



Méthodologie pour la sécurisation en vol d'un aéronef sans ajout de capteur

Julien Marzat

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

retour sur innovation

Doctorant

- Julien Marzat
- Période : octobre 2008 - septembre 2011

Affiliation

- Département Prospective et Synthèse (DPRS) - ONERA
- Laboratoire des Signaux et Systèmes (LSS) - CNRS/SUPELEC

Encadrement

- Directeur de thèse : Eric Walter
- ONERA : Frédéric Damongeot et Hélène Piet-Lahanier

Introduction

- Contexte de la thèse

- Diagnostic des systèmes : définitions

- Diagnostic des systèmes : principe

Méthodes de détection et isolation de défauts

- Aperçu des différentes approches

- Problèmes classiques en diagnostic

Application aéronautique

- Cas d'étude : modèle, défauts

- Contraintes liées au cas test

Perspectives

Introduction

Contexte de la thèse

Diagnostic des systèmes : définitions

Diagnostic des systèmes : principe

Méthodes de détection et isolation de défauts

Aperçu des différentes approches

Problèmes classiques en diagnostic

Application aéronautique

Cas d'étude : modèle, défauts

Contraintes liées au cas test

Perspectives

« Méthodologie pour la sécurisation en vol d'un aéronef sans ajout de capteur »

- 1 « Sécurisation » : détecter de manière précoce les modes de fonctionnement anormaux \implies *Diagnostic des systèmes*
- 2 « Sans ajout de capteur » : utiliser les capteurs / actionneurs préexistants et non-redondants \implies *Redondance Analytique*
- 3 « Aéronef pendant le vol » : application à un cas d'étude générique pour l'aéronautique \implies *Autonomie du diagnostic*

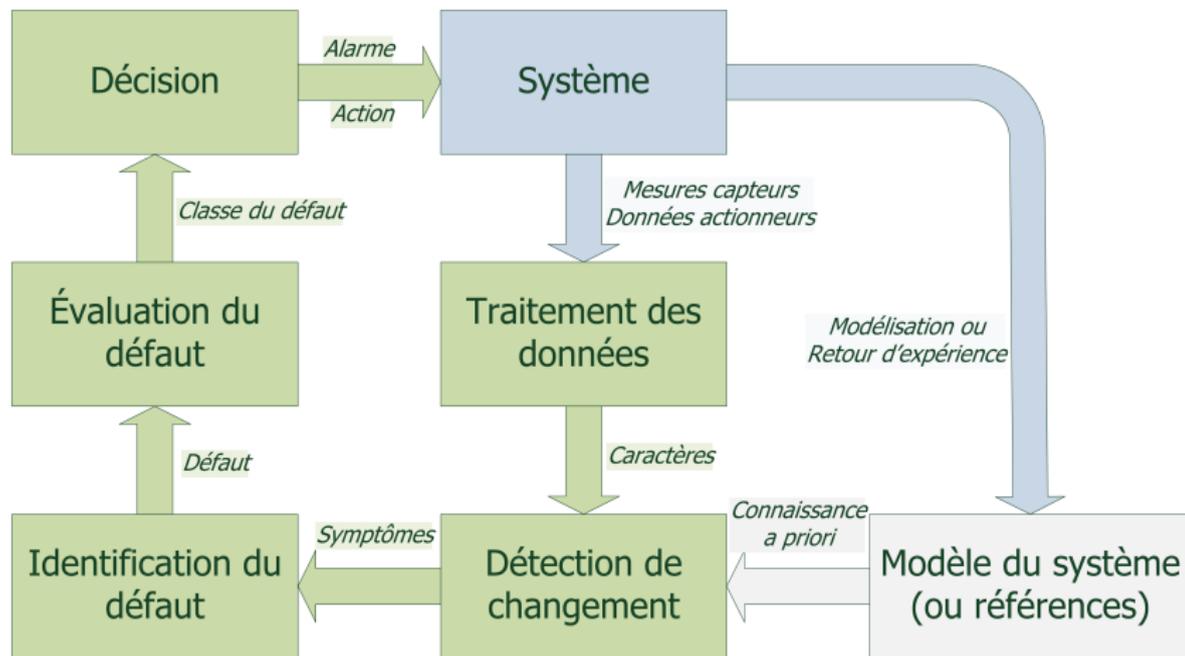
Défaut : Déviation dans les caractéristiques attendues des éléments constitutifs du système
(capteurs, actionneurs, paramètres internes)

Diagnostic : Ensemble de tâches permettant de conclure sur l'existence ou non d'un défaut : *Détection, Isolation* voire *Identification* de défauts, *Reconfiguration*

Résidus : Signaux permettant la mise en évidence de défauts

Modèle : Représentation dynamique du système, explicite et à base de connaissances

Le diagnostic des systèmes : principe



Introduction

Contexte de la thèse

Diagnostic des systèmes : définitions

Diagnostic des systèmes : principe

Méthodes de détection et isolation de défauts

Aperçu des différentes approches

Problèmes classiques en diagnostic

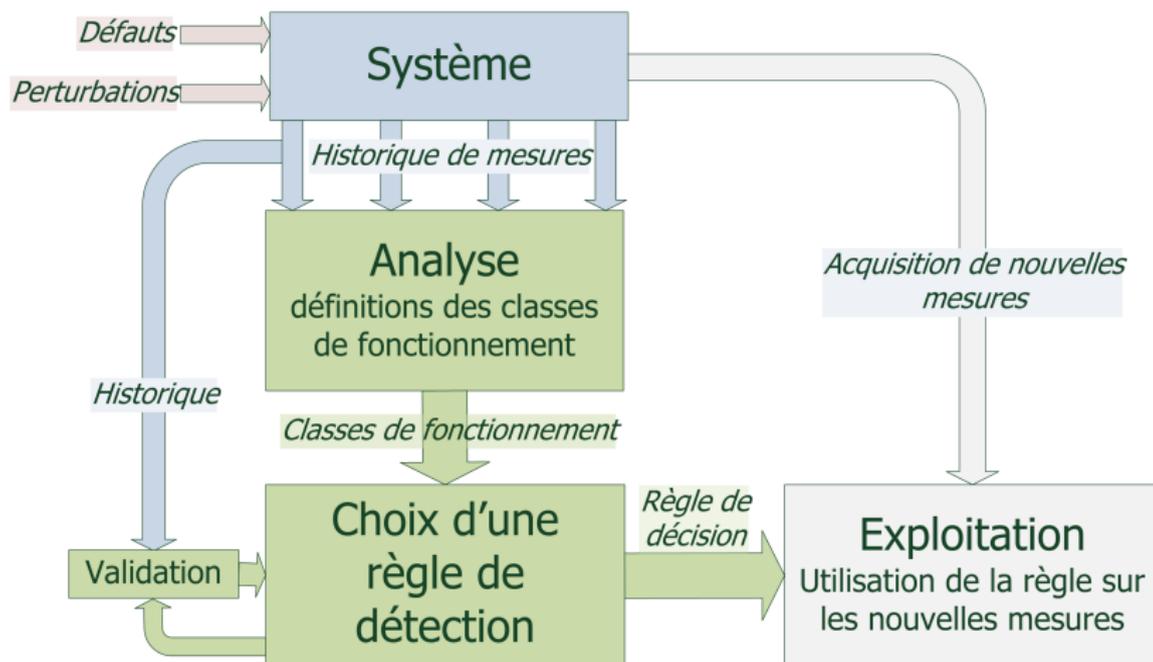
Application aéronautique

Cas d'étude : modèle, défauts

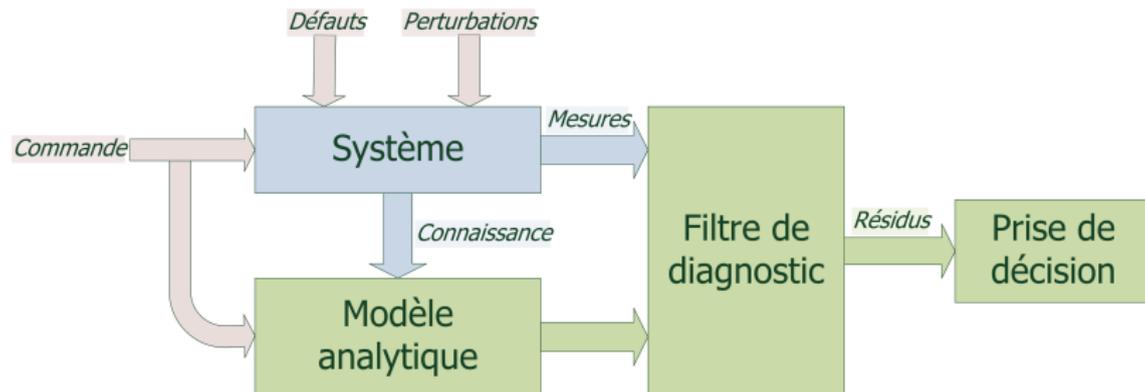
Contraintes liées au cas test

Perspectives

Approche « sans modèle »



Approche à base de modèles



Classification des principales méthodes

Méthodes « sans modèle »

- Systèmes experts, tendances
- Discrimination paramétrique
- Classification non paramétrique
- Machines à noyaux

Méthodes à base de modèles

- Méthodes qualitatives
- Estimation de paramètres
- Estimation d'état
- Méthodes de découplage

Analyse des résidus et isolation de défauts

- Matrice d'incidence des défauts et structuration des résidus
- Détection de changement de mode par test statistique ou seuillage adaptatif

Classification des principales méthodes

Méthodes « sans modèle »

- Systèmes experts, tendances
- Discrimination paramétrique
- Classification non paramétrique
- Machines à noyaux

Méthodes à base de modèles

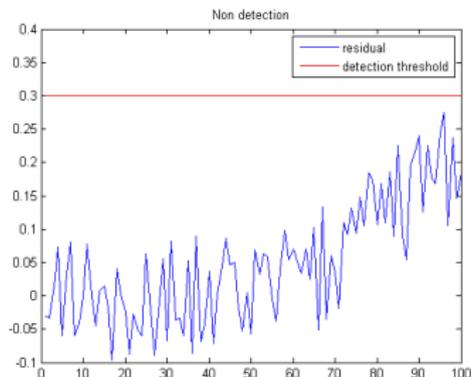
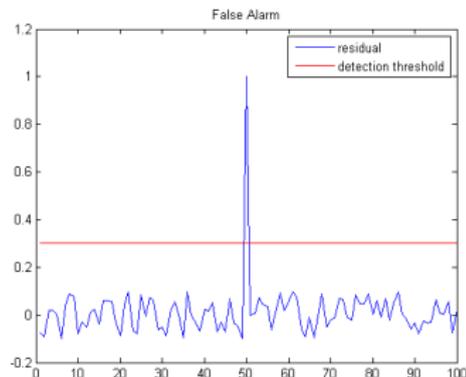
- Méthodes qualitatives
- Estimation de paramètres
- Estimation d'état
- Méthodes de découplage

Analyse des résidus et isolation de défauts

- Matrice d'incidence des défauts et structuration des résidus
- Détection de changement de mode par test statistique ou seuillage adaptatif

Problèmes classiques en diagnostic

Compromis Fausse alarme / Non détection

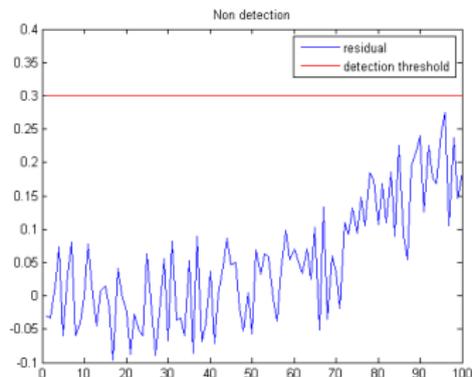
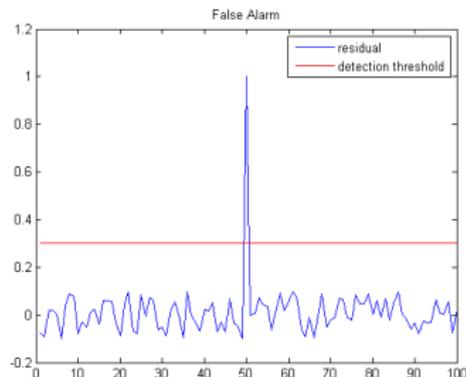


Robustesse des algorithmes

- Perturbations
- Bruit de mesure
- Erreurs ou imprécisions de modélisation

Problèmes classiques en diagnostic

Compromis Fausse alarme / Non détection



Robustesse des algorithmes

- Perturbations
- Bruit de mesure
- Erreurs ou imprécisions de modélisation

Introduction

Contexte de la thèse

Diagnostic des systèmes : définitions

Diagnostic des systèmes : principe

Méthodes de détection et isolation de défauts

Aperçu des différentes approches

Problèmes classiques en diagnostic

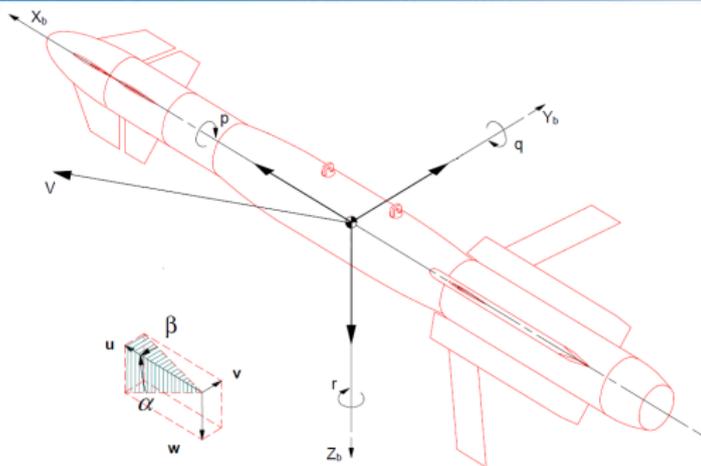
Application aéronautique

Cas d'étude : modèle, défauts

Contraintes liées au cas test

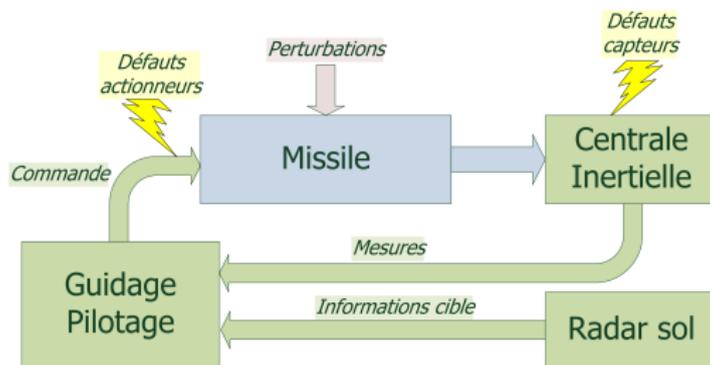
Perspectives

Cas d'étude : missile intercepteur - 6 DDL



Caractéristiques

- *Variables d'état* : position, vitesse, vitesse angulaire, angles d'Euler
- *Actionneurs* : gouvernes (roulis, tangage, lacet) et taux de propulsion
- *Capteur* : centrale inertielle (accéléromètres et gyromètres 3 axes)

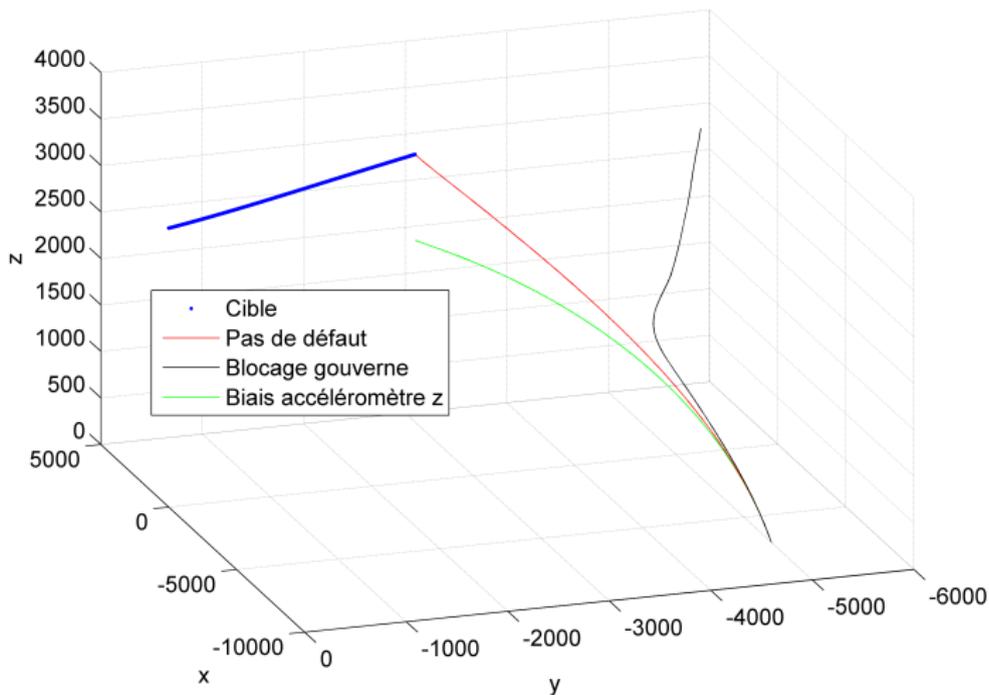


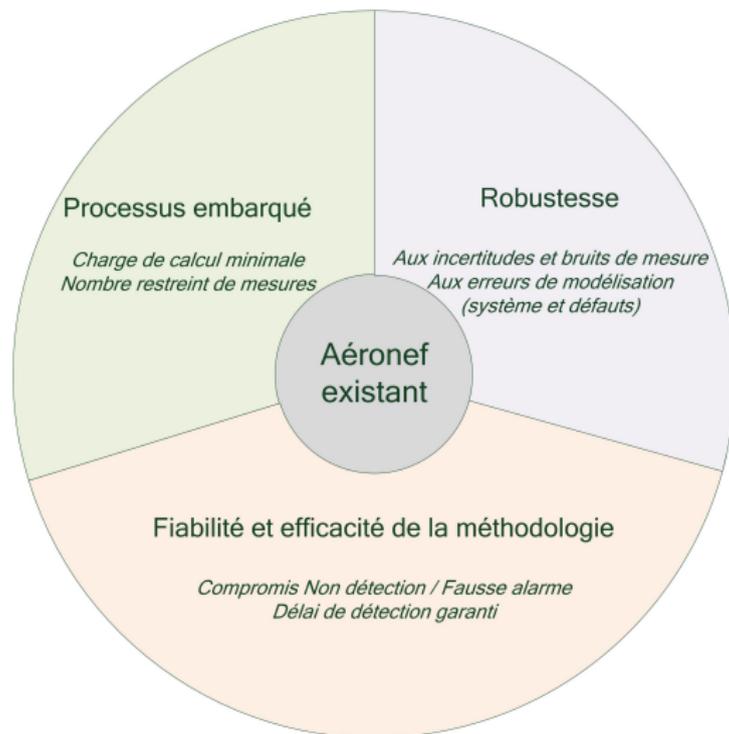
Modélisation des Incertitudes et des Défauts

- *Incertitudes de mesure IMU* : biais, facteur d'échelle, bruit blanc gaussien
- *Défaut capteur* : paramètres d'incertitudes en dehors des bornes admissibles
- *Défauts actionneurs* : blocage gouverne(s), perte de poussée

Exemple de trajectoires saines et défailantes

Trajectoires 3D : Cible, Missile sain et défailant





Introduction

- Contexte de la thèse

- Diagnostic des systèmes : définitions

- Diagnostic des systèmes : principe

Méthodes de détection et isolation de défauts

- Aperçu des différentes approches

- Problèmes classiques en diagnostic

Application aéronautique

- Cas d'étude : modèle, défauts

- Contraintes liées au cas test

Perspectives

Connaissance disponible

- Modèle dynamique explicite à base de connaissance
- Paramètres (coefficients aéronautiques) mal connus
- Non-linéarités complexes

Méthodes *a priori* intéressantes

- Découplage non-linéaire, filtrage particulaire, multi-modèles, observateurs non-linéaires
- Méthodes modernes d'apprentissage : machines à noyaux
- Représentation des incertitudes dans le contexte erreur bornée

Indicateurs de performance

- Taux de fausse alarme
- Taux de non-détection
- Délai de détection ou d'isolation

Développements

- Comparatif des méthodes sur le benchmark
- Analyse de l'influence de la commande
- Complémentarité des approches
- Nouvelles approches