

# L'avion à élastique : jouet propulsé par hélice ou simple planeur ?

Au concours général, j'ai travaillé sur un avion à élastique que j'avais conservé et commencé à étudier, les résultats paraissaient concluants. Et c'est au moment de choisir un sujet de TIPE que l'idée m'est venue de le ressortir du placard et d'en faire notre sujet d'étude avec mon binôme.

Nous avons analysé l'influence de l'hélice sur le vol de l'avion en comparant les essais avec et sans celle-ci afin de distinguer son utilisation comme planeur ou avion à élastique. Nous avons également examiné les différentes interactions entre la structure de l'avion et l'air, milieu supposé homogène.

**Professeur encadrant du candidat :**

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

## Positionnement thématique (phase 2)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique), PHYSIQUE (Mécanique).*

## Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Aéromodélisme</i>	<i>Aeromodelling</i>
<i>Principe de superposition</i>	<i>Superposition principle</i>
<i>Moteur caoutchouc</i>	<i>Rubber powered</i>
<i>Planeur</i>	<i>Glider</i>
<i>Propulsion par hélice</i>	<i>Propeller-driven</i>

## Bibliographie commentée

Le vol libre (« free flight » en anglais) est une forme de modélisme qui consiste à faire voler son modèle d'avion sans intervention extérieure pendant le vol. Cette activité va du simple passe-temps pour enfants à des compétitions mondiales réunissant de nombreux amateurs devenus spécialistes de cette « science » précise [1]. Elle comprend notamment les avions à « moteur caoutchouc ». La société « Günther », basée en Allemagne, propose une gamme de ce type d'avion, dont l'objet de notre étude, le « Günther 1615 », qui amène aux mêmes interrogations qu'avec l'avion en balsa proposé à l'étude au Concours Général de SPCL 2016. Il est composé de deux larges ailes, d'un aileron et d'un moteur caoutchouc. Sachant qu'il ne décolle pas de lui-même une fois rechargé, le

Günther 1615 est donc à mi-chemin entre un planeur et un avion propulsé.

Un élastique est logé dans le tube creux du fuselage. L'une de ses extrémités, fixe, est accrochée à l'aileron arrière tandis que l'autre, mobile, est solidaire de l'hélice. De plus, l'avion requiert une impulsion initiale manuelle pour débiter son vol. Ce modèle réduit repose sur une propulsion par moteur caoutchouc au fonctionnement simple : la torsion de l'élastomère par « rembobinage » manuel de l'hélice à laquelle il est accroché permet l'accumulation d'énergie potentielle. Celle-ci est convertie, après le lâcher de l'hélice, en énergie mécanique de rotation par la détente de l'élastique, qui génère un couple de rappel au niveau de l'hélice. Ce fonctionnement est fréquemment utilisé dans les modèles et jouets et peut faire l'objet de moteurs plus complexes [2].

Cependant, d'après nos observations, le lancer de l'avion après enroulement de l'élastique ne paraît pas beaucoup plus performant qu'un vol sans propulsion élastique. Deux études distinctes et complémentaires sont alors possibles : le fonctionnement du moteur et celui du planeur indépendamment.

En faisant l'hypothèse faible que la raideur de l'élastique est constante quel que soit son degré d'enroulement, il est possible de déterminer le couple de rappel engendré en fonction du nombre de tours de l'hélice, et donc de l'élastique en torsion [3]. Ce coefficient est déterminé expérimentalement selon une méthode qui consiste à utiliser un pendule de torsion avec mesure de période des oscillations [4].

La poussée de l'hélice lors du vol en propulsion dépend de la vitesse de rotation de l'hélice qui est elle-même une fonction du temps et du nombre de tours initial de l'élastique [5]. Toutefois, il est impossible de déclencher le moteur caoutchouc au moment voulu. De plus, la vitesse de détente de l'élastique n'est pas constante : il y a restitution quasi-intégrale de son énergie dans les premières secondes. D'autres paramètres peuvent influencer le comportement du moteur, ignoré pour l'instant.

L'autre étude consiste à étudier le système en mode planeur et donc l'influence du milieu extérieur et de l'impulsion initiale sur son vol. Différentes forces permettent le maintien en altitude : la poussée initiale de l'avion et la portance de l'air [6]. La qualité d'un planeur repose notamment sur les phénomènes de trainée et portance caractérisant son vol [7], cette dernière s'appliquant de l'intrados vers l'extrados de l'aile [6][7]. Ces forces, composantes de la résultante dynamique, sont proportionnelles, à angle d'incidence fixe, au carré de la vitesse. Au vu des dimensions de l'appareil, l'utilisation de la théorie des profils minces permet de simplifier la détermination de leurs coefficients caractéristiques. L'ensemble des forces agissant sur l'aéronef dépend du profil des ailes et de la forme du fuselage. Nous faisons, pour simplifier notre étude, l'hypothèse d'un écoulement stationnaire et incompressible de l'air supposé homogène [8]. Ce modèle est construit à partir d'un relevé de la trajectoire de l'avion [9], à angle d'incidence initial fixé, maximisant sa portée [10], élastique au repos, tout au long de notre étude.

La superposition de ces deux études doit permettre de connaître le comportement global de l'avion.

## **Problématique retenue**

D'après les résultats en utilisation "normale" de l'avion, on se demandera, notamment en termes de portée, quelle est ici la légitimité de l'hélice.

## Objectifs du TIPE du candidat

Je m'intéresserai de mon côté à la trajectoire du planeur, c'est-à-dire de l'avion privé de son hélice en effectuant des relevés à angle de lancer constant. En ajoutant les résultats de mon binôme sur l'élastique seul on pourra estimer l'erreur entre le modèle mis au point et le système réel.

En envisagera enfin de possibles améliorations de ce système imparfait.

## Objectifs du TIPE du second membre du groupe

Je m'intéresserai à l'étude du moteur caoutchouc seul, et chercherai à déterminer expérimentalement les paramètres de l'élastique. Je confronterai également les résultats d'une simulation numérique de mon modèle avec des expériences. En ajoutant l'étude menée par mon binôme sur le comportement de l'avion en planeur, on pourra estimer l'erreur modèle/expérience sur le système réel. On envisagera enfin de possibles améliorations de ce système imparfait.

## Abstract

The object we worked on is a rubber-powered model plane. We tried to find out whether it mainly behaves like a glider, thus, we studied separately the rubber propeller and the aircraft's structure. My partner especially focused on the propeller. As for me, making video recordings of the plane and processing the obtained data, I came up with flight equations, without the plane's propeller. Now having a mathematical model of the plane, I used experimental coefficients advised by an expert to finalise my study. Superimposing the two studies eventually enabled us to conclude.

## Références bibliographiques (phase 2)

- [1] PHIL DERNER JR. : FLOAT : Inside the World of a Competitive Rubberband-Powered Aircraft : <http://www.nycaviation.com/2012/06/float-a-documentary-about-rubber-powered-aircraft-competition/23633>
- [2] LEONARD G. MCANENY : Rubber band powered motor for model airplane : <https://www.google.com/patents/US4629438>
- [3] DARIO FLOREANO : Flying Insects and Robots : 10.1007/978-3-540-89393-6
- [4] I. M. WARD, J. SWEENEY : An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers : 047149626X
- [5] W. B. GARNER : MODEL AIRPLANE PROPELLERS : <http://dc-rc.org/pdf/Model%20Propellers%20Article.pdf>
- [6] ENS CACHAN : MECANIQUE DU VOL : [http://ffa-jeunes.ens-cachan.fr/BIA-P%C3%A9dago\\_files/D.pdf](http://ffa-jeunes.ens-cachan.fr/BIA-P%C3%A9dago_files/D.pdf)
- [7] UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT : Avions en papier : <http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/~phyexp/pmwiki.php/Avion/AvionsEnPapier>
- [8] INGE L. RYHMING : Dynamique des fluides : 2880744091
- [9] GIOVANNI TARANTINO : Video analysis of the flight of a model aircraft : 10.1088/0143-0807/32/6/015
- [10] MARTIN SIMONS : MODEL AIRCRAFT AERODYNAMICS : 1854861905

## **DOT**

- [1] *Interrogation sur la contribution du moteur pendant le vol après les premiers essais mi-Mai*
- [2] *Premières captures vidéo de la trajectoire début Février, peu concluantes à cause des conditions météorologiques fin Septembre*
- [3] *Au vu de la complexité de l'étude, décision de la scinder en 2 sous-études distinctes*
- [4] *Réalisation d'une erreur systématique de cadrage vidéo nous obligeant à reprendre les expériences différemment mi-Janvier*
- [5] *Réalisation de l'impossibilité de tirer parti du nombre de Reynolds des ailes de l'avion, celui-ci étant trop faible*
- [6] *Echanges avec un ingénieur en mécanique du vol et expert en aéromodélisme qui nous conseille des valeurs typiques pour notre avion*
- [7] *Mise en commun des études distinctes de l'avion avec le binôme*