



# Méthodes formelles de conception : Système de contrôle de trafic aéroportuaire

Ruikun YUAN - Abdelkader BELDJILALI



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1 Pré-étude</b>	<b>2</b>
1.1 Diagramme de contexte . . . . .	2
1.2 Description graphique du méta-modèle . . . . .	3
1.3 Données manipulées . . . . .	3
<b>2 Aspect fonctionnelle</b>	<b>3</b>
2.1 Décomposition fonctionnelle . . . . .	3
2.2 Scénario fonctionnel . . . . .	5
<b>3 Description graphique de la décomposition produit</b>	<b>6</b>
<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

# Introduction

L'exercice proposé<sup>1</sup> a pour finalité la modélisation et l'analyse d'un système ATC simplifié dans un cadre MBSE : Model Based System Engineering. Cette approche permet, en effet, des simulations et vérifications précoces intervenant lors de la phase décroissante du cycle en V, en amont de l'implémentation.

Les composants internes, constitutifs du système ATC considéré, comportent des acteurs humains, les contrôleurs, et des acteurs systèmes hardware et software. On citera les radars primaires, secondaires, les logiciels de traitement et d'affichage des données radar et de plans de vol, sans oublier les filets de sauvegarde. Le NMOC européen, Network Management Operation Centre, et le système de traitement de plan de vol national sont inclus dans le système étudié car ils participent à la fourniture du service de contrôle. Par contre, les composants humains, matériels et logiciel assurant notamment le maintien en condition opérationnelle des composants ne sont pas pris en compte dans le cadre de cet exercice.

Quant aux acteurs extérieurs, ce sont en particulier les pilotes, les compagnies aériennes, les aéronefs, le service météo. On pourrait ajouter les acteurs humains impactant la sûreté et la sécurité du système directement par le hacking du réseau ATC ou par brouillage des communications radio, par détournement de vols. Ceci impacte sur les contraintes que le système est susceptible de subir sans oublier l'acteur environnemental constitué des phénomènes météo. On choisit cependant de les ignorer également pour se focaliser sur l'objectif pédagogique principal de cet exercice qui est d'appliquer une démarche MBSE.

## 1 Pré-étude

### 1.1 Diagramme de contexte

Le système ATC étudié ici interagit avec quatre acteurs externes qui permettent de définir la frontière du système :

- Les compagnies aériennes,
- Les pilotes,
- Les aéronefs,
- Le service météo.

Les acteurs environnementaux n'ont pas été pris en compte. La référence GPS de synchronisation est considérée comme appartenant au système



FIGURE 1 – Diagramme de contexte du système ATC

---

1. Les livrables associés à cet exercice se trouvent à l'adresse : [https://github.com/kad15/AF/tree/master/LIVRABLES\\_ATC\\_YUAN\\_BELDJILALI](https://github.com/kad15/AF/tree/master/LIVRABLES_ATC_YUAN_BELDJILALI)

## 1.2 Description graphique du métamodèle

Les fonctions, les items et les composants sont les principaux éléments du métamodèle de la figure 2. En particulier, une fonction peut recevoir en entrée, ou fournir en sortie, un item information ou être déclenchée par un item signal électrique. La classe Requirement est intéressante dans le sens où elle permet de vérifier que les exigences sont toutes "mapées" avec un fonction qu'elle spécifie.

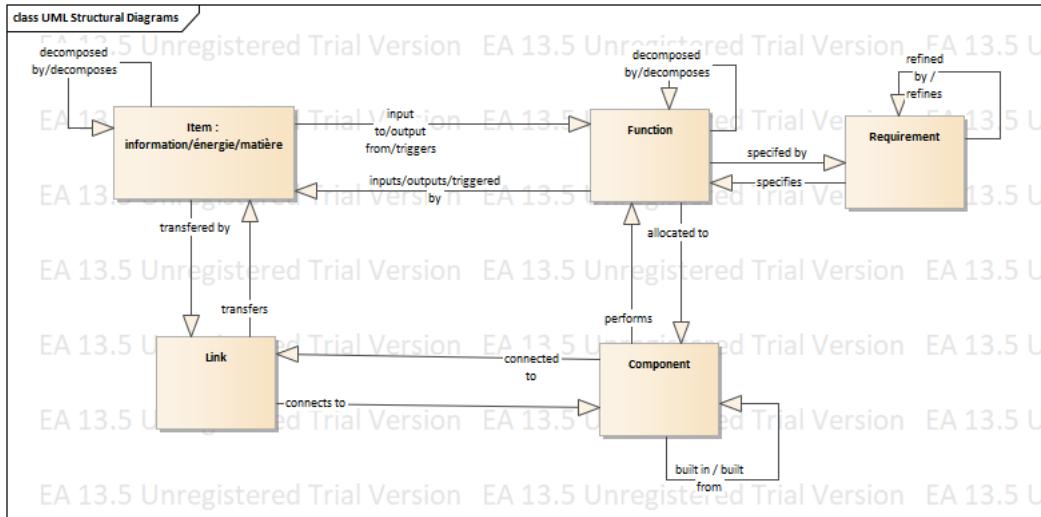


FIGURE 2 – métamodèle Vitech core

## 1.3 Données manipulées

Les données manipulées sont les suivantes :

- L'identifiant issu du plan de vol ou d'un radar secondaire,
- La position de l'aéronef.

La position d'un aéronef vu par un radar primaire ne donne que la distance et l'azimut. Les radars secondaires donnent en outre l'altitude et l'identifiant de l'appareil. Les positions radar doivent être converties en longitude/latitude WGS84 pour pouvoir être affichées. Ce dernier point n'a pas été pris en compte explicitement dans le modèle. En outre, le modèle CORE ne distingue pas clairement entre position 2D des radars primaires et 3D des radars secondaires ; les fonctions de traitements spécifiques ont été supprimées pour limiter la taille des graphes hiérarchiques et EFFBD. Ceci constitue cependant un écart essentiel par rapport au cahier des charges de l'énoncé.

## 2 Aspect fonctionnelle

### 2.1 Décomposition fonctionnelle

L'analyse du sujet a conduit à quatre fonctions principales décomposées en sous-fonctions selon le diagramme hiérarchique de la figure 3 :

- Acquérir les informations,
- Traiter les informations,
- Afficher les informations,
- Communiquer

L'analyse du modèle a mis en évidence, s'il était besoin, le rôle crucial de la communication entre contrôleur et pilote dans la fourniture du service de contrôle, d'alerte et de surveillance. Sur le plan métier, la radio comme moyen de communication constitue le maillon faible des systèmes ATC actuel. En ce sens,

la modélisation permet de mettre en évidence des failles du domaine réel ce qui constitue une source de progrès.

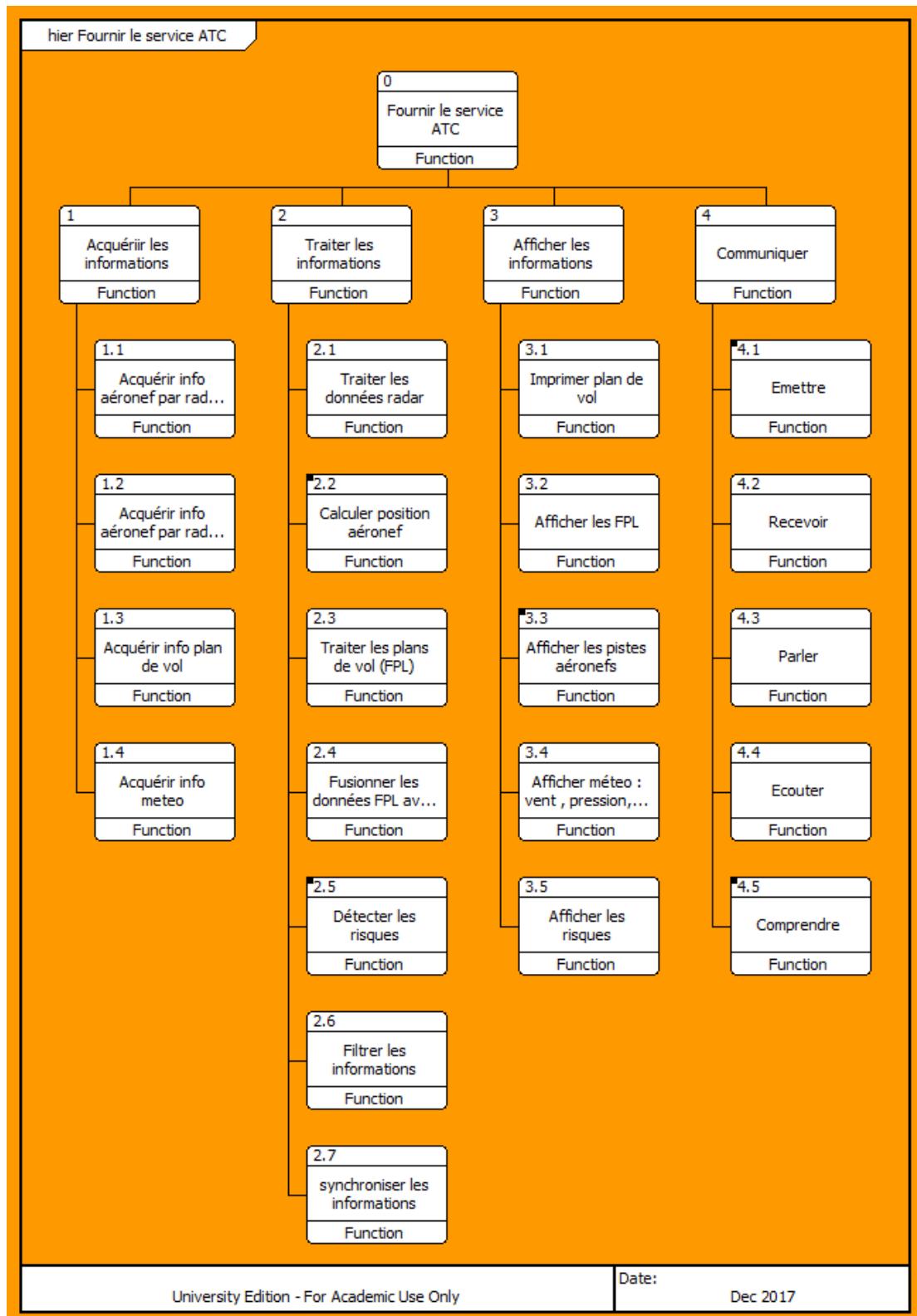


FIGURE 3 – Diagramme hiérarchique des fonctions

## 2.2 Scénario fonctionnel

Les diagrammes d'activités, EFFBD ou de séquence permettent de capturer un ou plusieurs scénarios du système modélisé. La démarche utilisée a consisté à créer un diagramme EFFBD dans CORE en utilisant uniquement les fonctions feuille puis de travailler sur le diagramme N2 pour l'ajout des items.

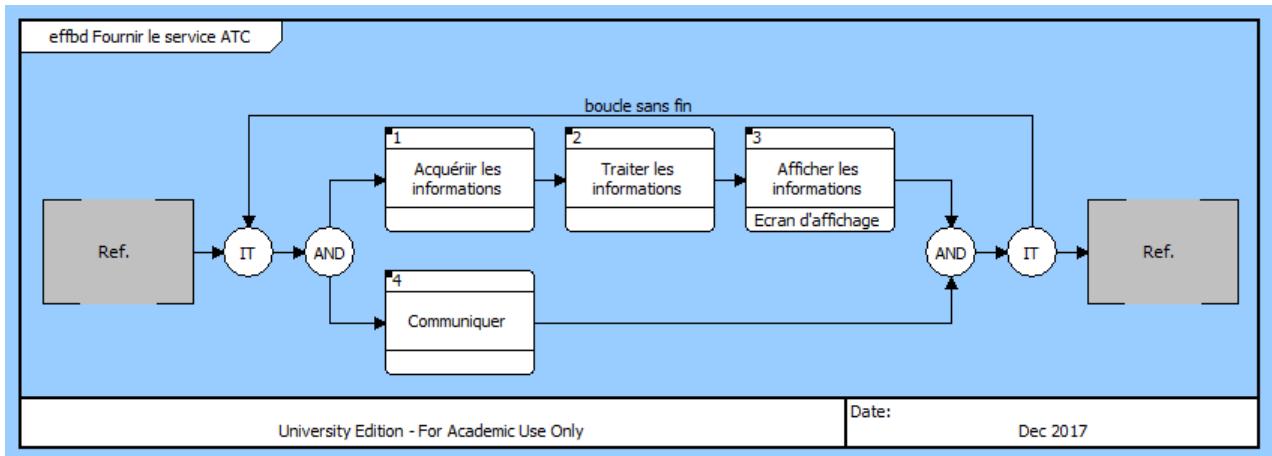


FIGURE 4 – Diagramme EFFBD simplifié du service ATC

### 3 Description graphique de la décomposition produit

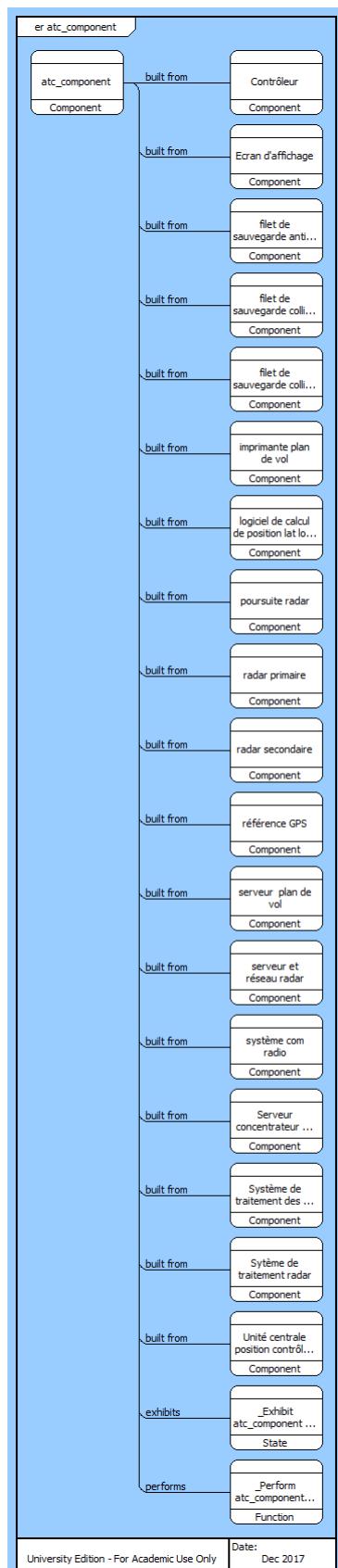


FIGURE 5 – Diagramme entité-relation des composants du système ATC

## **Conclusion**

conclure ....



