

# DETERMINATION D'OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LE TRAITEMENT D'EVENEMENTS INDESIRABLES DANS LE CADRE D'UNE COMPAGNIE AERIENNE

Aymen Amara<sup>1</sup>, Landy Rabehasaina<sup>1</sup> & Sophie Ubaldi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire de Mathématiques de Besançon, Université Bourgogne Franche-Comté, UFR ST, 16 route de Gray, 25030 Besançon, {aymen.amara, landy.rabehasaina}@univ-fcomte.fr*

<sup>2</sup> *Service Qualité, Université Bourgogne Franche-Comté, UFR ST, 16 route de Gray, 25030 Besançon, sophie.ubaldi@univ-fcomte.fr*

**Résumé.** La sécurité des vols est une préoccupation constante dans les compagnies aériennes. L'accroissement prévisible du nombre de vols et l'introduction progressive de nouveaux concepts de contrôle demandent une détection précoce des situations potentiellement dangereuses. Par ailleurs, de grandes masses de données sont collectées par les différents acteurs, mais restent peu exploitées. En particulier les données des opérations aériennes et la maintenance aéronautique peuvent être utilisées pour constituer une base de données (archive), et définir une méthodologie mathématique pour la détection des signaux faibles et précurseurs.

**Mots-clés.** Étude de cas, qualité/fiabilité, gestion du risque, maintenance prédictive, signaux faibles et précurseurs.

**Abstract.** Flight safety is an ongoing concern for airlines. The foreseeable increase in the number of flights and the gradual introduction of new control concepts require early detection of potentially dangerous situations. In addition, large masses of data are collected by die rent actors, but are not widely used.

In particular flight operations data and aeronautical maintenance can be used to build a database (archive), and define a mathematical methodology for detecting weak and precursor signals.

**Keywords.** Case study, quality/reliability, risk management, predictive maintenance, weak signals and precursors.

## 1. Présentation du problème

Le terme de risque est fréquemment utilisé dans le langage courant avec différentes interprétations : un accident ou danger, une probabilité ou une fréquence. Une succession d'événements est aussi qualifiée comme un risque si elle implique potentiellement un accident. Cette étude en cours, menée au sein de l'entreprise IXO AVIATION, et qui fait l'objet de la thèse du premier auteur, définit une méthodologie de l'analyse des événements indésirables. Cette méthode consiste en l'étude de la fréquence d'apparition et l'impact interne et externe pour caractériser le risque. L'annexe 19 de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) met en lumière l'importance que revêt la gestion de la sécurité au niveau national et international dans les divers secteurs de l'aviation.

Deux aspects sont abordés ici. D'une part, nous proposons, par une méthode de classification simple, de regrouper l'ensemble des données d'événements indésirables obtenues auprès d'une compagnie aérienne et de fournir une aide permettant de décider quel ordre proposer à cette compagnie pour traiter ces événements, dans un objectif de démarche prédictive.

D'autre part, afin d'anticiper les défauts et les pannes, des indicateurs sont proposés à partir de la documentation du constructeur pour présenter une aide qui permet de surveiller et de contrôler l'état des systèmes et des équipements de bord, mais aussi les variations des conditions de vol, qui peuvent être programmées pour anticiper les risques de défaillance des systèmes de l'avion.

## **2. Classification des événements indésirables : Une approche par la classification sur une matrice inspirée de la méthode SWOT et la Grille de Mitchell.**

Le terme SWOT est un acronyme issu de l'anglais : Strengths (Forces), Weaknesses (Faiblesses), Opportunities (Opportunités), Threats (Menaces).

L'analyse SWOT est un outil d'analyse stratégique. Il combine l'étude de forces et des faiblesses d'une organisation avec celles des opportunités et des menaces de son environnement, afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement.

Les forces et les faiblesses sont les facteurs internes à l'entreprise. Les opportunités et les menaces sont les facteurs externes à l'entreprise.

Une analyse SWOT prend en compte ces facteurs :

- En classant les données externes en Menaces ou Opportunités, et les données internes en Forces ou Faiblesses.
- En retenant les données qui ont le plus d'impact, celles qui influenceront les décisions à prendre, celles qui sont à prendre en compte pour déterminer la stratégie de l'entreprise éventuellement, on ne conserve dans SWOT que celles qui ont un impact, dans le cas contraire on les priorise.
- En dégagant à partir de ce SWOT les grands axes stratégiques à savoir :
  - ✓ Assurer la sécurité, en agissant sur ses faiblesses et sécuriser face aux Menaces,
  - ✓ Consolider et renforcer les Forces,
  - ✓ Se développer sur les Opportunités.

Dans un contexte similaire, la grille de Mitchell est orientée vers l'analyse des parties prenantes. Elle permet également, au moyen d'un graphe synthétique d'identifier toutes les personnes, groupes et institutions qui peuvent avoir un intérêt dans un projet et mettre en œuvre des actions pour gérer leurs intérêts et leurs attentes afin que le projet fonctionne de manière performante.

Dans notre cas, nous avons dans notre étude identifié 166 événements indésirables d'une compagnie aérienne. Ce processus d'identification permet de positionner les événements dans la chaîne causale de l'accident et d'identifier l'évaluation des risques associés.

Lors de l'étude de risque, le danger est l'événement central de la trajectoire. Il est précédé par des événements précurseurs (les causes) qui sont des événements non dangereux par nature, mais qui contribuent à une cascade d'événements qui a des conséquences malheureuses. Il faut donc anticiper les conséquences possibles de l'événement redouté.

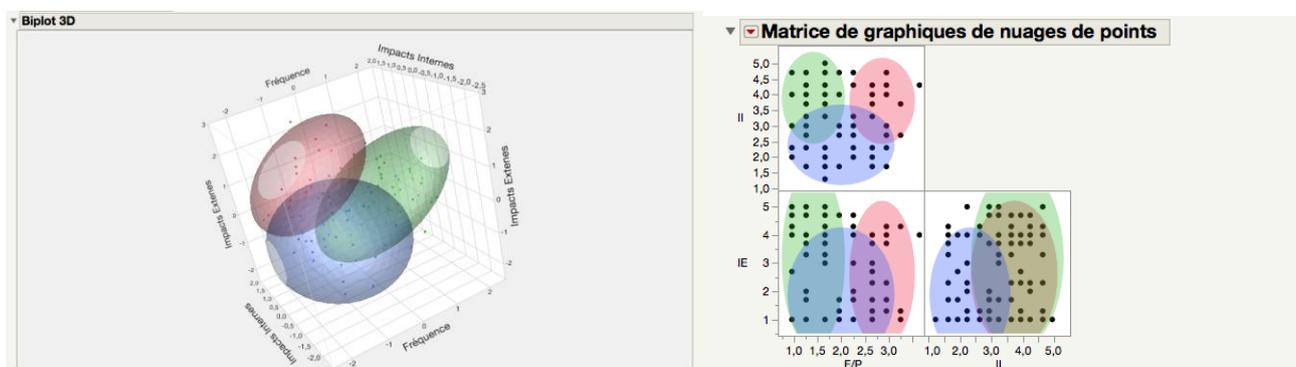
La cartographie des risques (Diagnostic d'exposition au risque) a été établie en se basant sur la remontée de l'information par le biais des informations suivantes:

- ✓ Les rapports internes des compagnies aériennes (Rapports Confidentiels / Volontaires ASR : Air Safety Report),
- ✓ Les analyses des vols,
- ✓ Les rapports enquête accidents,
- ✓ Les rapports externes (autorités, informations reçues des constructeurs),

De ce fait, en aviation commerciale la base de données ECCAIRS (European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems) regroupe tous les événements indésirables et les événements ultimes. La mise à jour de ce système pour la remontée de l'information est liée aux éléments listés ci-dessus et pour éviter la redondance un code est attribué pour chaque événement.

Le but de la création de cette base de données est de pouvoir expliquer les différentes causes probables (précurseurs et signaux faibles) liés à un événement donné.

Dans ce travail, nous nous sommes inspirés de la méthode SWOT et de la Grille de Mitchell et nous proposons une représentation sous forme de quatre zones. Les causes probables ou les événements indésirables sont représentés à partir d'un système de notation mis en œuvre par nos soins, dans une optique de classer ces éléments. Le graphe suivant –Fig1- donne un exemple d'une telle représentation.

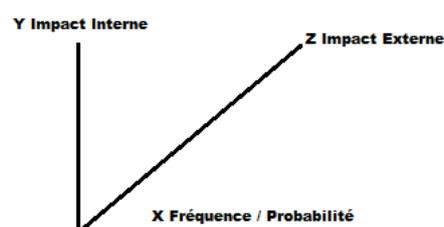


**Fig1- Représentation des événements**

Cette représentation induit une première classification sommaire de ces événements. Le nombre de groupes dans cette classification affinée est primordial puisqu'il permet à la compagnie d'avoir à sa disposition un outil permettant de hiérarchiser ces événements, et permettant ainsi de savoir dans quel ordre les traiter.

A terme il permettra non seulement d'améliorer les performances mais également l'image de marque auprès de sa clientèle et des autorités. Pour cette raison le jeu de données dans notre cas comprend trois notes pour chaque événement.

- ✓ Fréquence / Probabilité
- ✓ Impact Interne
- ✓ Impact externe



L'ensemble de tous ces éléments et notations permet donc de mettre en place une procédure de classification (non supervisée). -Fig1- montre la Fréquence / Probabilité versus Impact Externe. On pourrait représenter avec le même jeu de données les axes Fréquence / Probabilité versus Impact Interne. La deuxième étape d'une telle classification consiste à appliquer la nouvelle Grille -Fig2-(Informer, Menace, Point Faible, Manager) sur l'ensemble de nos événements.

Pour rendre la démarche accessible à la communauté aéronautique, nous avons utilisé le SAS pour lancer la classification et avoir les premiers résultats.

<b>Points Faibles (Précurseur)</b>	<b>Manager (Action immédiate)</b>
<b>Menace (Précurseur)</b>	<b>Informer (Signal faible)</b>

-Fig2- Nouvelle Matrice IMPM

Un résultat de classification est exposé dans la -Fig3- : Cluster

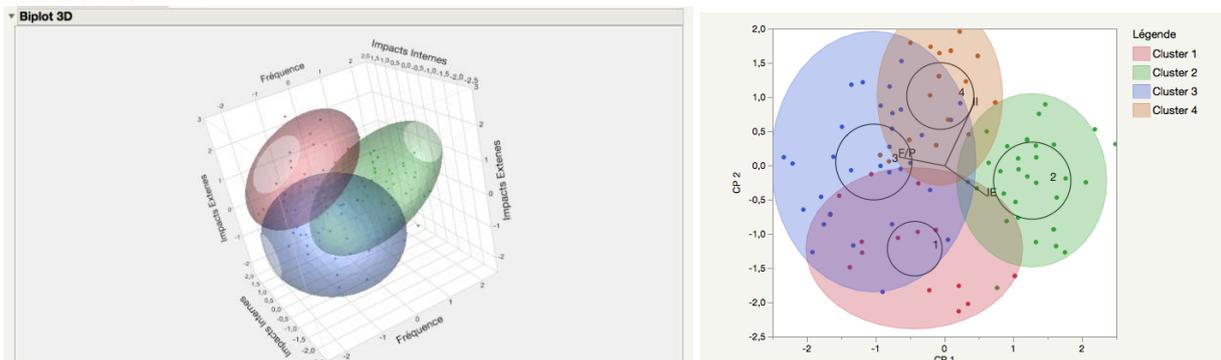
Voyons quelques exemples de la classification de nos événements comme dans la -fig3-

*Exemple 1 : événement 4050500 An event involving an Air Traffic Management or Communication, Navigation and Surveillance failure of support information.*

Ici, la fréquence de l'événement (axe-X 1) est trop faible avec un impact interne (axes-Y 2) faible et un Impact externe faible aussi (axe-Z 2) . Donc il s'agit d'un signal faible à INFORMER

*Exemple 2: 220400 Aircraft encountered vortex/wake turbulence*

Dans ce cas de figure, la fréquence d'un événement (axe-X 5) est élevée avec un impact interne (axe-Y 5) élevé et un Impact externe élevé aussi (axe-Z 5). Ceci est un risque et des actions à mettre en place immédiatement.



-Fig3- Cluster

# Maintenance Prédicative

La surveillance périodique de l'état de l'avion et la prise de mesures nécessaires pour des actions de maintenance ou des recommandations opérationnelles font aussi parti de la détection des précurseurs et signaux faibles.

Pour cela, et afin de visualiser les données nous nous sommes intéressés aux données générées par le système embarqué ACMS (Aircraft Condition Monitoring System).

Le système ACMS génère 14 rapports pour chaque phase du vol. (Démarrage moteur, roulage, décollage, croisière, approche), mais aussi des rapports au moment d'arrêt non programmé des moteurs ou l'unité de puissance auxiliaire. Un rapport ACMS regroupe de 30 à 50 paramètres voir plus selon le cas et selon l'utilité. La collecte et l'analyse de ces éléments sur une période de 3 mois ou plus, permet de détecter les anomalies avant qu'elles ne deviennent trop graves. La force de la maintenance prédictive est donc d'anticiper les pannes pour éviter tout arrêt coûteux, donc limite les opérations d'entretien systématique, augmente la disponibilité des avions et rédui les coûts de la maintenance.

Chaque paramètre est défini par le constructeur, dans la documentation avion

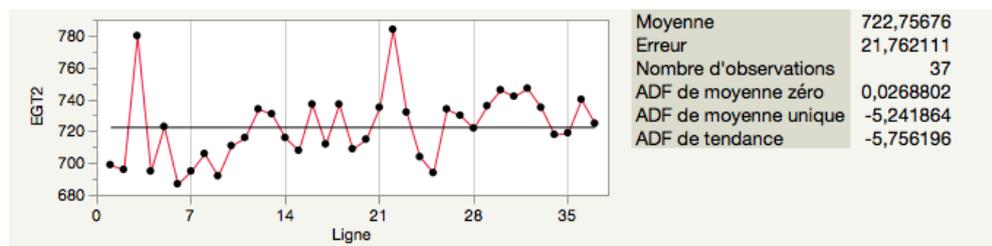
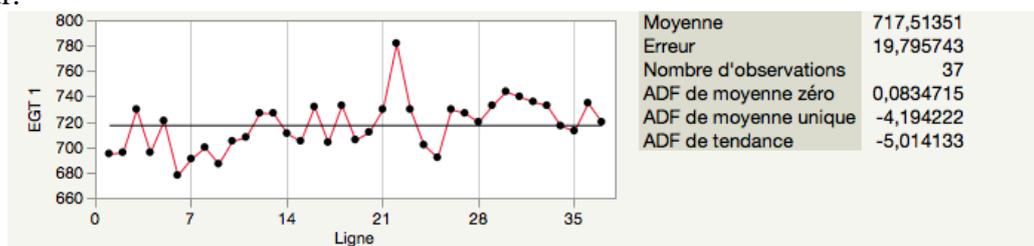
Exemple du « Fuel Temperature »,

```
-----  
! FT           ! Fuel Temperature Inner Cell  
! X999        ! FQIC (-55.0 to 170.0 C)  
!             ! 5A.2.177.10 Fuel Temp. Left Wing Tank  
!             ! 5A.2.201.10 Fuel Temp. Right Wing Tank  
!             ! Remark: Report line X1 shows Fuel Temperature Left  
!             ! Wing  
!             ! Report line X2 shows Fuel Temperature  
!             ! Right Wing  
-----
```

Mais avec la dégradation des moteurs et du fuselage, les paramètres doivent être surveillés en permanence, et prendre les mesures appropriées en cas d'atteinte à la sécurité.

Dans notre étude, nous avons défini des indicateurs afin de surveiller constamment les paramètres les plus pertinents, et qui peuvent déclencher des pannes. L'exemple ci-dessous -Fig4- est un lissage exponentiel de EGT (Exhaust Gas Temperature).

Cette partie est en cours d'élaboration nous avons déjà quelques résultats de prédiction issus du logiciel GRETL en appliquant le lissage simple des séries temporelles. Ces indicateurs contribuent à prendre du recul et amènent à rechercher les causes au travers d'analyse basé principalement sur des chiffres du constructeur.



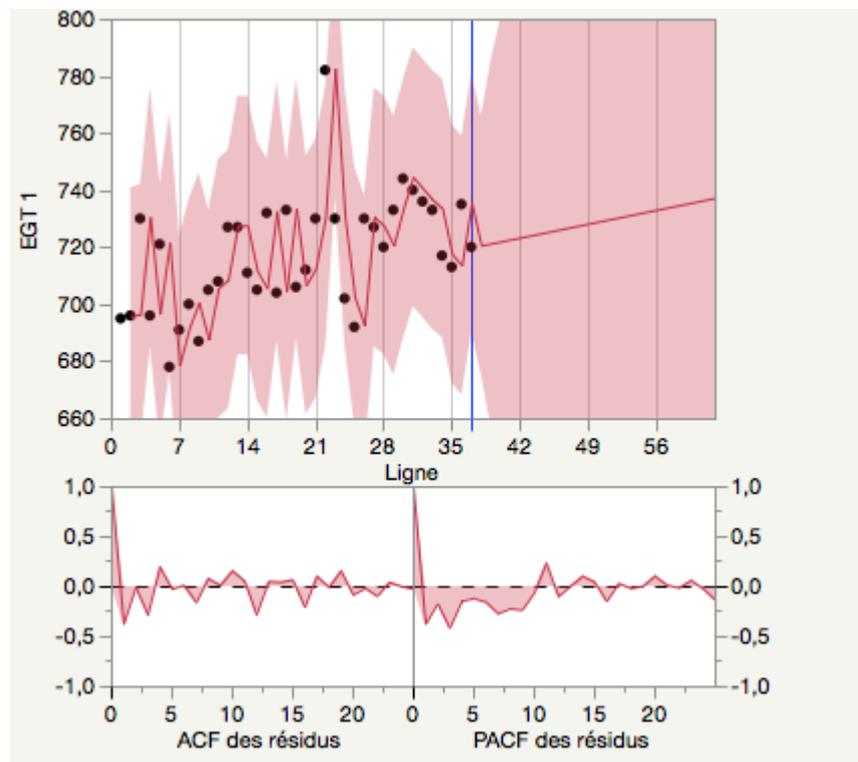


Fig 4 lissage exponentiel de EGT (Exhaust Gas Temperature).

## **Bibliographie**

ICAO annex 19 'safety management' first edition november 2013

<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ICAO-annex-19.pdf>

ICAO doc 10000 Flight Data Analysis first edition 2014

<http://aacrdc.org/bibliothequeAAC/bibliotheques/OPS/10000%20FDAP%201e%20EDITION%20FR.pdf>

Christophe Speth 10 septembre 2015

La Matrice SWOT Élaborer un plan stratégique pour votre entreprise par Christophe Speth

Edition: 50MINUTES.FR – Business & Management

<https://www.50minutes.fr/livre/la-matrice-swot/>

La grille de Mitchell.

<https://www.cairn.info/revue-gestion-2000-2015-1-page-35.htm?contenu=resume>

SAS

[www.sas.com](http://www.sas.com)