

---

## TIPE - MCOT

Nom: Arnaud LELIEVRE

classe: MPSI 1 - MP

---

### TIPE - Etude aérodynamique du prototype de ballon "Wilson Airless "

#### Introduction:

Le 23 février 2023, Wilson a dévoilé son projet de "balle de basketball du futur : Airless". Cette balle a pour particularité, comme son nom l'indique, de ne pas être gonflée. Ils annoncent que cette balle a la même masse, le même rebond et la même taille qu'une balle NBA. Cependant Wilson n'a pas communiqué sur l'aérodynamisme du ballon, que l'on suspecte très différente du fait de la structure "Airless".

#### Professeur encadrant du candidat :

#### Positionnement thématique :

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique)

#### Mots-clefs

##### Mots-clefs (en français)

Coefficient de traînée  
Basketball  
Mécanique des fluides  
Mécanique Newtonienne  
Equations de Navier-Stokes  
Modélisation par éléments  
finis

##### Keywords (in English)

Drag coefficient  
Basketball  
Fluid mechanics  
Newtonian mechanics  
Navier-Stokes equations  
Finite difference method

## **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, négligeable dans l'air. Ici, la force d'Archimède est négligeable, car la masse volumique du fluide (air) dans la balle NBA est très faible, et ne s'applique pas pour la balle "Airless". Les autres forces 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 lorsque qu'il se déplace dans l'air. Cette action est proportionnelle 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 opposée 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  $C_d$  est différent. Le  $C_x$  est un nombre sans dimension matérialisant la résistance d'un objet en mouvement dans un fluide. Ce coefficient s'écrit comme la somme de deux composantes : l'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). Pour une balle de basketball classique dans l'air ce coefficient est connu et vaut 0.54 [ 3 ]. En revanche, il est beaucoup plus difficile d'obtenir le coefficient de traînée aérodynamique pour des formes plus complexes, telles celle du ballon "Airless".

Le  $C_x$  est généralement déterminé expérimentalement dans des souffleries par la mesure de la perte de charge (baisse de pression) associée. Une autre méthode [ 4 ], 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, les zones à haute pertes de charges et donc la valeur du coefficient de traînée. Bien qu'il existe des solutions pour le calcul d'un champ [ 5 ] pour certaines configurations, il est souvent impossible d'en trouver autrement que par des résolutions numériques. Il s'agit 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 ]. Mais calculer le flux en 3D est particulièrement complexe, et une seule faible incertitude de calcul risque de le faire diverger.

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 qui rentrent dans le panier avec une balle officielle rentreraient également avec la balle "Airless" afin que les professionnels n'aient pas besoin de réapprendre à tirer.

## **Objectifs TIPE du candidat**

L'objectif de mon travail est de déterminer le coefficient de traînée de la balle "Airless", ainsi que de connaître les raisons de la différence entre les deux balles. Et ainsi d'en déduire si les tirs rentrant avec une balle officielle rentreraient aussi avec la balle "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 donc imprimer en 3D la balle "Airless". Il faudra ensuite faire des simulations de tirs assez précises pour comparer les deux balles. Enfin, j'essayerai d'expliquer la différence de coefficient par résolution numérique des équations de Navier-Stokes.

## **Références bibliographiques**

[ 1 ] – **Shape Effect on Drag** : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/shaped.html> – Tom Benson @ NASA – Glenn Research Center

[ 2 ] – **Drag coefficient (friction and pressure drag)** : <https://www.tec-science.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 Mont Hubbard – 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 OF ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT – January 2013

[ 5 ] – **FLOW PAST A SPHERE II: STOKES' LAW, THE BERNOULLI EQUATION, TURBULENCE, BOUNDARY LAYERS, FLOW SEPARATION**

[ 6 ] – **The finite difference method** – Laboratoire Jacques-Louis-Lions

[ 7 ] – **Drag coefficients for single coral colonies and related spherical objects** – <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1215/21573689-2378401> – Lianna C. Samuel et Stephen G. Monismith – Limnology and Oceanography Fluids & Environments – July 2013

[ 8 ] – **Couche Limites** – Cours ESPCI- <https://cours.espci.fr/site.php?id=2&fileid=306>

[ 9 ] – **Efforts causés par le vent sur les structures à treillis** – <https://core.ac.uk/download/pdf/51335149.pdf> – Minh Khue TRAN – Université de Sherbrooke faculté de génie civil – Octobre 2010

