**TIPE - MCOT**

Nom: Arnaud Lelièvre classe: MPSI 1 - MP

**TIPE - Etude aérodynamique de ”Wilson Airless Prototype”**

Introduction:

Le 23 février 2023, Wilson a dévoilé son projet de nouvelle balle de basketball : ”Airless”, qui a pour particularité, comme son nom l’indique, de ne pas avoir besoin d’être gonflée. Ils annoncent que cette balle a la même masse, le même rebond et la même taille qu’une balle homologuée « NBA ». Cependant, Wilson n’a pas communiqué sur l’aérodynamisme du ballon, que l’on suspecte très différente de par la structure ”Airless”.

Professeur encadrant du candidat :

Positionnement thématique :

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique)

Mots-clefs

**Mots-clefs (en français)**

Coefficient de trainée

Mécanique des fluides

Mécanique Newtonienne

Equations de Navier-Stokes

Basketball

(Modélisation par éléments finis)

**Keywords (in english)**

Drag coefficient

Fluid mechanics

Newtonian mechanics

Navier-Stokes equations

Basketball

(Finite difference method)

Bibliographie commentée

Un objet se déplaçant dans l’air est soumis à plusieurs forces influant sa trajectoire. Ces forces sont : le poids, la trainée aérodynamique, l’effet de Magnus, et la force d’Archimède. Dans le cadre de cette étude liée à un ballon de basket on peut considérer que la force d’Archimède est négligeable car le poids de l’air présent dans le ballon NBA est très faible et les autre ne diffèrent que très peu ou pas du tout entre une balle de basketball classique et le modèle ”Airless”; à l’exception de la force de trainée aérodynamique.

Cette dernière a pour effet de ralentir la vitesse de l’objet lorsqu’il se déplace dans l’air. Cette action est porportionnelle à la vitesse relative de l’air au carré et dépend d’autres variables comme la densité du fluide et la surface de contact. Cette force est orientée parallèlement à la trajectoire de la balle. La force de trainée est différente entre les deux balles car le coefficient de trainée aérodynamique, traditionnellement noté Cx [ 1 ] est différent. Le Cx est un nombre sans dimension qui matérialise la résistance d’un objet dans un fluide et qui a 2 composantes principales : l’une liée à la pression dynamique et l’autre à la friction [ 2 ]. Il dépend surtout de la forme et de l’orientation de l’objet par rapport au flux. Pour la balle de basket classique, ce coefficient est connu et vaut 0.54 [ 3 ]. En revanche, il est beaucoup plus difficile d’obtenir le coefficient de trainée aérodynamique pour des formes plus complexes, telles que celle du ballon « Airless ».

Conventionnellement, la mesure du Cx est faite expérimentalement dans des souffleries qui permettent de relever la perte de charge (baisse de pression) associée, cependant ce n’est pas la seule [ 4 ]. Une autre méthode consiste à obtenir le résultat par calcul, en essayant de calculer le champ de vitesse [ 5 ] autour de l’objet. En effet, l’obtention de ce champ permet de calculer la force de trainée ainsi que d’observer les zones à haute pertes de charges et donc d’expliquer la valeur du coefficient de trainée. Concrètement, on utilisera des logiciels de CFD (Computational Fluid Dynamics) basées sur les équations de Navier-Stokes. Ces outils informatiques utilisent des méthodes de résolution par éléments finis. Il s’agit de faire des approximations des dérivées et de discrétiser les valeurs que le temps et l’espace peuvent prendre. On obtient alors une solution approchée, calculée récursivement [ 6 ]. S’il est relativement facile de modéliser des flux en 2D, il est cependant beaucoup plus difficile d’obtenir un résultat pour une modélisation en 3D dans l’espace comme dans notre ballon de basket « Airless » car la précision est alors en O(n4) : 3 dimensions d’espace et une de temps. Ainsi, si pour améliorer la précision on souhaite doubler les points calculés sur une dimension, cela multipliera le temps de calcul par 2^4= 16. Enfin, une petite erreur de calcul par cette méthode risque de faire diverger tout le système.

Problématique retenue

Cette balle a été développée à la fois dans un but de recherche mais aussi dans un but commercial. Pour que la balle soit un succès, l’ il ne faut pas que les joueurs n’aient pas besoin d’adapter leur jeu à cette nouvelle balle, donc que les tirs qui rentrent dans le panier avec une balle normale rentrent également avec la balle ”Airless”. Cela ne sera le cas que si le coefficient de trainée reste identique entre les 2 balles.

Objectifs TIPE du candidat

L’objectif de mon travail est de déterminer le coefficient de trainée de la balle ”Airless”, et d’en déduire si les tirs rentrant avec une balle classique rentreraient aussi avec cette nouvelle la balle . Pour cela, je vais construire un dispositif combinant le principe d’un Newton-mètre et celui d’une soufflerie. Il me faudra donc imprimer en 3D la balle. Il faudra ensuite faire des simulations de tirs suffisamment précises pour comparer les deux balles. Enfin, j’essayerai d’expliquer la différence de coefficient par simulation numérique des équations de Navier-Stokes.

Abstract

Références bibliographiques

[1] — Shape Effect on Drag : https://www.grc.nasa.gov/www/k12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/shaped.html — Tom Benson @ NASA — Glenn Research Center

[2] — Drag coefficient (friction and pressure drag) : [https://www.tecscience.com/mechanics/gases-and-liquids/](https://www.tecscience.com/mechanics/gases-and-liquids/" \o "https://www.tecscience.com/mechanics/gases-and-liquids/)drag-coefficient-friction-and-pressure-drag/ — tec-science — 05/31/2020

[3] — Identification of basketball parameters for a simulation model — Hiroki Okubo et MontHubbard — 8th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA) 21 March 2010

[4] — The methods of drag force measurement in wind tunnels — Li Nan — FACULTY OFENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT — January 2013

[5] — FLOW PAST A SPHERE II: STOKES’ LAW, THEBERNOULLI EQUATION, TURBULENCE, BOUNDARY LAYERS, FLOW SEPARATION