



TIPE 17/18: Le Boomerang

Introduction

PROBLEMATIQUE:
Comment se comporte le boomerang tout au long de son lancer?

Plan d'analyse:

- 1) Introduction à l'aérodynamisme
 - a) Phénomène de portance
 - b) Précession gyroscopique
- 2) Etude expérimentale
 - a) Présentation du Boomerang utilisé
 - b) Protocole expérimental
- 3) Etude théorique
 - a) Problèmes rencontrés

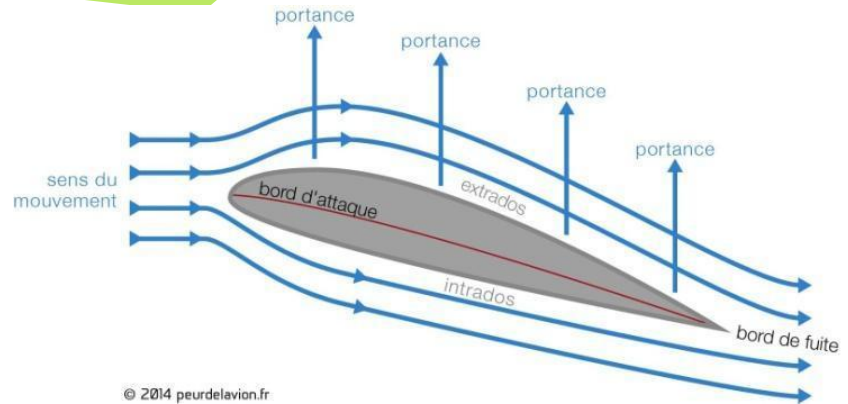
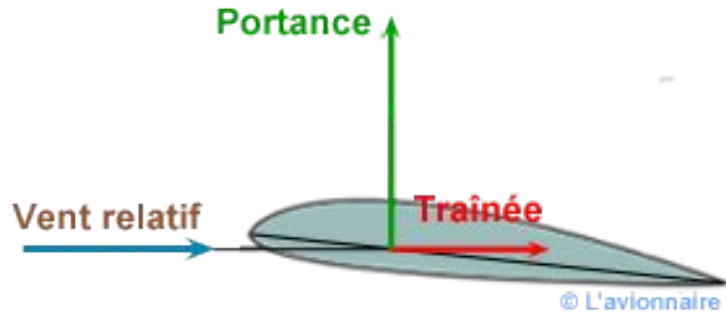


1.

L'AERODYNAMISME

Portance, précession gyroscopique et autres
phénomènes derrière le vol du boomerang...

A) Le phénomène de portance



A)Le phénomène de portance

L'équation de Bernoulli montre que lorsque l'on déplace un profil asymétrique dans un fluide, une différence de pression entre le dessus et le dessous se crée:

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho g z = \text{cte}$$

P:La pression en un point du profil

ρ :La masse volumique du fluide

V:La vitesse moyenne de l'objet

G:l'accélération gravitationnelle

z:la côte de l'objet

S:la surface de référence en m^2

C_z : le coefficient de portance selon l'axe z

La norme de la portance s'écrit alors:

$$F_z = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_z$$

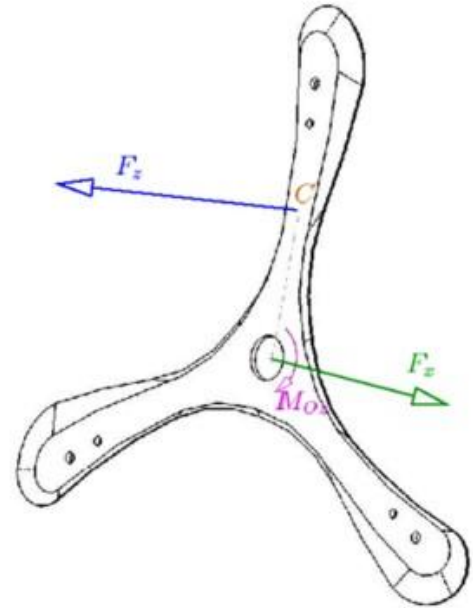
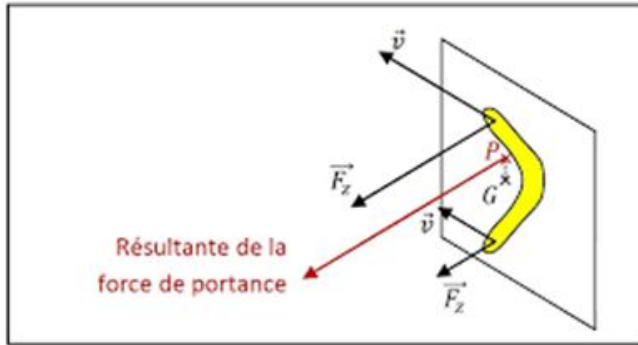
A)Le phénomène de portance

Mise en évidence de l'effet Coanda:



A) Le phénomène de portance

La portance étant plus importante sur la pale avançante que sur la pale reculante, le centre de poussée se trouve du côté de la pale avançante:

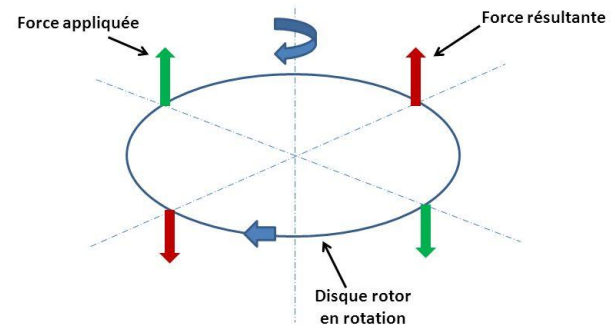




*Mais pourquoi le boomerang revient-il à
plat vers le lanceur?*

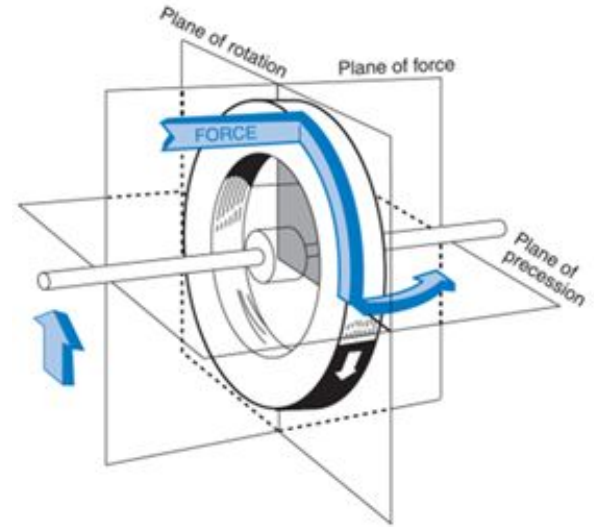
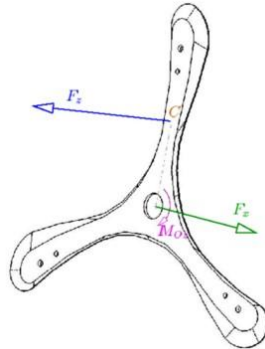
B) Le phénomène de précession gyroscopique

Lors du lancer du boomerang, le lanceur communique une vitesse au centre de gravité de ce dernier et une vitesse de rotation. On peut alors considérer le boomerang comme un gyroscope:



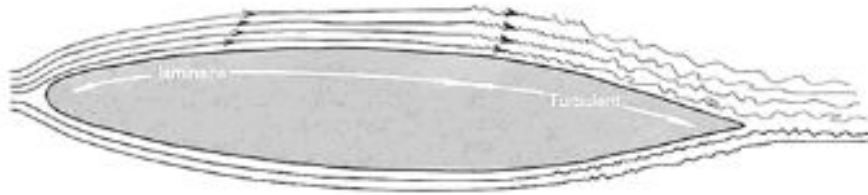
B) Le phénomène de précession gyroscopique

La résultante des forces de portance a alors tendance à incliner l'axe de rotation du boomerang. La stabilité du gyroscope entraîne alors un moment orthogonal au 2^e moment s'appliquant sur le Boomerang: celui-ci se met à tourner autour d'un axe vertical

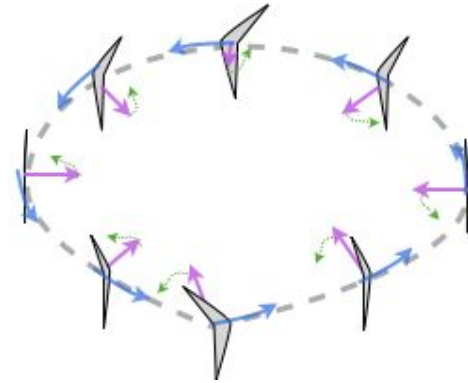


B) Le phénomène de précession gyroscopique

Le retour à l'horizontal peut s'expliquer par les tourbillons créés par le bord de fuite de la pale, qui diminue la vitesse de l'air relative à la pale suivante, et diminue donc la portance de cette pale.

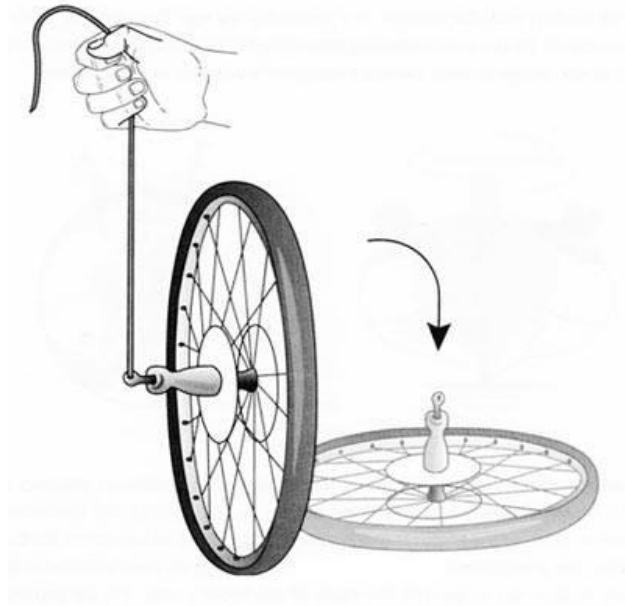


- axe de rotation
- direction dans laquelle le couple tourne l'axe de rotation
- trajectoire courbée par la portance



B)Le phénomène de précession gyroscopique

Expérience autour de la précession gyroscopique:





2.

Etude expérimentale

Fabrication du boomerang et protocole
expérimental

Impression 3D

Image du boomerang sur Solidworks avant impression ainsi que sa matrice d'inertie

Propriétés de masse de g
Configuration: Default
Système de coordonnées: -- par défaut --

Densité = 1260.00000 kilogrammes par mètre cube

Masse = 0.17644 kilogrammes

Volume = 0.00014 mètres cubes

Superficie = 0.04666 mètres carrés

Centre de gravité: (mètres)
X = 19.14021
Y = 1.92619
Z = 30.96690

Principaux axes et moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité.

Ix = (0.79976, 0.60032, 0.00000)	Px = 0.00091
Iy = (-0.60032, 0.79976, 0.00000)	Py = 0.00091
Iz = (0.00000, 0.00000, 1.00000)	Pz = 0.00183

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

Lxx = 0.00091	Lxy = 0.00000	Lxz = 0.00000
Lyx = 0.00000	Lyx = 0.00091	Lyz = 0.00000
Lzx = 0.00000	Lzy = 0.00000	Lzz = 0.00183

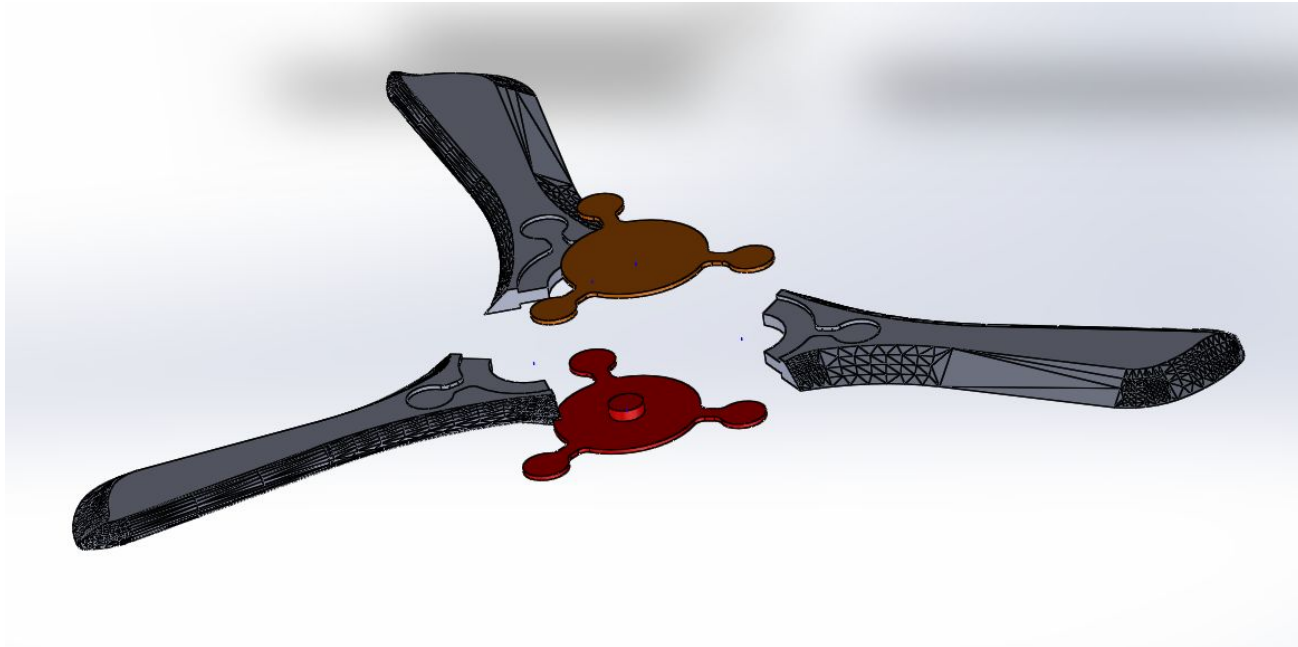
Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au système de coordonnées de sortie.

Ixx = 169.85293	Ixy = 6.50497	Ixz = 104.57855
Iyx = 6.50497	Iyy = 233.83684	Iyz = 10.52437
Izx = 104.57855	Izy = 10.52437	Izz = 65.29500

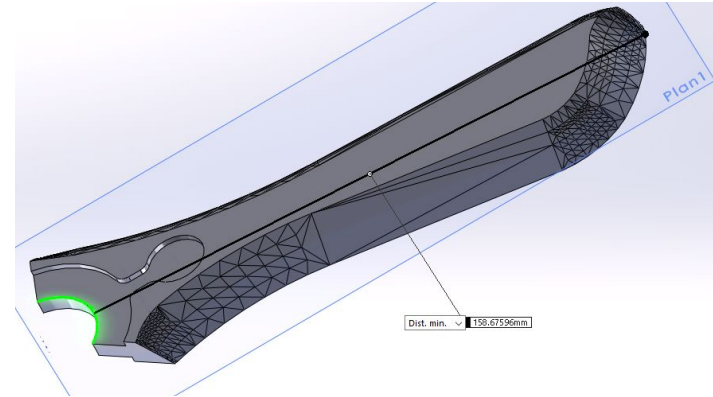
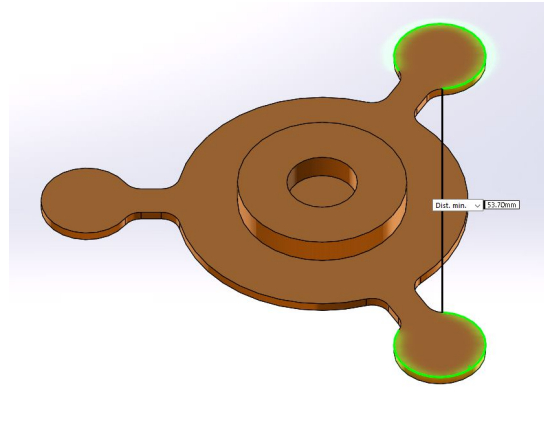
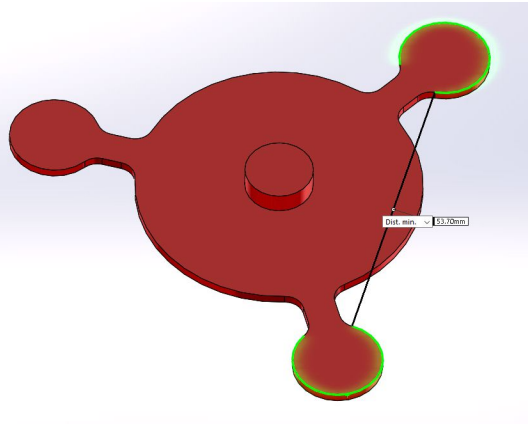


Impression 3D

Vue éclatée du découpage effectué pour respecter les dimensions de l'imprimante



Impression 3D



Impression 3D

Dimension du boomerang après l'impression et caractéristiques

Propriétés de masse de Assemblage1
Configuration: Défaut
Système de coordonnées: -- par défaut --

Masse = 119.56 grammes

Volume = 119558.34 millimètres cubes

Superficie = 55021.79 millimètres carrés

Centre de gravité: (millimètres)

X = 19140.20

Y = 1926.24

Z = 30966.90

Principaux axes et moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés)

Pris au centre de gravité.

Ix = (1.00, 0.00, 0.00)

Px = 561523.48

Iy = (0.00, 1.00, 0.00)

Py = 561523.48

Iz = (0.00, 0.00, 1.00)

Pz = 1121943.71

Moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés)

Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

Lxx = 561523.48

Lxy = 0.00

Lxz = 0.00

Lyx = 0.00

Lyx = 561523.48

Lyz = -0.00

Lzx = 0.00

Lzy = -0.00

Lzz = 1121943.71

Moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés)

Pris au système de coordonnées de sortie.

Ixx = 115094504784.76

Ixy = 4407942749.55

Ixz = 70863740367.76

Iyx = 4407942749.55

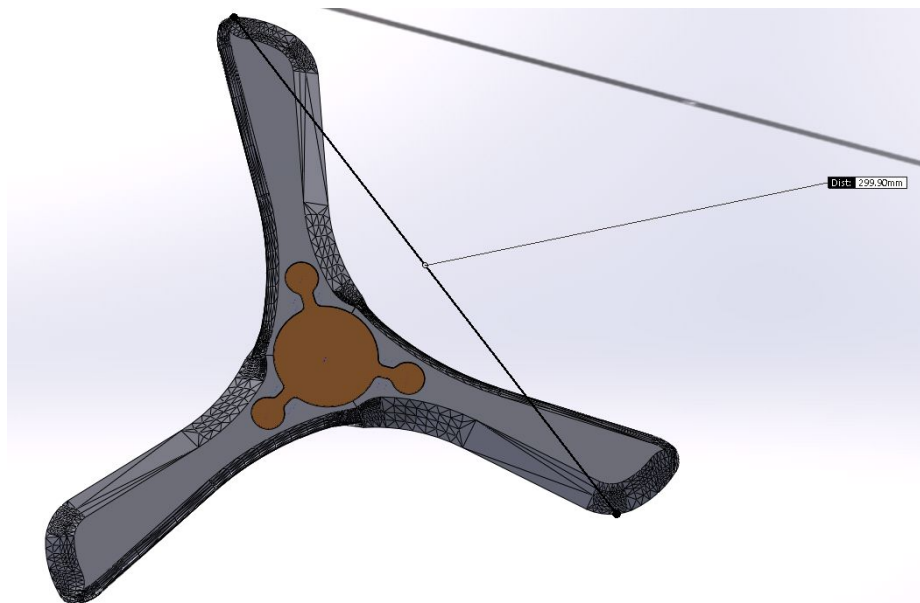
Iyy = 158450766262.93

Iyz = 7131603733.34

Izx = 70863740367.76

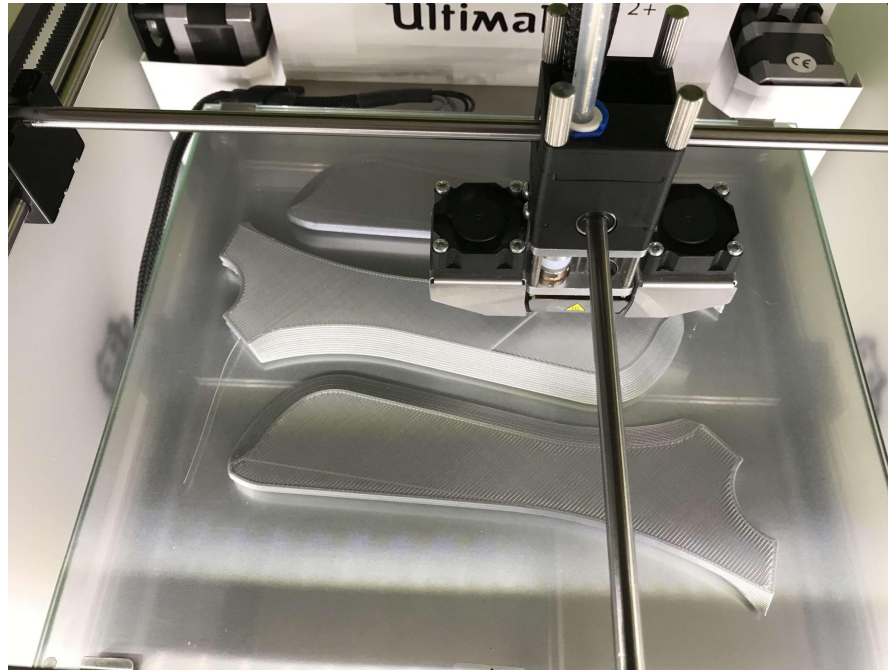
Izy = 7131603733.34

Izz = 44244598824.46



Impression 3D

Impression du boomerang



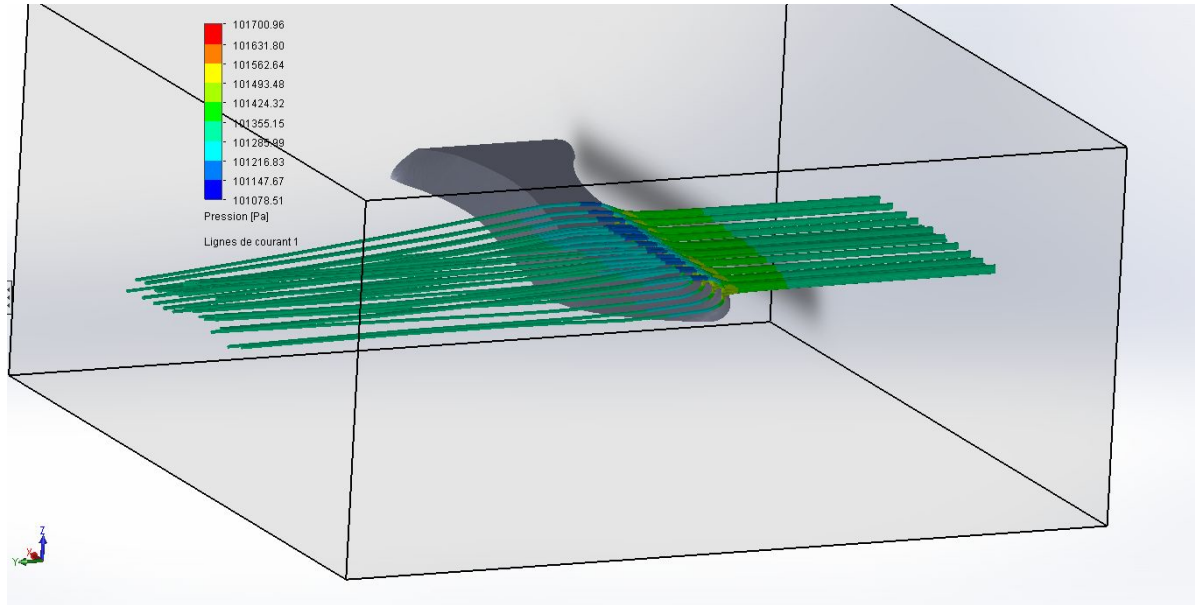
Coefficient de portance du Boomerang

Influence de l'angle d'incidence et de la vitesse du vent sur la portance:

- Mesure de la norme des forces normales en faisant varier l'angle d'incidence sur Solidworks
- Mesure de la variation de la masse d'une pale à l'aide d'une "soufflerie" et acquisition du Coefficient de portance du Boomerang

Influence de l'angle d'incidence sur la portance

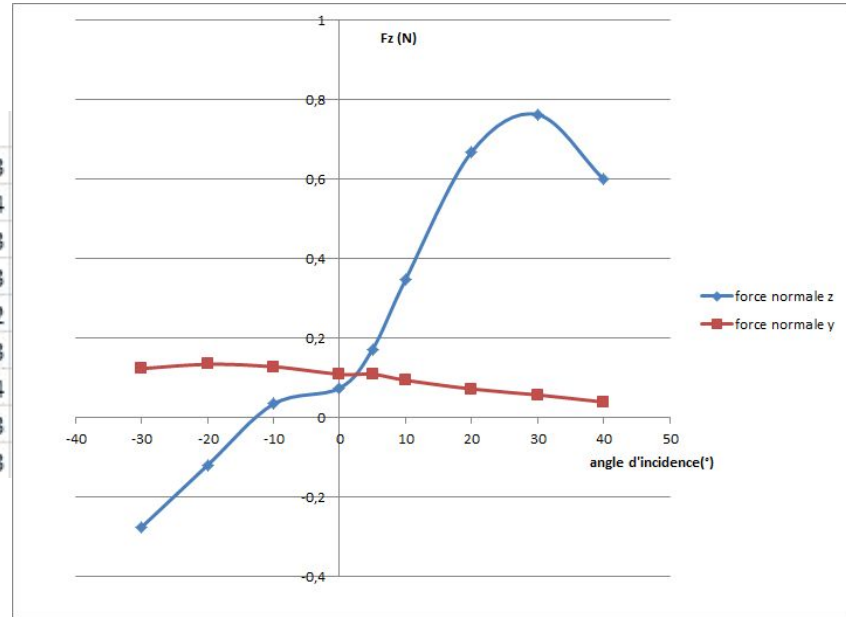
Coefficient de portance avec Solidworks:



Influence de l'angle d'incidence sur la portance

Coefficient de portance avec Solidworks:

angle	force normale Y (N)	delta	force normale Z (N)	delta
-30	0,124	1,00E-03	-0,275	6,00E-03
-20	0,135	1,90E-04	-0,119	3,60E-04
-10	0,129	5,77E-04	0,035	2,00E-03
0	0,11	1,00E-03	0,075	1,00E-03
5	0,11	2,00E-03	0,173	1,60E-02
10	0,095	1,00E-03	0,348	3,00E-03
20	0,073	1,83E-04	0,669	3,52E-04
30	0,058	4,02E-04	0,763	3,00E-03
40	0,04	1,00E-03	0,6	5,00E-03



Influence de la vitesse du vent sur la portance

Coefficient de portance expérimental:

En utilisant un sèche cheveux de débit 41L/s, et d'ouverture 6cm de diamètre, la vitesse du vent créé est de 14m/s, on obtient une variation de masse de l'ordre de 10g avec une incertitude de 1.4g

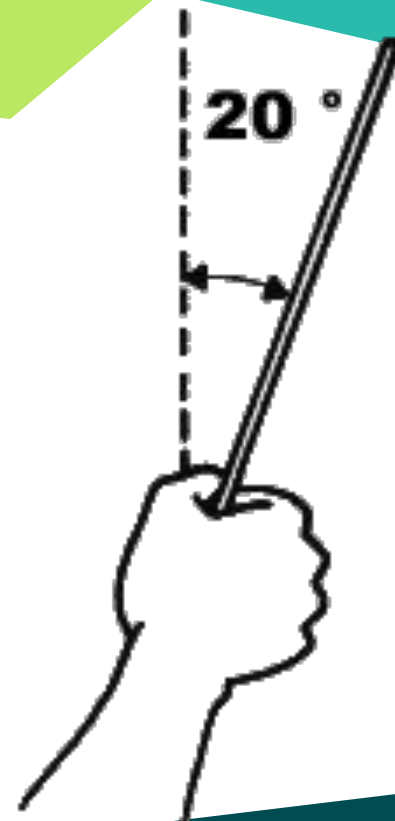
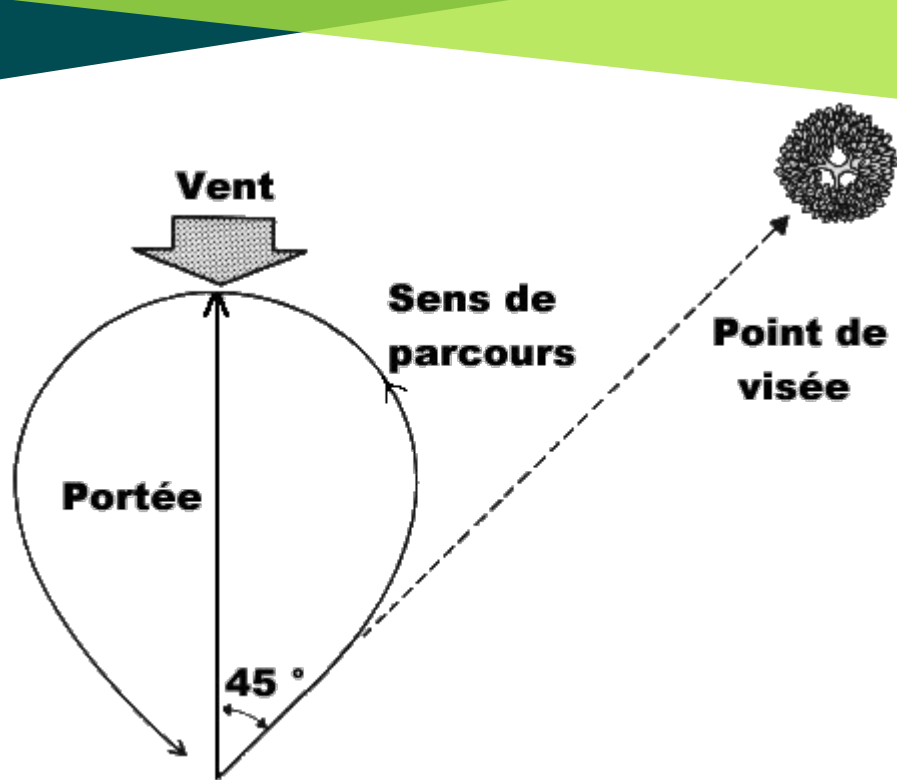


Protocole expérimental

- ❖ Utilisation d'un drone et d'une caméra latérale
- ❖ Pointage sur Regavi afin de pouvoir comparer avec la courbe théorique



Méthode de lancer



The background consists of several overlapping geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green and teal. The top and bottom areas are a bright lime green, while the central area is a darker teal. The shapes create a layered, mountain-like effect.

3.

ETUDE THEORIQUE

Bibliographie

- ❖ wikipedia.org/wiki/Gyroscope
- ❖ [wikipedia.org/wiki/Portance_\(m%C3%A9canique_des_fluides\)](https://wikipedia.org/wiki/Portance_(m%C3%A9canique_des_fluides))
- ❖ franceboomerang.fr/IMG/pdf/Boomerang.pdf <http://franceboomerang.fr/>
- ❖ TPE de BONNEAU Alexandre ,LAURET Alexis ,RENAUD-CHAN Christopher
- ❖ Physique tout-en-un PSI-PSI*
- ❖ boomerang.ffvl.fr