

Looping, une des figures de base la plus attirante du voltige aérienne.

Je suis fasciné par la manière dont les pilotes de voltige jouaient avec la gravité. C'était tellement impressionnant de voir des figures qui défient toutes les lois de la physique. Désormais, nous découvrons ce monde aérien, fusionnant la théorie et la pratique pour dévoiler l'essence de l'une de ces figures.

La boucle est une manœuvre acrobatique basique dans les compétitions de voltiges aériennes où l'avion effectue une trajectoire en forme de cercle vertical. Nous allons donc étudier les paramètres sur lesquelles peuvent agir les pilotes pour optimiser cette figure et les limites de son modèle idéal.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

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

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Aéronautique</i>	<i>Aeronautics</i>
<i>Voltige aérienne</i>	<i>Aerobatic</i>
<i>Boucle d'avion</i>	<i>Airplane loop</i>
<i>Facteur de charge</i>	<i>Load factor</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>

Bibliographie commentée

La voltige aérienne est une discipline où l'aéronautique et le sport extrême vont de pair. La compétition de cette activité exaltante rassemble des pilotes professionnels qui rivalisent pour réaliser des figures aériennes complexes, évaluées par un collège de juges. Les critères incluent la précision, la fluidité, l'originalité et la symétrie des manœuvres tout dans un volume et un temps limité. Le règlement du jeu est présenté par la Fédération Française Aéronautique sous plusieurs niveaux [1].

Le premier looping fut réalisé en 1913. Pionnier de l'aviation, Adolphe Pégoud (1889-1915) fût le premier pilote à réussir cette figure le 31 août 1913 à Buc au commandes d'un Blériot. En plus de 150 images, Christophe Grudler retrace dans son livre la vie hors norme de celui qui était surnommé le « roi des aviateurs » [2]. Bien que Pyotr Nesterov ait également réalisé une boucle à Kiev documentée la même année, c'est le nom de Pégoud qui résonne le plus dans les annales de l'histoire de l'aviation, soulignant son rôle crucial dans le développement des techniques de vol et son impact durable sur l'aviation moderne.

Au cours de la Première Guerre Mondiale, la voltige aérienne a été exploitée comme une technique de combat, pour assommer l'ennemi, se positionner pour tirer, ou encore pour s'échapper à ses salves mortelles. Vers les années 1920, l'acrobatie aérienne devient une véritable activité de loisir et de compétition, servant à des spectacles payants, notamment avec le progrès technique améliorant nettement les performances des avions.

Au cours des années 1930, une rude concurrence s'installe entre de grands pilotes européens en présence de foules immenses, ce qui entraîne par la suite une structuration progressive de cette activité.

Aujourd'hui, devant le progrès technologique de l'industrie aéronautique, la réalisation d'une telle manœuvre revient à respecter certaines équations physiques. Ainsi, dans le cadre de notre étude sur la boucle aérienne, nous allons mettre en place le principe fondamental de la dynamique qui relie la variation de la vitesse avec les forces aérodynamiques agissantes sur l'aéronef pendant la boucle [3][5]. Ensuite, nous envisagerons la notion du facteur de charge et sa relation avec les paramètres de la trajectoire pour déduire son impact sur la courbure de la boucle [4][5]. Pour mieux comprendre le looping dans sa forme idéale, nous allons également remettre en question le modèle théorique d'une boucle parfaite, en vérifiant sa validité à la lumière des analyses théoriques disponibles et son rapport avec les normes de sécurité exigées par la Fédération Française Aéronautique [1][3]. Enfin, afin d'étendre notre étude et d'enrichir nos conclusions, il va falloir recourir à une simulation informatique pour modéliser les résultats de notre étude théorique permettant une analyse plus approfondie des effets des ajustements du pilote. Ainsi, cette démarche méthodique et analytique nous permettra de jeter un éclairage sur les mécanismes complexes qui sous-tendent la boucle aérienne en combinant à la fois la théorie et la pratique.

Problématique retenue

Comment le pilote peut manipuler son avion pour un looping esthétique satisfaisant le public et ainsi avoir une meilleure évaluation des juges ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Etablir le bilan des forces aérodynamiques agissant sur la forme de la boucle.

- Savoir la notion du facteur de charge et examiner son impact sur la courbure de la boucle.
- Vérifier la validité du modèle idéal d'une boucle: Cercle parfait.
- Modéliser grâce à des outils informatiques les résultats de l'étude théorique.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] FÉDÉRATION FRANÇAISE AÉRONAUTIQUE : Voltige aérienne règlement fédéral : https://www.ffa-aero.fr/FR/frm_Sports_Volt_Competition.awp?A107
- [2] CHRISTOPHE GRUDLER : Le premier looping : *Pégoud, le roi des aviateurs (1889-1915)*, les Éditions du Lion, 2015
- [3] CLAUDE LELAIE, JEAN EYQUEM : Technique de pilotage : <http://voltigeaerienne.unblog.fr/>
- [4] ERIC SAVATERRO, CLAUDE GOUMAIN : http://ac.oleron.free.fr/Files/255_ppt_mecavol_4_calculs_applications_dr420_2016_02_28.pdf
- [5] VIOUX DANIEL : Mécanique du vol : *L'avionneur, toute les applications de l'aéronautique* url : <https://www.lavionnaire.fr/MecaVirages.php>

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

- [1] RAINER MÜLLER : Roller coasters without differential equations—a newtonian approach to constrained motion : *European Journal of Physics*, 31(4):835, 2010
- [2] ROBERT FERRÉOL : SPIRALE DE CORNU OU CLOTHOÏDE : <https://mathcurve.com/courbes2d/cornu/cornu.shtml>

DOT

- [1] : Octobre 2023 : Choix du sujet, Etude théorique du système d'avion et la mise des hypothèses pour une étude très simple
- [2] : Décembre 2023 : J'ai réussi à établir l'équation des trois modèles de boucle et leurs simulations en Python
- [3] : Janvier 2024 : Recherche d'une solution pour les problèmes de départ et de fin de la boucle
- [4] : Février 2024: Introduction de la Clothoïde dans notre étude grâce à ses nombreux utilisations dans la vie quotidienne
- [5] : Mars 2024 : Echec de la simulation pour le trace de la symétrie de la demi boucle de Clothoïde
- [6] : Mars 2024 : Echec de la simulation pour le raccordement des boucles de Clothoïde avec les trois premiers modèles