

Etude : Adaptation du vol en V des oiseaux migrateurs au vol des avions de ligne

Le secteur aéronautique est un émetteur majeur de CO₂ à l'échelle mondiale. Réduire ses émissions grâce à une technique de vol venue du monde des oiseaux est une approche intéressante. J'ai donc choisi d'étudier le vol en V pour comprendre comment il peut être appliqué aux avions commerciaux.

Lors de son vol, un avion génère des tourbillons marginaux, ou vortex de bout d'aile, dont la forme et le mouvement rotatif rappellent le thème de l'année. L'avion suiveur va utiliser ces tourbillons afin de bénéficier d'une portance supplémentaire, ce qui lui permettra d'économiser du carburant.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*
- *SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)

Aviation

Turbulence de sillage

Mécanique des fluides assistée par ordinateur

Biomimétisme

Développement durable

Mots-clés (en anglais)

Aviation

Wake turbulence

Computational Fluid Dynamics

Biomimicry

Sustainable development

Bibliographie commentée

Un avion, lors de son vol, génère derrière lui des turbulences de sillage : ces turbulences sont dues aux effets de souffle des groupes motopropulseurs de l'avion (hélices ou réacteurs), au fuselage ou au bout des ailes. Ce phénomène est connu depuis les débuts de l'aviation mais la

mise en service d'avions de plus en plus grands a accentué la prise en compte de ce phénomène. En effet, plus la taille de l'avion est grande, plus la turbulence de sillage générée par celui-ci est importante [1].

Cependant, ce phénomène dangereux peut aussi être utilisé afin d'économiser du carburant : dans le monde des oiseaux migrateurs, les oies utilisent les tourbillons de sillage créés par les oiseaux devant eux afin d'économiser de l'énergie et ainsi parcourir de grandes distances. Cette technique de vol permet à ces oiseaux d'économiser 20 à 30% d'énergie [2].

Ainsi, Airbus a mis au point un vol démonstrateur, baptisé Fello'fly, durant lequel deux Airbus A350 ont volé de Toulouse à Montréal en formation en 2021. L'avion suiveur a ainsi économisé 5 % de carburant [3].

Cette technologie pourrait ainsi être répandue sur des vols long-courriers à l'avenir.

Cependant, des enjeux demeurent : pour pleinement tirer parti de ce phénomène, les avions doivent voler très proches l'un de l'autre (3km de séparation horizontale environ, avec une différence d'altitude de 300 m), ce qui pose des problèmes évidents de sécurité (actuellement les avions volent à environ 90km l'un de l'autre sur des vols transatlantiques). Cette technologie ne demanderait pas beaucoup de modifications aux avions (une mise à jour logicielle suffirait) [4], mais il faudrait repenser le contrôle aérien afin d'assurer la sécurité malgré les distances beaucoup plus faibles entre les avions. Une marge d'amélioration existe aussi : actuellement, Airbus annonce une économie d'environ 5% de carburant pour l'avion suiveur, mais ce chiffre pourrait être augmenté selon la taille de l'avion. De plus, de nouvelles formes d'avion telles que les avions à corps en ailes fusionnées (Blended Wing Body Aircraft, ou BWB) [5], qui offrent une surface de portance plus étendue, pourraient permettre d'augmenter l'efficacité du dispositif.

Problématique retenue

Ce TIPE a pour objectif d'étudier les raisons pour lesquelles le V est la meilleure configuration pour tirer parti de la portance apportée par les tourbillons de sillage.

Objectifs du TIPE du candidat

1. Réalisation de tests sur une maquette d'aile NACA 0015 en soufflerie au PLEX, avec variation de l'angle d'incidence afin de pouvoir tracer les polaires $C_x(\alpha)$ et $C_z(\alpha)$.
2. Réalisation d'une simulation au PLEX avec une puis deux ailes afin de mettre en évidence la portance supplémentaire dont bénéficie la seconde aile.

3. Réalisation d'une simulation au lycée avec Solidworks Flow avec un nouveau type d'aile (BWB), pour voir si cette forme peut améliorer les performances du dispositif.
4. Comparaison des résultats afin de conclure sur la pertinence du vol en V pour les avions de ligne.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] : Les turbulences de sillage : <https://www.lavionnaire.fr/PhenomSillage.php>
- [2] POLGE, AURIANE : Mystère du vol en formation : pourquoi les oiseaux volent-ils en V ? : <https://www.science-et-vie.com/nature-et-environnement/mystere-du-vol-en-formation-pourquoi-les-oiseaux-volent-ils-en-v-173498.html>
- [3] AIRBUS : « Airbus and Its Partners Demonstrate How Sharing the Skies Can Save Airlines Fuel and Reduce CO2 Emissions | Airbus » : <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2021-11-airbus-and-its-partners-demonstrate-how-sharing-the-skies-can-save>
- [4] AIRBUS : Fello'fly : <https://www.airbus.com/en/innovation/future-aircraft-operations/air-traffic-management/fellofly-and-geese>
- [5] SHRIVASTAV, VIVEK KUMAR, SUJEET PANDEY : « BLENDED WING BODYAIRCRAFT » : https://www.researchgate.net/publication/326322767_BLENDED_WING_BODYAIRCRAFT

DOT

- [1] : 25/04/25 : Première idée d'expérience : Construire une mini-soufflerie pour pouvoir mesurer la portance
- [2] : 18/09/25 : Début de réalisation d'une expérience témoin avec une aile, un souffleur à feuilles et une balance pour mesurer la portance via une mesure de différence de masse
- [3] : 20/11/25 : Premières mesures avec une seule aile, avec succès, ce qui me pousse à tenter la même expérience mais cette fois avec deux ailes
- [4] : 15/01/26 : Simulation CFD à Centrale Lille, qui m'a permis d'obtenir des résultats importants et de comprendre concrètement le phénomène de Wake Energy Retrieval
- [5] : 5/03/26 : Début d'une autre CFD avec une aile BWB, afin de pouvoir voir d'éventuels gains avec cette nouvelle forme d'aile qui permet déjà d'économiser de l'énergie
- [6] : 26/03/26 : Je retente la CFD, sans résultat faute de mémoire suffisante sur l'ordinateur : je décide donc de juste travailler avec la simulation de Centrale
- [7] : Fin mai : Rassemblement des résultats et réalisation de quelques calculs avec Python pour la présentation finale