

analyse expérimentale et numérique d'un lancer de balle sous effet magnus

De nombreux phénomènes physiques ont une application dans le sport, l'effet magnus est un exemple complexe mais intéressant à étudier dans le cadre d'un lancer de balle, notamment sous la forme d'une simulation numérique la plus proche possible de la réalité.

L'analyse d'une trajectoire de balle soumise à l'effet magnus nous amène à considérer toutes les interactions entre la balle et le fluide dans lequel elle se déplace.

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

Liste des membres du groupe :

- *SENEGAS Simon*

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Effet Magnus</i>	<i>Magnus Effect</i>
<i>Ecoulements</i>	<i>Fluid Flows</i>
<i>Simulation numérique</i>	<i>Numerical Simulation</i>
<i>Précision</i>	<i>Precision</i>
<i>Statistique Descriptive</i>	<i>Descriptive Statistics</i>

Bibliographie commentée

La variation de trajectoire des corps en rotation a été pour la première fois observée au 18^e siècle. Un siècle plus tard, les conséquences de cette rotation sont utilisées pour augmenter la portée des balles de l'armée prussienne. L'effet est ensuite étudié en détail par un scientifique nommé Heinrich Gustav Magnus, dans les années 1850[1].

De nos jours, l'effet Magnus a des implications concrètes dans plusieurs domaines tels que l'aérodynamisme avec l'existence des voiles Fletner, le sport ou encore dans la balistique [4]. L'effet Magnus considéré résulte d'une différence de vitesse des courants d'air englobant la balle (en l'occurrence) causée par la rotation, selon la direction de celle-ci. D'un côté la vitesse de l'air sera augmentée ce qui entraîne une baisse de pression, l'autre côté sera décéléré et entraînera une hausse de pression. C'est cette dissymétrie qui engendre l'effet Magnus comme l'indique la théorie de Bernoulli[4,5].

Nous avons donc choisi de modéliser et de simuler une trajectoire d'une balle de ping-pong sous effet magnus dans l'air.

Cependant l'effet Magnus théorique suppose des hypothèses puissantes, très éloignées de la réalité physique de celui-ci. L'incompressibilité de l'air n'étant pas remise en cause à très faible vitesse[2,7],

l'hypothèse du caractère laminaire de l'écoulement cisailé auquel est soumise la balle est contestable[6]. Il est donc important de se dédouaner des grossières hypothèses que le modèle met en place pour arriver à une simulation ayant le plus de précision possible.

Pour se faire, nous créerons un lanceur réel ayant pour constituants principaux deux roues tournant à des vitesses différentes, afin de reproduire une rotation de la balle « identique » à chaque lancer pour pouvoir suivre le modèle des différentes recherches menées [1,7].

Ceci nous servira de repère pour les conditions initiales et dynamiques de notre simulation qui sera réalisée à partir du logiciel FLUENT. Le choix de ce logiciel s'avère crucial car le traitement numérique d'un écoulement quelconque est essentiel pour la réalisation de ce TIPE. En outre, Fluent nous permet de nous approcher au mieux des interactions solide/fluide s'appliquant sur la balle durant l'expérience. Les différents maillages, c'est-à-dire les différents découpages de l'espace et du solide, et les modèles de turbulence mis à disposition par le logiciel sont très satisfaisants et nous permettent de simplifier les paramètres de modélisation.

La modélisation construite sera ensuite validée ou s'approchera des résultats expérimentaux obtenus sur une succession de lancers. Des comparaisons statistiques seront nécessaires pour estimer la qualité de la simulation. La théorie analytique classique, malgré ses hypothèses contestables, servira de support à toutes les décisions entreprises pour parfaire la simulation [3].

Problématique retenue

Créer une modélisation numérique sous Fluent, la perfectionner avec la théorie analytique afin de simuler au mieux le lancer réel effectué sera le fil conducteur de ce TIPE.

Comparer ensuite les résultats de la simulation avec ceux expérimentaux et théoriques sous un angle statistique permettra de la justifier.

Objectifs du TIPE

1 La création d'un lanceur avec mon binôme permettant d'obtenir un mouvement de rotation reproductible afin d'étudier au mieux l'effet Magnus.

2 L'établissement des résultats issus de l'observation des trajectoires réelles de la balle projetée par le lanceur pour affiner la simulation

3 Modéliser le plus précisément l'expérience réalisée afin de pouvoir confronter les résultats obtenus et les modèles pris en compte pour s'en approcher.

Abstract

Rotating bodies traveling through a fluid may be affected by the Magnus effect which causes a deviational behavior on their trajectories. This study will be focus on the way this effect alter the trajectories of a ping pong ball throwed by our pitching machine supposed to recreate a viable and reproductible effect on the ball.

Based on this experimental approach, a numeric simulation will be developed on FLUENT and Python to highlight this behavior through results such as fluid flows, streamline, velocity vectors et and his trajectory in the area.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] A. TURPAIN, DE BONY DE LAVERGNE : Expériences simples sur l'effet Magnus : *J. Phys. Radium*, 1926, 7 (10)
- [2] K.WÓJCICKI, K.PUCIOWSKI, Z.KULESZA : Mathematical analysis for a new tennis ball launcher : *Bialystok University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Wiejska 45C, 15-351 Bialystok, Poland*
- [3] ERIC FURBO, JANNE HARJU & HENRIC NILSSON : Evaluation of Turbulence Models for Prediction of Flow Separation at a Smooth Surface : *Report in Scientific Computing Advanced Course June 2009*
- [4] J.W.M. BUSH : The aerodynamics of the beautiful game : *MIT Course (2013)*
- [5] BAPTISTE DARBOIS TEXIER, CAROLINE COHEN, DAVID QUÉRÉ, CHRISTOPHE CLANET : Physics of knuckleballs : *New J. Phys (2016)*
- [6] GOODWILL S. R., CHIN S.B., HAAKE S.J : Aerodynamics of spinning and non-spinning tennis balls : *Journal of Engineering Physics and Thermoplastic*, 65, No. 3
- [7] NAUMOV V. A., SOLOMENKO A. D., YATSENKO : Influence of the Magnus force on the motion of the spherical solid with a large angular velocity : *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92, 935-958.

DOT

- [1] 10/09 : Nos investigations se recentrent sur la mécanique des fluides, plus précisément sur l'effet Magnus qui sera l'élément primordial de notre TIPE. Une ébauche de notre futur lanceur émerge d'une discussion entre notre professeur de physique et nous. Il devrait servir de support à nos simulations.
- [2] 22/09 : Nous prenons rendez-vous avec des étudiants en thèse de mécanique des fluides pour discuter de la possible réalisation d'une simulation d'écoulements de fluide. C'est alors que le logiciel Fluent est pour la première fois mentionné. Le 29/09, nous revenons pour qu'ils nous apprennent les rudiments du logiciel.
- [3] 16/11 : Le portage électronique de tension stabilisée est créé avec l'aide d'un électricien. Les moteurs sont ainsi convenablement alimentés et nous pouvons les insérer dans la structure de notre lanceur. Les essais ne sont pas concluants car l'axe d'une roue est légèrement décentré, provoquant des énormes changements de trajectoires.
- [4] 07/01 : 45 lancers sont effectués sur une plaque de carton recouverte de papier carbone pour que les impacts laissent une trace sur celui-ci. Seuls 29 sont concluants et sont en accord avec la théorie décrite par Python. Les conditions initiales du lanceur peuvent être injectées dans la simulation Fluent.
- [5] 14/01 : Après maints essais infructueux sur la simulation, nous décidons de décrire les écoulements de fluide en 2D pour plus de facilité. Le modèle de viscosité utilisé convient aux solides effectuant des mouvements de rotation plongés dans un fluide, tel que l'air.
- [6] 06/02 : La simulation des écoulements de fluide autour de la balle lancée par notre système est superposable à la théorie. Notre lanceur est donc générateur d'effet Magnus, qui était notre objectif premier. La simulation des lignes de courants confirment nos hypothèses.
- [7] 20/03 : Les résultats concordent avec la théorie sous-jacente. Nous effectuons 45 autres

lancers, mais seuls 26 sont convenables, nous prenons donc la première série, plus significative comme présentation du modèle. Quelques finitions sont nécessaires, mais le gros du travail est achevé.