

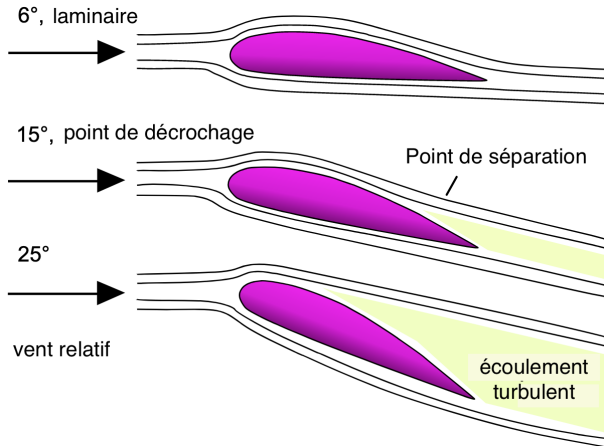
# Identification et Commande d'un Drone en Situation de Décrochage

**Vincent Guibert (ENAC/Drones)**

Encadrants :     *Jean-Philippe Condomines*     (ENAC/Drones)  
                              *Mathieu Brunot*                             (ONERA/DTIS)  
                              *Jean-Marc Biannic*                           (ONERA/DTIS)

10 Février 2022

## Contexte



**Figure** – Représentation de l'écoulement autour d'une aile à divers angles d'incidence. (source : DLR)

# Contexte

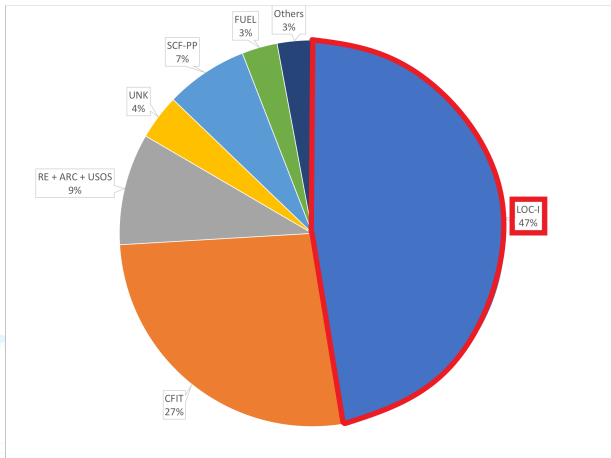


Figure – Répartition des victimes d'accidents aériens par catégorie.

(source : Boeing)

En bleu à droite : perte de contrôle en vol (47%).

# Contexte

Les drones à voilure fixe sont :



Figure – Vue d'artiste  
du drone DISCO FPV.  
(source : Parrot)

# Contexte

Les drones à voilure fixe sont :

- plus sensibles aux perturbations,



Figure – Vue d'artiste  
du drone DISCO FPV.  
(source : Parrot)

# Contexte

Les drones à voilure fixe sont :

- plus sensibles aux perturbations,
- plus susceptibles de tomber en panne,



Figure – Vue d'artiste  
du drone DISCO FPV.  
(source : Parrot)



# Contexte

Les drones à voilure fixe sont :

- plus sensibles aux perturbations,
- plus susceptibles de tomber en panne,
- voués à évoluer en autonomie.



Figure – Vue d'artiste du drone DISCO FPV.  
(source : Parrot)

# Contexte

Les drones à voilure fixe sont :

- plus sensibles aux perturbations,
- plus susceptibles de tomber en panne,
- voués à évoluer en autonomie.

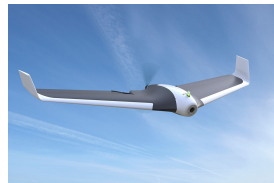


Figure – Vue d'artiste du drone DISCO FPV.  
(source : Parrot)

## Contexte

La reprise automatisée du décrochage s'inscrit donc dans les efforts actuels pour mieux intégrer les drones aux espaces aériens, et particulièrement aux espaces urbains.



# Objectifs

## Objectif principal

Développer une commande capable de ramener un drone dans son enveloppe de vol nominale après l'apparition du décrochage.

# Objectifs

## Objectif secondaire

Développer et identifier un modèle fiable de la dynamique de vol d'un drone à proximité et après le point de décrochage.

# Objectifs

## Objectif principal

Développer une commande capable de ramener un drone dans son enveloppe de vol nominale après l'apparition du décrochage.

## Objectif secondaire

Développer et identifier un modèle fiable de la dynamique de vol d'un drone à proximité et après le point de décrochage.

# Résultats

Le modèle retenu a la forme hybride :

$$\dot{\mathbf{x}} = f_i(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N\} = \mathcal{S}$$

$$\forall j, k \in \mathcal{S} \quad i = j \wedge g_{j \rightarrow k}(\mathbf{x}) = 0 \Rightarrow i = k$$

où les fonctions d'état  $f_i$  sont polynomiales.

# Résultats

Le modèle retenu a la forme hybride :

$$\dot{\mathbf{x}} = f_i(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \longrightarrow \text{Fonctions d'état}$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N\} = \mathcal{S}$$

$$\forall j, k \in \mathcal{S} \quad i = j \wedge g_{j \rightarrow k}(\mathbf{x}) = 0 \Rightarrow i = k$$

où les fonctions d'état  $f_i$  sont polynomiales.

# Résultats

Le modèle retenu a la forme hybride :

$$\dot{\mathbf{x}} = f_i(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \longrightarrow \text{Fonctions d'état}$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N\} = \mathcal{S} \longrightarrow \text{Automate à état discret}$$

$$\forall j, k \in \mathcal{S} \quad i = j \wedge g_{j \rightarrow k}(\mathbf{x}) = 0 \Rightarrow i = k$$

où les fonctions d'état  $f_i$  sont polynomiales.

# Résultats

Le modèle retenu a la forme hybride :

$$\dot{\mathbf{x}} = f_i(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \longrightarrow \text{Fonctions d'état}$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N\} = \mathcal{S} \longrightarrow \text{Automate à état discret}$$

$$\forall j, k \in \mathcal{S} \quad i = j \wedge g_{j \rightarrow k}(\mathbf{x}) = 0 \Rightarrow i = k \longrightarrow \text{Transitions}$$

où les fonctions d'état  $f_i$  sont polynomiales.

# Résultats

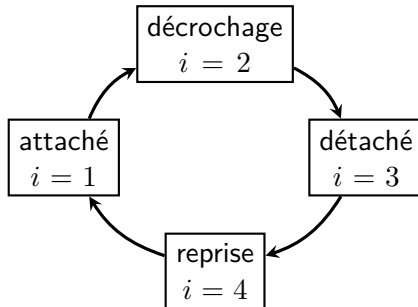


Figure – Le graphe de transition du modèle retenu.



# Résultats

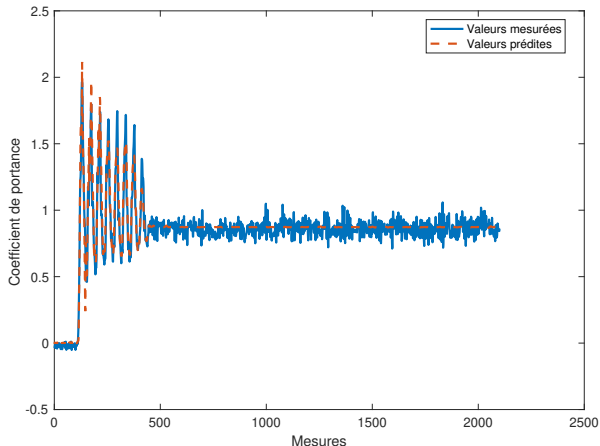


Figure – Comparaison entre les valeurs mesurées expérimentalement et prédites par le modèle pour le coefficient de portance.

# Résultats

Décrochage initial

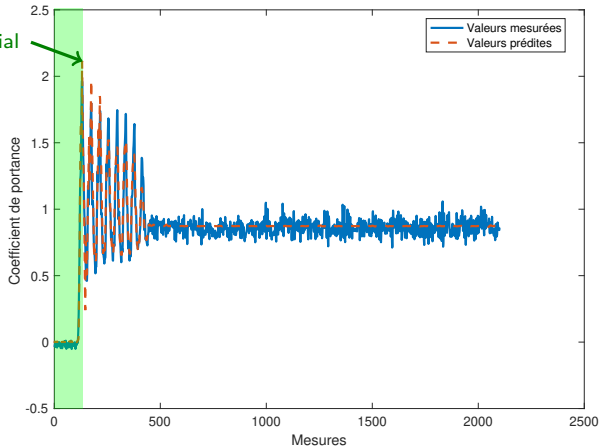


Figure – Comparaison entre les valeurs mesurées expérimentalement et prédites par le modèle pour le coefficient de portance.

# Résultats

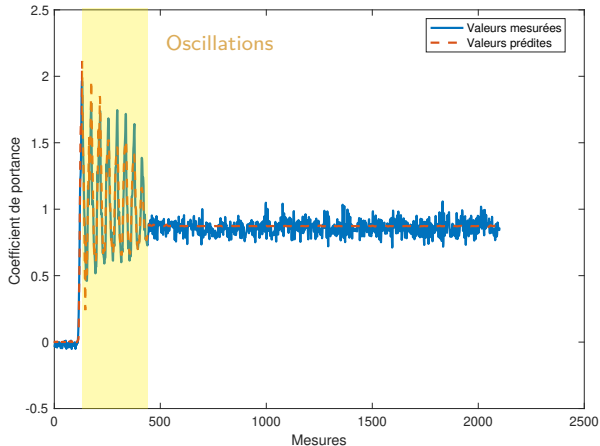


Figure – Comparaison entre les valeurs mesurées expérimentalement et prédites par le modèle pour le coefficient de portance.

# Résultats

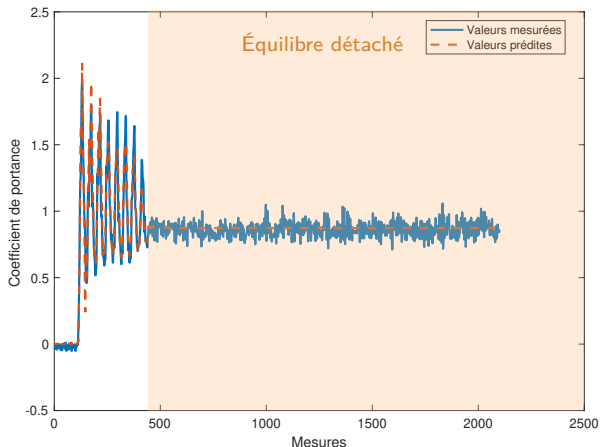


Figure – Comparaison entre les valeurs mesurées expérimentalement et prédites par le modèle pour le coefficient de portance.

## En cours de préparation

- Vincent GUIBERT et al. « A Hybrid Polynomial Model for the High Angles of Attack Longitudinal Dynamics of a UAV ». 2022 International Conference on Unmanned Aircraft Systems. 2021
- Vincent GUIBERT et al. « A Longitudinal Hybrid Polynomial Model for the Analysis and Control of a UAV Beyond Stall ». Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2021

# Publications

## Publiées

- Vincent GUIBERT et al. « Semi-parametric Regression based on Machine Learning Methods for UAS Stall Identification ». In : *IFAC-PapersOnLine* 54.7 (2021). 19th IFAC Symposium on System Identification SYSID 2021, p. 180-185
- Vincent GUIBERT et al. « Piecewise Polynomial Model Identification using Constrained Least Squares for UAS Stall ». In : *IFAC-PapersOnLine* 54.7 (2021). 19th IFAC Symposium on System Identification SYSID 2021, p. 493-498

Merci pour votre attention.

