

## TP1 : Appontage automatique d'un avion de chasse

### Introduction

Un appontage est l'action d'atterrir sur une plateforme. Pour notre sujet, nous nous intéressons aux avions de chasse qui atterrissent sur un porte avion car c'est la catégorie d'avion qui enregistre le plus d'échec pour cette manœuvre. C'est une action délicate en raison des conditions dans lesquelles elle est exécutée : visibilité pour le pilote, mouvement de la masse d'air autour du porte avion, mouvement du porte avion fortement dépendant de l'amplitude et de la houle, ...

On considère que l'orientation d'un avion en vol est déterminée par 3 axes fixes :

- Axe 1. L'axe **longitudinale**, dont la rotation correspond au **roulis**. On le définit par  $\Psi$
- Axe 2. L'axe **vertical**, pour mesurer le **lacet**. On le définit par  $\theta$
- Axe 3. L'axe **latéral**, pour mesure le **tangage**. On le définit par  $\varphi$

La manœuvre d'appontage se déroule en 3 phases :

Phase 1. Le pilote place l'appareil en position d'approche. Il manœuvre pour atteindre 3 objectifs :

- Objectif 1. Aligner l'axe longitudinale de l'avion à l'axe d'appontage
- Objectif 2. Ramener les paramètres de navigation à une configuration initiale
- Objectif 3. Enclencher le pilote d'appontage automatique

Phase 2. Lancer l'algorithme à bord du porte avion qui va générer en temps réel la trajectoire d'appontage. Il transmet aussi les paramètres suivants :

**Paramètre 1 :**  $V\Psi$  qui est la vitesse de l'avion suivant l'axe longitudinale de l'avion

**Paramètre 2 :**  $\Psi$  qui est l'angle d'inclinaison de l'axe longitudinale de l'avion vers le porte avion

Phase 3. Fin de manœuvre d'appontage. Les paramètres de l'avion sont ramenés à la configuration suivante :

- $\Psi = 0$
- $\theta = \theta_0$
- $\varphi = 0$
- $V\Psi = 0$

Cela signifie que l'avion apponte et finit par s'immobiliser sur la piste le long de l'axe d'appontage.

Le but de ce projet est de développer une application qui permet d'automatiser la manœuvre d'appontage d'un avion de chasse sur un porte avion.

### Question I

Nous avons recours à un développement basé sur une méthode formelle telle que la méthode B car les méthodes formelles permettent d'obtenir une très forte assurance de l'absence de bug dans les logiciels, c'est pourquoi elles sont utilisées pour les logiciels critiques. L'application pour automatiser la manœuvre d'appontage d'un avion de chasse sur un porte avion est une application critique qui requière 0 bug car une simple erreur pourrait avoir des conséquences catastrophiques. Elles permettent aussi de donner une spécification détaillée du système à développer, qui nous permettra de vérifier si la réalisation final est conforme à ce qui était demandé au départ.

## Question II

### **Question 1 : Analyse du système d'appontage**

Le système est organisé autour des systèmes suivants :

- Système **Pilote**
  - Représente le système de contrôle automatique de l'appontage
  - Etat :
    - Sous-système **Contexte**
    - Sous-système **Appontage**
  - Fonction :
    - **EnclenchementPilote(Contexte, Appontage)** : Vérifie que le contexte et l'appontage est optimal pour enclencher le pilote automatique et démarrer la manœuvre. Retourne 0 si tout est optimal, sinon -1.
- Sous-système **Contexte**
  - Définit le contexte de fonctionnement global du système
  - Etat :
    - Axe longitudinal : **roulis** (float)
    - Axe vertical : **lacet** (float)
    - Axe latéral : **tangage** (float)
    - Vitesse de l'avion : **vitesse** (float)
  - Fonction :
    - **Initialisation(roulis, lacet, tangage)** : initialisation du système applique 0 à tout les paramètres, puis les retourne.
- Sous-système **Appontage**
  - Système opérationnel chargé de coordonner le maintien de l'avion dans le plan d'approche et la trajectoire de descente de l'avion dans ce plan
  - Etat :
    - Sous-système **PlanApproche**
    - Sous-système **Trajectoire**
  - Fonction :
    - **Appontage(PlanApproche, Trajectoire)** : permet de coordonner la trajectoire avec le plan d'approche. Les paramètres seront égaux lorsque l'avion sera posé. Retourne 0 si la manœuvre s'est bien passée, sinon -1.
- Sous-système **PlanApproche** **A FAIRE**
  - Garantit le maintien de l'avion dans le plan d'approche
  - Etat :
    - Sous-système **RegulateurPlan**
    - Sous-système **CapteurPlan**
  - Fonction :
    - **Maintien(RegulateurPlan, CapteurPlan)** : permet de maintenir l'avion grâce au RegulateurPlan

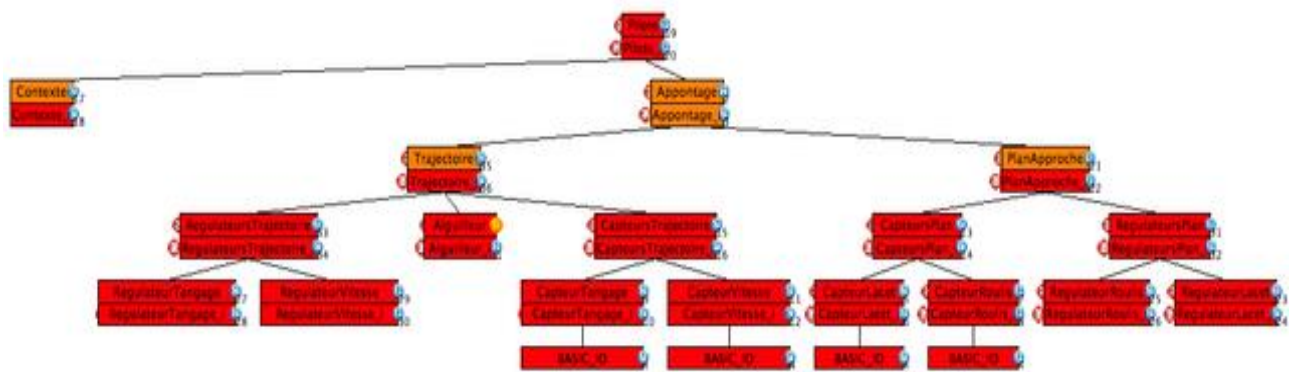
- Sous-système **CapteurPlan**
  - Récupère les données réelles fournies par les capteurs du roulis et du lacet de l'avion
  - Etat :
    - Sous-système **CapteurLacet**
    - Sous-système **CapteurRoulis**
    - Axe longitudinal : **roulis** (float)
    - Axe vertical : **lacet** (float)
  - Fonctions :
    - **RecupRoulis(CapteurRoulis, roulis)** : récupère la donnée de CapteurRoulis pour la mettre dans roulis. Retourne roulis s'il a pu récupérer la donnée sinon retourne un code d'erreur.
    - **RecupLacet(CapteurLacet, lacet)** : récupère la donnée de CapteurLacet pour la mettre dans lacet. Retourne lacet s'il a pu récupérer la donnée sinon un code d'erreur.
  
- Sous-système **CapteurRoulis**
  - Mesure le roulis de l'avion
  - Etat :
    - Axe longitudinal : **roulis** (float)
    - Sous-système **BASIC\_IO**
  - Fonction :
    - **MesureRoulis(BASIC\_IO, roulis)** : mesure le roulis réel de l'avion avec BASIC\_IO qui récupère la donnée en entrée et la met dans roulis. Retourne roulis s'il a pu récupérer la donnée en entrée sinon retourne un code d'erreur.
  
- Sous-système **CapteurLacet**
  - Mesure le lacet de l'avion
  - Etat :
    - Axe vertical : **lacet** (float)
    - Sous-système **BASIC\_IO**
  - Fonction :
    - **MesureLacet(BASIC\_IO, lacet)** : mesure le lacet réel de l'avion avec BASIC\_IO qui récupère la donnée en entrée et la met dans lacet. Retourne lacet s'il a pu récupérer la donnée en entrée sinon retourne un code d'erreur.
  
- Sous-système **RegulateurPlan A FAIRE**
  - Corrige en temps réel les paramètres (lacet-roulis) de sorte à maintenir l'avion dans le plan d'approche
  - Etat :
    - Sous-système **RegulateurLacet**
    - Sous-système **RegulateurRoulis**
  - Fonction :
    - Fonction

- Sous-système **RegulateurRoulis** **AFAIRE**
  - Corrige le paramètre roulis de sorte que l'avion soit maintenu dans le plan d'approche
  - Etat :
    - Axe longitudinal : **roulis** (float)
  - Fonction :
    - Fonction
  
- Sous-système **RegulateurLacet** **AFAIRE**
  - Corrige le paramètre lacet de sorte que l'avion soit maintenu dans le plan d'approche
  - Etat :
    - Axe vertical : **lacet** (float)
  - Fonction :
    - Fonction
  
- Sous-système **Trajectoire** **AFAIRE**
  - Contrôle la trajectoire de descente de l'avion maintenu dans le plan d'approche
  - Etat :
    - Sous-système **Aiguilleur**
    - Sous-système **CapteurTrajectoire**
    - Sous-système **RegulateurTrajectoire**
  - Fonction :
    - Fonction
  
- Sous-système **Aiguilleur** **AFAIRE**
  - Reçoit les données réelles sur les paramètres vitesse et tangage de l'avion et retourne les données pour corriger en temps réel la trajectoire d'appontage
  - Etat :
    - Vitesse de l'avion : **vitesse** (float)
    - Axe latéral : **tangage** (float)
  - Fonction :
    - Fonction
  
- Sous-système **BASIC\_IO**
  - Gère les entrées/sorties du simulateur
  - Etat :
    - Entrées du simulateur : **simulateurE**
    - Sorties du simulateur : **simulateurS**
  - Fonctions :
    - **RecepDonnée(simulateurE)** : récupère une donnée en entrée du simulateur et la met dans simulateurE. Retourne simulateurE ou -1 si la donnée n'est pas lue.
    - **EnvoiDonnée(simulateurS)** : envoi la donnée contenue dans simulateurS par la sortie du simulateur. Retourne simulateurS ou -1 si la donnée n'a pas été envoyée.

- Sous-système **CapteurTrajectoire**
  - Récupère les données réelles sur la vitesse et le tangage de l'avion
  - Etat :
    - Sous-système **CapteurVitesse**
    - Sous-système **CapteurTangage**
    - Axe latéral : **tangage** (float)
    - Vitesse de l'avion : **vitesse** (float)
  - Fonctions :
    - **RecupVitesse(CapteurVitesse, vitesse)** : récupère la donnée de CapteurVitesse pour la mettre dans vitesse. Retourne vitesse s'il a pu récupérer la donnée sinon retourne un code d'erreur.
    - **RecupTangage(CapteurTangage, tangage)** : récupère la donnée de CapteurTangage pour la mettre dans tangage. Retourne tangage s'il a pu récupérer la donnée sinon retourne un code d'erreur.
  
- Sous-système **CapteurVitesse**
  - Mesure la vitesse réelle de l'avion
  - Etat :
    - Vitesse de l'avion : **vitesse** (float)
    - Sous-système **BASIC\_IO**
  - Fonction :
    - **MesureVitesse(BASIC\_IO, vitesse)** : mesure la vitesse réel de l'avion avec BASIC\_IO qui récupère la donnée en entrée et la met dans vitesse. Retourne vitesse s'il a pu récupérer la donnée en entrée sinon retourne un code d'erreur.
  
- Sous-système **CapteurTangage**
  - Mesure l'angle de tangage réel de l'avion
  - Etat :
    - Axe latéral : **tangage** (float)
    - Sous-système **BASIC\_IO**
  - Fonction :
    - **MesureTangage(BASIC\_IO, tangage)** : mesure le tangage réel de l'avion avec BASIC\_IO qui récupère la donnée en entrée et la met dans tangage. Retourne tangage s'il a pu récupérer la donnée en entrée sinon retourne un code d'erreur.
  
- Sous-système **RegulateurTrajectoire**
  - Commande les régulateurs de vitesse et de tangage afin de corriger la trajectoire de l'avion
  - Etat :
    - Sous-système **RegulateurVitesse**
    - Sous-système **RegulateurTangage**
  - Fonction :
    - Fonction

- Sous-système **RegulateurVitesse**
  - Corrige la vitesse de l'avion en appliquant la consigne de l'aiguilleur automatique
  - Etat :
    - Vitesse de l'avion : **vitesse** (float)
  - Fonction :
    - Fonction
- Sous-système **RegulateurTangage**
  - Corrige le tangage de l'avion en appliquant la consigne de l'aiguilleur automatique
  - Etat :
    - Axe latéral : **tangage** (float)
  - Fonction :
    - Fonction

## Question 2 : Modélisation en B du système



## Question 3 : Validation du modèle précédent

## Question 4 : Génération du code source C++ du logiciel qui contrôle l'appontage