

Étude aérodynamique du prototype "Wilson Airless"

Le 23 février 2023, Wilson a dévoilé son projet de "balle de basketball du futur" : "Airless". Passionné par le basket, ceci a aiguisé ma curiosité et le lien direct avec l'étude des fluides et des simulations informatiques m'a tout de suite donné envie d'en faire mon TIPE.

L'étude aérodynamique d'une balle de basket futuriste me semble parfaitement en adéquation avec le thème Jeux et Sports. De plus le sujet me permet de mettre en application les connaissances acquises ces deux dernières années et d'aller plus loin sur des sujets qui m'intéressent.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

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

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)	Mots-clés (en anglais)
<i>Coefficient de traînée</i>	<i>Drag coefficient</i>
<i>Basketball</i>	<i>Basketball</i>
<i>Mécanique des fluides</i>	<i>Fluid mechanics</i>
<i>Mécanique Newtonienne</i>	<i>Newtonian mechanics</i>
<i>Modélisation par éléments finis</i>	<i>Finite difference method</i>

Bibliographie commentée

Un objet se déplaçant dans l'air est soumis à plusieurs forces influant sa trajectoire : le poids, la traînée aérodynamique, la force de Magnus, ainsi que la force d'Archimède, mais cette dernière est négligeable. Les autres 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 traînée. Cette dernière sera donc naturellement le cœur de notre étude.

La force de traînée ralentit la vitesse de l'objet lorsqu'il se déplace dans l'air. Cette action est proportionnelle à la vitesse relative de l'air au carrée, 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 traînée diffère entre les deux balles car le coefficient de traînée aérodynamique [1], traditionnellement noté C_x ou bien C_d est différent. Le C_x est un nombre sans dimension matérialisant la résistance d'un objet à se déplacer dans un fluide. Ce coefficient s'écrit comme la somme de deux composantes : une liée à la pression dynamique et l'autre à la friction [2]. Sa valeur avoisine 1 dans la plus part des cas [1] et dépend majoritairement de la forme et orientation de l'objet, ainsi que du nombre de Reynolds (mesurant la turbulence de l'écoulement) qui pour nous avoisine $1.6 \cdot 10^{-5}$. Pour une balle de basketball classique ce coefficient est connu et vaut 0.54 (à notre nombre de Reynolds) [3]. En revanche, il est beaucoup plus difficile d'obtenir ce coefficient pour des formes plus complexes, telles que celle du ballon "Airless".

Généralement, la mesure du C_x 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 méthode [4]. Une autre technique, bien moins conventionnelle mais utile lorsque l'utilisation de souffleries est compliquée, consiste à obtenir le résultat par calcul. En calculant le champ de vitesse [5] autour de l'objet, on peut obtenir la force de traînée ainsi que observer les zones à haute pertes de charges et donc expliquer la valeur du coefficient de traînée. Bien qu'il existe des solutions pour le calcul d'un champ [5] pour certaines configurations, en pratique il est très souvent impossible d'en trouver.

On a donc besoin de résolution numériques. On parle de "logiciels de CFD" (pour Computational Fluid Dynamics) résolvant l'équation 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 n'est pas trop long de calculer des flux en 2D, il l'est cependant beaucoup plus pour obtenir un résultat de modélisation en 3D. De plus, une incertitude de calcul même faible risque de faire diverger notre système.

Une fois que l'on dispose d'une valeur de C_x pour notre balle "Airless", il faut essayer d'interpréter le résultat obtenu. La première intuition est que la balle "trouée" devrait offrir une résistance à l'air plus faible et donc avoir un C_x inférieur à celui d'une balle pleine. Cependant, une étude portant sur le comportement des coraux dans l'eau démontre qu'au contraire ce dernier est plus élevé pour une sphère trouée que pour une sphère pleine et ce quelle que soit la valeur du nombre de Reynolds [7]. Cela pourrait s'expliquer par un phénomène de décollement de couche limite [8] qui ralentit fortement l'air au niveau des alvéoles, ou à un effet masque [9] dû à l'air à l'intérieur de la balle qui vient buter une seconde fois sur la surface opposée et crée une force résistive supplémentaire.

Problématique retenue

Bien que la balle "Airless" soit à but expérimental, Wilson annonce aussi vouloir la commercialiser.

L'enjeu est donc de savoir si les tirs rentrant avec un ballon officielle rentreraient également avec le ballon "Airless" afin que les professionnels n'aient pas besoin de ré-apprendre à tirer.

Objectifs du TIPE du candidat

L'objectif de mon travail est de déterminer et d'expliquer la différence de C_x entre le ballon "Airless" et le ballon NBA, et ainsi d'en déduire si les tirs rentrant avec un ballon officielle rentreraient aussi avec le ballon "Airless". Pour cela, je vais construire ce qui s'apparente à un Newton-mètre, bien que beaucoup plus grand, afin de mesurer la force de traînée et donc en déduire le coefficient. Il me faudra imprimer en 3D le ballon "Airless", puis ensuite faire des simulations de tirs pour comparer les deux ballons. Enfin, j'expliquerai la différence de coefficient par résolution numérique.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] TOM BENSON @ NASA : Shape Effect on Drag : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/shaped.html>
- [2] TEC-SCIENCE : Drag coefficient (friction and pressure drag) : <https://www.tec-science.com/mechanics/gases-and-liquids/drag-coefficient-friction-and-pressure-drag/>
- [3] HIROKI OKUBO ET MONT HUBBARD : Identification of basketball parameters for a simulation model : Elsevier ; [Oxford]: Elsevier Ltd.; Elsevier BV (ISSN 1877-7058), *Procedia Engineering*, #2, 2, pages 3281-3286, 2010 jun
- [4] LI NAN : The methods of drag force measurement in wind tunnels : https://www.researchgate.net/profile/Entedhar_Sarhat/post/How_to_build_a_force_balance_to_measure_drag_force_and_lift/attachment/5b74afe4cfe4a7f7ca5a9484/AS%3A660025961897984%401534373860322/download/The+methods+of+drag+force+measurement+in.pdf
- [5] MIT - OCW (OPEN COURSE WARE) : FLOW PAST A SPHERE II: STOKES' LAW, THE BERNOULLI EQUATION, TURBULENCE, BOUNDARY LAYERS, FLOW SEPARATION : https://ocw.mit.edu/courses/12-090-introduction-to-fluid-motions-sediment-transport-and-current-generated-sedimentary-structures-fall-2006/7841d9b1681d6748fa2f5cbc6d6f1cb2_ch3.pdf
- [6] LABORATOIRE JACQUES-LOUIS-LIONS : The finite difference method : https://www.ljll.math.upmc.fr/frey/cours/UdC/ma691/ma691_ch6.pdf
- [7] LIANNA C. SAMUEL ET STEPHEN G. MONISMITH : Drag coefficients for single coral colonies and related spherical objects : 2013 by the Association for the Sciences of Limnology and Oceanography, Inc. / e-ISSN 2157-3689
- [8] ESPCI : Couche Limite : <https://cours.espci.fr/site.php?id=2&fileid=306>

[9] MINH KHUE TRAN : Efforts causés par le vent sur les structures à treillis : https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/1571/tran_minh_khue_MScA_2010.pdf?sequence=3&isAllowed=y