

Victorien PARSIS, Cindy ZHANG, Amaury HERRMANN

Lycée d'Arsonval, Terminale STL3



Comment l'effet Magnus peut diminuer l'impact sur l'environnement
du transport maritime et en diminuer son coût ?

Sommaire :

Introduction : Économie.....p.1

I. Origine : Histoire de Magnus.....p.1

II. Étude de l'effet Magnus.....p.

1) Théories, expériences et interprétations

2) Applications de l'effet Magnus

III. Mise en pratique de l'effet Magnus : La turbovoilep.

1) Le *Buckau* et l'*Alcyone*

2) En savoir davantage sur la turbovoile

3) Comparaisons avec moteurs et rentabilité

IV. Conclusion.....p.

Sitographie.....p.

–

Annexes.....p.

Introduction économie

Aujourd'hui, les échanges commerciaux sont très nombreux et sont essentiels au fonctionnement de l'économie mondiale. Seulement ceci nécessite des moyens de transport efficaces tel que les bateaux qui représentent la majorité des moyens d'exportation, malheureusement, l'énergie utilisée majoritairement pour leurs déplacements est issu du pétrole, ressource polluante, chère et qui devient de plus en plus rare du fait de son statut d'énergie fossile. À défaut de pouvoir inventer un nouveau moyen de transport, nous avons décidé de chercher une force motrice plus économique et plus écologique pour le déplacement des bateaux. En effectuant des recherches sur le net, nous avons découvert un phénomène physique qui pouvait potentiellement correspondre à notre but. Il s'agit de l'effet Magnus.

Nous avons donc créé un système, nous l'avons utilisé pour nos mesures puis nous avons exploité les résultats sur régressi, le but étant d'observer la trajectoire du système cylindrique en le filmant, puis d'en tirer des conclusions sur ce qu'est l'effet Magnus afin d'en tirer profit.

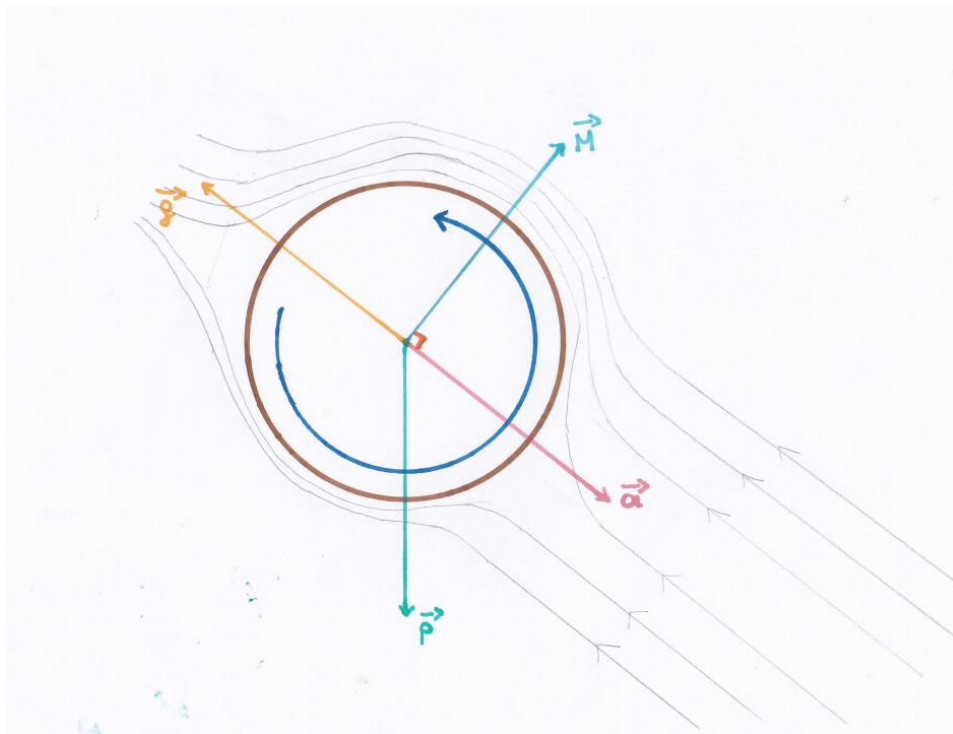
I. Origine : Histoire de Magnus

L'effet Magnus tient son nom d'Heinrich Gustav Magnus, un physicien allemand du XIX^{ème} siècle qui le découvre en 1852 lors de ses recherches sur l'aérodynamique, il cherchait à comprendre pourquoi les obus d'artillerie tournaient parfois de façon imprévisible. Il découvre alors qu'une sphère ou un cylindre qui tourne dans un courant d'air en mouvement développe une nouvelle force perpendiculaire à la direction de l'air en mouvement et s'éloigne de sa trajectoire de vol principale. Ce phénomène est depuis utilisé dans plusieurs domaines à savoir : la balistique, les stries du canon faisant tourner la balle sur elle-même et lui permet de garder une trajectoire stable et la plus rectiligne possible, dans les sports de ballons, par exemple lors du coup franc de Roberto Carlos contre les Bleus en 1997.

II. Étude de l'effet Magnus

1) Théories, expériences et interprétations

L'effet magnus est un phénomène de la mécanique des fluides. Ici, les gaz tels que l'air sont considérés comme des fluides. Afin de recréer ce phénomène expérimentalement, il nous a tout d'abord fallu analyser les causes d'apparition de l'effet magnus. L'objet doit être en rotation, pour des raisons pratiques nous avons utilisé un cylindre et non une balle, en effet ainsi nous étudierons les trajectoires observées en deux dimensions et non en trois.



\vec{f} : frottement de l'air

\vec{a} : vitesse de la balle

M : force de Magnus perpendiculaire à a et à ω

ω : vitesse angulaire de rotation de la balle

\vec{P} : poids de la balle

Le flux d'air qui arrive vers le cylindre est le même du côté haut et du côté bas du cylindre. Pourtant le cylindre est en rotation sur lui-même. Il se forme alors un phénomène de friction entre la surface du cylindre et les molécules d'air alentours, on peut alors observer l'apparition d'une fine couche d'air qui tourne avec le cylindre. Considérons que le cylindre tourne dans le sens trigonométrique et que l'air se dirige vers la gauche, du côté haut le cylindre va entraîner le flux d'air et l'accélérer ce qui va provoquer une baisse de pression de l'air; tandis que dans le même temps, du côté bas du cylindre il sera alors possible d'observer le phénomène contraire : le cylindre va freiner l'écoulement de l'air ce qui va provoquer une pression plus grande. Plus de pression vers le bas que vers le haut, le cylindre est donc dévié vers le haut.

Pour rendre compte de ce phénomène, nous avons fabriqué un cylindre. Notre premier prototype ne décrivait pas de façon apparente l'effet magnus à cause de sa trop petite taille, de plus le moyen de lancer n'était pas équilibré : le pic à brochettes avait un côté plus lourd que l'autre.

//////////Photo

Nous nous sommes donc penchés sur les dimensions à prendre en compte pour parfaire la fabrication d'un cylindre.

Notre cylindre a donc pour mesures :

-une masse de : 20.77 grammes.

-un diamètre de 6 centimètres.

-une longueur de 24 centimètres.

Il est fabriqué à l'aide de carton pour les disques aux extrémités du cylindre en feuille d'imprimante afin d'alléger la masse de celui-ci. Pour mettre la mise en rotation du cylindre et son lancer, nous avons utilisé quatre pics à brochettes par soucis d'équilibre.

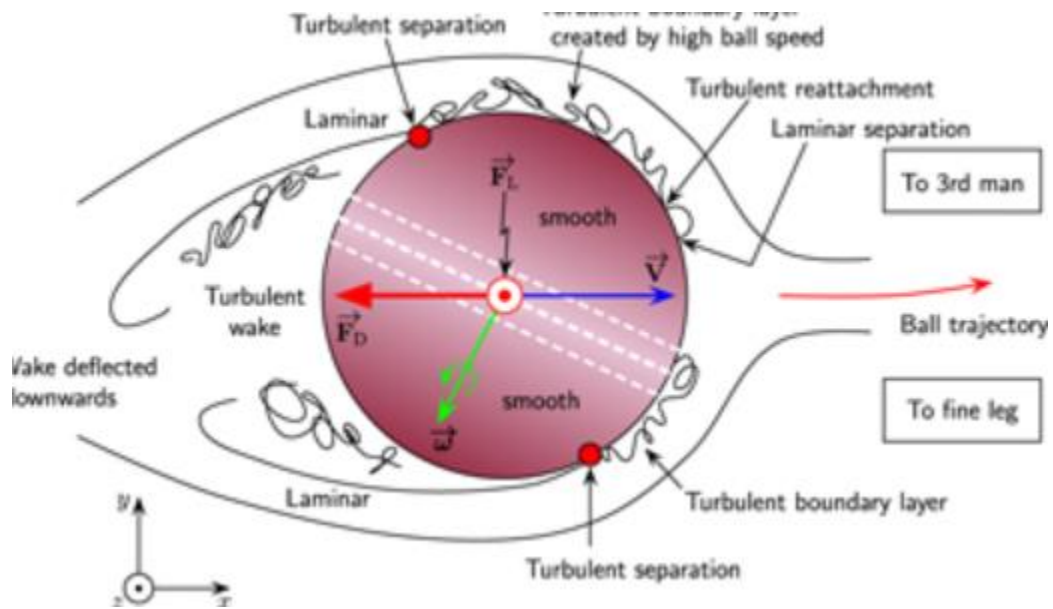
Nous avons marqué d'un point rouge un des deux disques du cylindre afin de trouver la vitesse de rotation moyenne du cylindre une fois lancé.

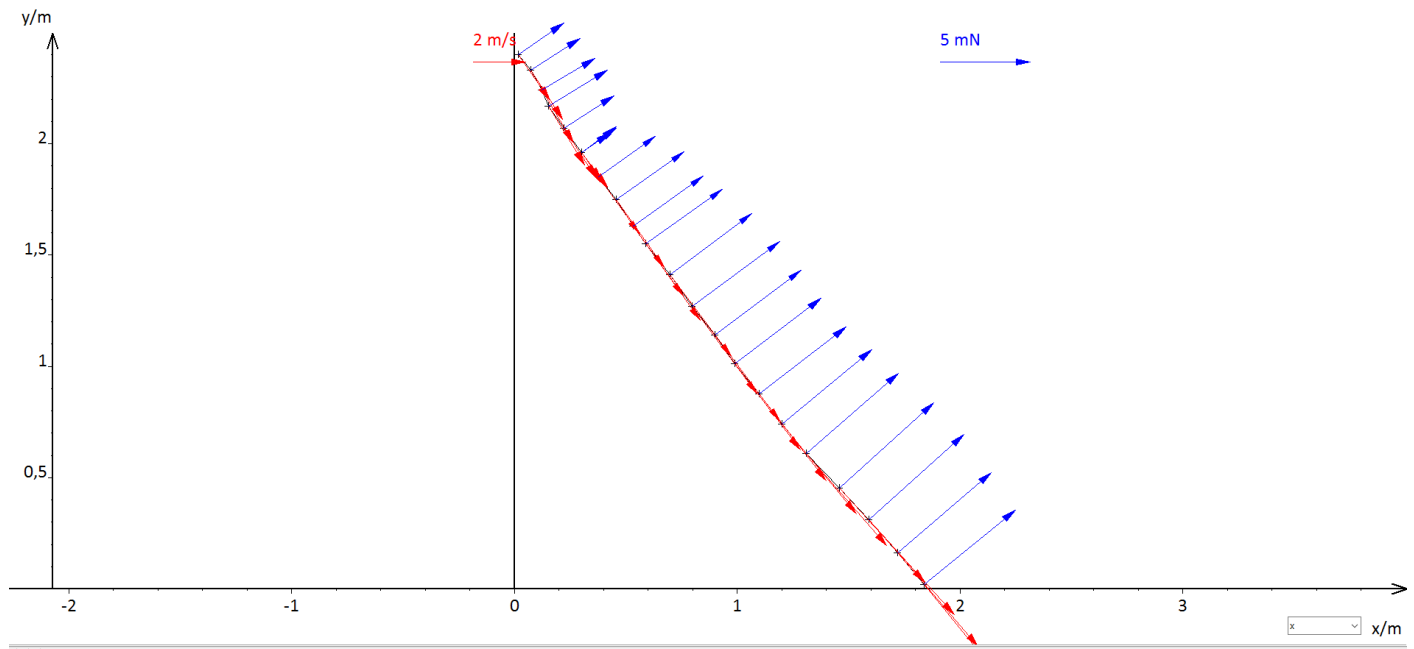
Sur une vidéo nous avons calculé le nombre de tours par minute : sur un temps de 5secondes nous avons pu compter 16 tours, nous avons fait le rapport en tours par minute, nous obtenons 192 tours/min ce qui correspond à 20.11 rad/s.

////////// Photo

Lors de nos premières expériences nous avons remarqué qu'à une faible hauteur nous ne

pouvions pas observer complètement la courbure de la trajectoire.





probs à évoquer : hauteur

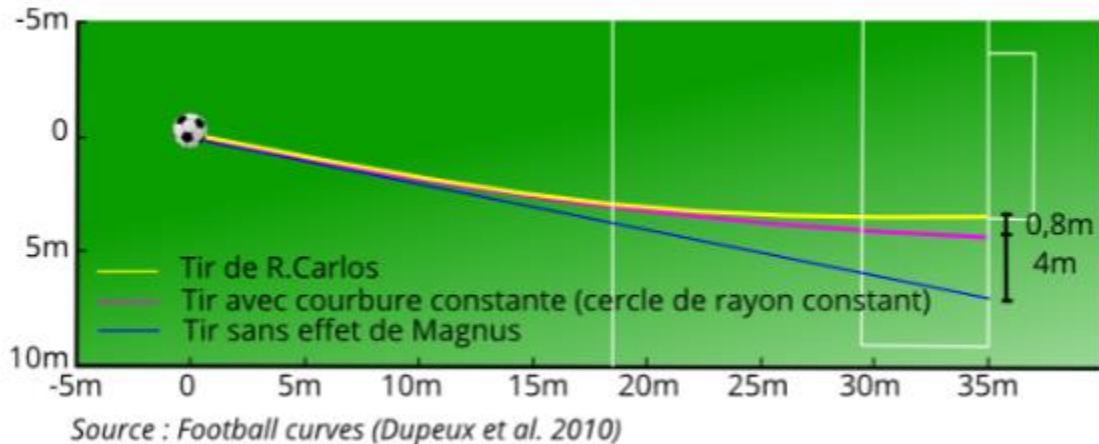
friction : laminaire/turbulent

2) Applications de l'effet Magnus

L'effet Magnus est principalement utilisé dans les sports, particulièrement les sports de balles tel que le baseball, le golf, le cricket... L'effet Magnus permet d'obtenir certaines trajectoires des balles de tennis ou encore les ballons liftés au football.

Pour le football au tir de coup franc, la frappe envolée donne une trajectoire courbée au ballon. Cette frappe fait tourner le ballon sur lui-même, l'effet Magnus est mis en place.

Par exemple le coup franc de Roberto Carlos en 1997 :



Cette exemple fonctionne aussi pour d'autres sports de balles.

Le projet d'aéromobile, qui serait une voiture volante, utilise des ailes à effet Magnus pour assurer sa portance.

The Aeromobile European Association développe un prototype en 2013, et présente en 2014 iCar 101 Pop, une voiture volante équipée d'ailes rotatives motorisées à effet Magnus. La force de portance dépend de la vitesse de rotation de chaque aile, il est donc possible de contrôler séparément chaque aile. Cette voiture volante sera présentée au salon de Genève en mars 2018.

L'utilisation de l'effet Magnus a donc été proposée pour mettre au point des systèmes de propulusion composés de gros cylindres verticaux en rotation capables de produire une poussée longitudinale lorsue le vent est sur le côté.

Nous en parlerons dans la prochaine partie de notre projet.

III. Mise en pratique de l'effet Magnus : La turbovoile

1) Le *Buckau* et *L'Alcyone*

//////////

2) En savoir davantage sur la turbovoile

//////////

3) Comparaisons avec moteurs et rentabilité

Tout d'abord nous allons étudier le prix d'un bateau turbovoile et le prix d'un bateau à moteur

(diesel)

Ensuite nous étudierons le temps de trajet de chacun afin de comparer et d'en évaluer la rentabilité.

Différents bateaux à turbovoiles ont été fabriqués pour différents objectifs de rentabilité :

-L'E-Ship I, un navire de 130m de long et de 22.5m de large, équipé de 2 moteurs conventionnels, avec 4 cylindres rotatifs verticaux de 25m de haut conçus pour réduire de 30% à 50% la consommation de carburant de ce "cargo hybride" sur de longues distances.



-L'*Alcyone*, présenté précédemment, est, pour rappel, un navire équipé d'un système de propulsion par turbovoile, conçu pour diminuer de 30% l'énergie nécessaire à une propulsion par hélice au moyen de moteurs.



Les systèmes utilisant l'effet Magnus sont donc des auxiliaires prometteurs pour économiser les besoins énergétiques en propulsion navale.

Nous n'avons malheureusement pas trouvé de prix pour les bateaux turbovoiles car ce principe est encore à l'état de projet.

Mais nous avons pu récolter quelques informations : la construction d'un bateau turbovoile

coûte plus cher qu'un bateau à moteur, en moyenne pour un bateau à moteur de 12 à 13 mètres, les prix vont de 300 000€ à 550 000€ pour du neuf.

Il faudrait donc que les 30% à 50% de réduction de consommation en carburants rentabilisent le coût de production.

Le bateau le plus rentable serait donc le bateau à moteur jusqu'à une certaine durée.

Maintenant, nous allons comparer le temps de trajet du bateau turbovoile (*Alcyone*) et un bateau à moteur à peu près de même taille et même poids afin que l'étude soit cohérente. Cependant, nos calculs se basent sur des approximations, dans cette étude nous ne cherchons donc pas à être précis mais à trouver le type de navire le plus rentable.

Pour l'*Alcyone* nous avons trouvé qu'il a en 2 jours fait le trajet du port de Concarneau au port de Caen. Soit une distance d'environ 978 km. Sa vitesse moyenne était de 10 à 12 nœuds (18,52 à 22,22 km/h) avec un vent de 30 nœuds (55,56km/h)

Pour un bateau à moteur d'à peu près même taille et même poids, nous avons trouvé le trajet Rotterdam(USA)-New York de 79 km effectué en 2 h.

Sachant que l'*Alcyone* fait 978 km en 48 h et que le bateau à moteur fait 79 km en 2 h, nous obtenons 24h et 45 min pour le trajet du port de Concarneau au port de Caen pour le bateau à moteur. Soit un rapport d'environ 2.

Le bateau à moteur est donc plus rapide. Donc plus rentable sur le temps de parcours.

(Attention, nous ne connaissons pas la vitesse moyenne de navigation du bateau à moteur, ce qui peut fausser ces calculs, mais nous considérons que le rapport de 2 est suffisamment signifiant pour négliger la vitesse moyenne de navigation du bateau et considérer que le bateau à moteur navigue, effectivement, plus rapidement.)

De plus, d'autres facteurs rendent difficile cette comparaison : Il faut prendre en compte le sens du vent, sa puissance : si le vent est trop faible, il manquera d'énergie mais un vent trop fort peut contraindre l'équilibre du bateau.

IV. Conclusion

Sitographie :

evolution.skf.com/fr/la-puissance-de-magnus/

wikipedia : propulsion maritime

<http://www.enerzine.com/des-voiles-cylindriques-pour-propulser-un-cargo/4540-2008-08>

fred.elie.free.fr/turbovoile.pdf

http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/magnus/mvt_magnus.pdf

<http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0910/tpld/mfi/ecoulements-potentiels/effet-magnus.php>

<https://www.britannica.com/science/Magnus-effect>

<http://www.icar-101.com/icar/index.php?/fre/iCar-101-PoP>

<https://www.lanouvellerepublique.fr/actu/voici-venir-les-voitures-volantes>