do a yo-yo trick?" : *Practical Engineering, <http://practical.engineering/blog/2016/3/21/yoyo-de>, page publiée le 21 mars 2016*
- [5] M. MONTEIL : Satellite Eole : *CNES, Note technique, Centre Spatial de Toulouse Division "Techniques Spatiales", CNES, 1969*
- [6] RINO NAVONI : Arrêt du composite P07-Exosat par yo-yo : *CNES, Centre Spatial de Toulouse Division "Stabilisation-Structure-Thermique", 1967*

Système de-spin Yo-Yo : Mécanisme d'anti-rotation par projection de masselottes

Ayant toujours eu une passion certaine pour le domaine spatial et après avoir vu une vidéo sur la stabilisation d'attitude d'un satellite, j'ai décidé d'étudier un système d'anti-rotation par projection de masselottes i.e le système yoyo.

Plus particulièrement, mon étude s'est tournée vers l'optimisation du temps d'arrêt de la rotation d'un corps, en modifiant le couple masse des masselottes/longueur des fils.

Peut-être pourra-t-on établir une relation entre l'inertie de ce corps et le couple associé qui optimise son temps d'arrêt.

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

Liste des membres du groupe :

- *BECAERT* Brendan
- *SEELEUTHNER* Pierre

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Freinage</i>	<i>Braking</i>
<i>Moment d'inertie</i>	<i>Moment of inertia</i>
<i>Dégyration</i>	<i>Despin</i>
<i>Système Yo-yo</i>	<i>Yo-yo System</i>
<i>Attitude</i>	<i>Attitude</i>

Bibliographie commentée

Lors de la propulsion d'un corps dans l'espace, celui-ci peut dévier de sa trajectoire. Pour y remédier il est nécessaire de stabiliser son orientation durant sa course. On appelle ceci un contrôle d'attitude, l'attitude d'un satellite correspondant à l'orientation de ses axes dans l'espace. Il existe de nombreuses manières de contrôler l'attitude mais la plus courante consiste à faire "spinner" le satellite - à l'entraîner en rotation autour de l'un de ses axes - dans l'optique de stabiliser cet axe grâce au phénomène de raideur gyroscopique [1],[4].

Le problème majeur de cette technique est qu'une fois la phase de propulsion terminée, le satellite conserve sa rotation. Il est donc nécessaire de le dégyrer pour qu'il poursuive sa mission.

Si aujourd'hui il existe d'autres techniques (utilisation de rétro-propulseurs autour de l'axe de rotation, utilisation d'un propulseur principal inclinable, optimisation de la surface de contact avec l'air de la stratosphère pour compenser la rotation du satellite), dans les années 70 une solution

mécanique au problème de stabilisation spatiale a été développée : le système de-spin Yo-Yo.

Le système de despin Yo-yo est basé sur le principe de conservation du moment cinétique. Il est constitué de deux câbles attachés dans le sens contraire de la rotation autour du corps symétriquement par rapport à son centre. Au bout des filins sont placées deux masselottes qui, dans l'objectif de diminuer la vitesse angulaire du satellite, sont lâchées grâce à des boulons explosifs et sont donc écartées de l'axe de rotation et se déploient alors dans le même sens que le sens de rotation de la roue [2],[3]. Elles sont ensuite relâchées soit radialement ou tangentiellement et ralentissent alors le satellite.

On peut calculer en amont les couples (longueur des filins, masse des masselottes) qui peuvent réduire suffisamment la vitesse de rotation du satellite à une vitesse résiduelle bien inférieure à la vitesse de rotation initiale [6]. Cependant il est nécessaire de considérer le coût énergétique du transport des câbles et des masselottes qui se doit d'être minimisé. Ainsi il peut être plus efficace voire indispensable de coupler ce système à un second pour compenser la vitesse résiduelle non nulle.

Cette technologie a été étudiée principalement par les centres spatiaux américains et français durant les années 60/70. Elle a été inaugurée par le satellite de la marine américaine Transit 1-A (1959 NASA, échec au lancement) et a notamment été utilisée dans le satellite météorologique Eole [5] (1971, CNES) avec des masselottes de 0.103 kg et des câbles de 3.77 m dans l'optique de ralentir une rotation de 180 tours par minute. Elle restera employée par la NASA jusqu'en 2007 avec la sonde spatiale Dawn où deux masselottes de 3 kg et des câbles de 12 mètres furent sélectionnés pour faire chuter la vitesse de rotation de l'engin spatial d'une masse de 1 420 kg de 36 tours à 3 tours par minute.

Problématique retenue

Le hasard étant un paramètre à minimiser lors de missions spatiales, le choix de la longueur des fils et de la masse des masselottes est déterminant pour avoir la meilleure estimation de la vitesse de rotation finale du satellite. Ces paramètres varient en fonction du type de lâché des masselottes.

Objectifs du TIPE

- 1) Théorie : Je me propose de déterminer l'impact des différents paramètres d'un modèle simple (en deux dimensions) en rotation autour d'un axe sur les valeurs des couples nominaux (masselottes/filins).
- 2) Modélisation : Au moyen de Python (langage informatique) et Algodoo (logiciel de simulation mécanique), je réaliserai la modélisation du comportement d'un corps en rotation couplé au système Yo-Yo dans des conditions optimales.
- 3) Réalisation: Je construirai un modèle réel sur lequel je pourrai étudier le temps d'arrêt en fonction des couples (masselottes/filins) pour essayer de comparer les lâchés radiaux et tangentiels.

Références bibliographiques

- [1] HOWARD CURTIS : Orbital Mechanics for Engineering Students : *Chapitre 10.8 : Yoyo-despin mechanism, Elsevier, 2005, 704 p., p.509-516*
- [2] M. GHINSBERG, PIERRE RICARD : Ralentissement par Yoyo : *CNES, Centre Spatial de Brétigny, Division "Satellites", Département "Stabilisation", 1967, 38 p.*
- [3] WILLIAM R. MENTZER : Analysis of the dynamics tests of the stretch yo-yo despin system : *NASA, Technical Note D-1902, 1963, 21 p.*
- [4] GRADY HILLHOUSE : Can a satellite do a yo-yo trick ?, Yoyo Despin for Spacecraft : *Practical Engineering, <http://practical.engineering/blog/2016/3/21/yoyo-de>, 21/03/2016, vidéo 8:24mn*
- [5] M. MONTEIL : Satellite Eole : *CNES, Note technique, Centre Spatial de Toulouse, Division "Techniques aérospatiales", 1969, 3p.*
- [6] RINO NAVONI : Arrêt du composite P07 - Exosat par yo-yo, Etude paramétrique : *CNES, Centre Spatial de Toulouse, Division "Stabilisation-Structures-Thermique", 1979, 30p.*

Arrêt de rotation par système yoyo

L'aérospatiale est un domaine que je pense propice aux innovations techniques. Elles répondent à des contraintes inédites et l'une d'elles est la nécessité de dégyrer les engins spatiaux arrivant en orbite.

Un choix efficace est d'utiliser un système yoyo. Il s'agit simplement de dérouler des masses accrochées à des cables, puis de les lâcher. Et le satellite arrête sa rotation sans utiliser de carburant.

J'ai donc choisi de fabriquer un système en rotation et de l'arrêter par ce procédé. Il devra être dimensionné pour accéder à des performances optimales, et ce sera l'objectif de mon étude.

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

Liste des membres du groupe :

- *BECAERT Brendan*
- *PAQUIN Paul*

Positionnement thématique

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

Mots-clés

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Dynamique des satellites</i>	<i>Satellites dynamics</i>
<i>Moment d'inertie</i>	<i>Moment of inertia</i>
<i>Dégyration</i>	<i>Despin</i>
<i>Système Yo-yo</i>	<i>Yo-yo System</i>
<i>Attitude</i>	<i>Attitude</i>

Bibliographie commentée

Lors de la propulsion d'un corps dans l'espace, une fusée par exemple, celle-ci peut dévier de sa trajectoire. Pour y remédier, elle peut être mise en rotation afin de stabiliser son orientation durant sa

course. On appelle ceci un contrôle d'attitude, l'attitude d'un satellite correspondant à l'orientation de

ses axes dans l'espace. Il existe de nombreuses manières de contrôler l'attitude mais la plus courante

consiste à faire "spinner" le satellite c'est-à-dire l'entraîner en rotation autour de l'un de ses axes dans

l'optique de le stabiliser grâce au phénomène de raideur gyroscopique. L'axe choisi étant le plus souvent

celui de roulis.[1,2,4]

Le problème majeur de cette technique est qu'une fois la phase de propulsion terminée, le satellite conserve sa rotation. Il est donc nécessaire de le dégyrer pour qu'il puisse poursuivre sa mission. Si aujourd'hui il est plus courant d'utiliser des propulseurs qui compensent automatiquement la rotation du

satellite, dans les années 70 une autre technologie a été développée : le mécanisme de despin par système Yo-Yo. [1,4]

Le système de despin Yo-yo est fondé sur le principe de conservation du moment cinétique. Il est constitué de deux câbles enroulés de manière symétrique autour du satellite. Ces câbles sont liés d'une

part à des masselottes et de l'autre au satellite. Le système fonctionne de la manière suivante : les extrémités où se situent les masselottes sont lâchées grâce à des boulons explosifs et les câbles commencent à se déployer dans le sens de la rotation. Ils sont ensuite lâchés soit de manière radiale soit tangentielle par rapport à leur dernier point d'attache et ralentissent le satellite de la même manière

que les patineurs artistiques lorsqu'ils écartent les bras, sauf que dans notre cas, on « éjecte les bras ».

[1,3]

On peut calculer en amont les couples (longueur des fils, masses des masselottes) qui permettent de

réduire suffisamment la vitesse de rotation du satellite à une vitesse résiduelle qui sera facilement compensée par d'autres systèmes de contrôle d'attitude. [1,2,3,6]

La technologie par Yo-Yo a été étudiée principalement par les centres spatiaux américains et français

durant les années 60/70, et a été utilisée pour la première fois sur le satellite de la marine américaine

Transit 1-A (1959 Nasa, échec au lancement) mais a fait ses preuves avec le satellite météorologique

Eole (1971, CNES) où le système était constitué de masselottes de 0.103 kg et des câbles de 3.77 m dans l'optique de ralentir une rotation de 180 tours par minutes et elle restera utilisée par la Nasa jusqu'en 2007 avec la sonde spatiale Dawn où deux masselottes de 3 kg et des câbles de 12 mètres furent utilisés pour faire chuter la vitesse de rotation de l'engin spatial d'une masse de 1 420 kg de

36 tours à 3 tours par minute. Ce système est aussi utilisé depuis 2012 par l'entreprise UP Aerospace qui

propose un service de vols suborbitaux courts destinés à des expériences scientifiques et militaires. [5]

Problématique retenue

Le hasard étant un paramètre à minimiser lors de missions spatiales, le choix de la longueur des fils et des masses des masselottes est déterminant pour avoir la meilleure estimation de la vitesse de rotation finale du satellite. Ces paramètres varient en fonction du type de lâché des masselottes.

Objectifs du TIPE

Mon objectif a été d'abord de fabriquer une maquette avec mon groupe afin d'observer l'effet yoyo sur un corps en rotation.

L'approche a été la suivante:

- 1) Vérifier que le montage est conforme à la théorie pour un lâcher tangentiel
- 2) Comparer les performances avec le lâcher radial en terme de réduction de vitesse de rotation avec la longueur de câble utilisée.
- 3) Essayer d'obtenir une modélisation plus fine du lâcher radial, notamment grâce à Python.

Références bibliographiques

- [1] HOWARD CURTIS : Orbital Mechanics for Engineering Students : *Chapitre 10.8 : Yoyo-despin mechanism*, Elsevier, 2005
- [2] P.RICARD : Ralentissement par Yoyo : *Centre Spatial de Brétigny Divisions "Satellites" et "Stabilisation"*, CNES, 1967
- [3] WILLIAM R.MENTZER : Analysis of the dynamics tests of the stretch yo-yo despin system : *NASA*, 1963
- [4] GRADY HILLHOUSE : "Can a satellite do a yo-yo trick?" : <http://practical.engineering/blog/2016/3/21/yoyo-de>
- [5] M.MONTEIL : Satellite Eole : *Centre Spatial de Toulouse Division "Techniques Spatiales"*, CNES, 1969
- [6] R.NAVONI : Arrêt du composite P07-Exosat par yo-yo : *Centre Spatial de Toulouse Division "Stabilisation-Structure-Thermique"*, CNES, 1967