

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB -BLIDA 1-**



**Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Option : Exploitation Aéronautique**

# **Thème**

---

---

**Processus d'identification des dangers et  
gestion des risques avec une présentation  
de la méthode BowTie.**

---

---

**Promoteur :**

Dr. LAGHA Mohand

**Encadreur :**

Mr. RAHAL Amar

**Réalisé Par :**

DOULDJAMEL Nadia

Blida, Septembre 2016

## الملخص

مخاطر السلامة هو منتج ثانوي لأنشطة الاستغلال، وبالتالي فإن مقدمي خدمات الطيران والعملاء هم الضحايا المباشرين من عواقب الفشل في نظام السلامة. لذلك من المهم اتخاذ نهج استباقي لسلامة الطيران من خلال العمل على تحليل المخاطر قبل حدوثها ، " الباوتاي" منهجية مقترحة من قبل منظمة الطيران المدني الدولي لتحديد وإدارة نقاط الضعف في نظام السلامة، والهدف من هذا العمل هو إثبات كموثوق الاستخدام الأمثل لهذه المنهجية في قطاع الطيران.

## Abstract

Safety risk is a byproduct of activities of exploitation. The aviation service provider's and customers are, therefore, the direct victims of the consequences of failures in the safety system. It is important to take a proactive approach to aviation safety by working to analyze the risks before they will happen. Bowtie is a methodology proposed by ICAO to identify and manage weaknesses in the aviation system.

The objective of this work is to demonstrate, where is the ideal use of this method within the safety management system in the aeronautics sector.

**Key words:** safety, victims, proactive approach, ideal use.

## Résumé

Le risque de sécurité est un sous-produit des activités d'exploitation. Les fournisseurs de services de l'aviation et clients sont, par conséquent, les victimes d'un défaillant système de sécurité. Il est important d'une approche proactive pour apporter la sécurité et analyser les risques avant qu'ils surviennent. « Nœud papillon » est une méthodologie proposée par l'OACI pour analyser le risque opérationnel et gérer les faiblesses du système de l'aviation.

L'objectif de ce travail est de démontrer, où se trouve l'emploi idéal de cette méthode dans un système de gestion de sécurité dans le secteur aéronautique.

**Mots clés :** sécurité, victimes, approche proactive, emploi idéal.

# Remerciements

*En préambule à ce mémoire nous remerciant **ALLAH** qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*Aux termes de ce travail, j'adresse mes remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire, notamment à :*

- *Notre dynamique promoteur **Dr. LAGHA Mohand**, pour tous ses nombreux conseils utiles, sa disponibilité et son sérieux, ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre respect et notre profonde gratitude ;*
- *mes tuteurs de stage : mon encadreur **Mr. RAHAL Amar**, responsable SGS de Tassili Airlines et **Mr. MABIZARI Sid Ali** pour leur disponibilité, leurs aides, conseils et critiques constructives, pour leurs suggestions pertinentes que j'ai toujours apprécié et respecté. Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération ;*

*Vraiment un grand merci pour une qualité d'encadrement si sérieuse et si consistante.*

*Toutes mes pensées de gratitude à **Mr. ABDELOUAHEB HAMED Farouk**, qui m'a aidé et m'a encouragé, pour sa disponibilité, pour la confiance qu'il a su m'accorder et les conseils précieux qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Veuillez trouver ici le témoignage de notre respect le plus profond..*

*Mes vifs remerciements s'adressent également à tout le staff de Tassili Airlines et les ingénieurs du flight safety bureau d'Air Algérie et particulièrement Mme. BOUAZZA Imane. Merci infiniment pour le caractère accueillant, la gentillesse, la disponibilité, le soutien et pour l'aide que vous m'aviez fournis.*

*Je tiens à exprimer aussi toute ma profonde reconnaissance envers **les membres du jury** pour avoir accepté de participer à l'évaluation de notre modeste travail et qui, par leurs remarques et la complémentarité de leurs jugements, m'ont prouvé tout l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.*

*Mes profonds remerciements vont aussi à tout le cadre professoral et administratif de **l'Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**, et adresser très grandement à tous les enseignants de notre spécialité et notre promotion, que la paix de **DIEU** soit toujours avec vous.*

# *Dédicaces*

*Que ce travail témoigne de mes respects :*

***À mes chers parents :***

*Le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'ont pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, de me créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.*

*Je prie le bon Dieu de vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur en espérant que vous serez toujours fiers de moi.*

***À ma chère sœur Nadjet :***

*Qui m'est le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi, ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation, je te le dédie avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

***À tous les membres de ma famille, petits et grands*** *Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.*

*Au pur esprit, À ma chère sœur Khadidja et son mari Abderezek et leurs enfants : Mohamed Ayoub et l'adorable Massa que Dieu les préserve, Je le dédie également à mon cher frère Abdel Hadi et spécialement à tous mes chères sœurs Zina, Amel, Fatima Zahra et Fazia. Je vous souhaite tous un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*J'apprécie que Monsieur ZEROUKI .M m'ait fait l'honneur de rapporter sur ce mémoire et je le remercie en conséquence pour son aide.*

***À tous mes enseignants, spécialement Mme BOUKELAB :*** *Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.*

*Je n'oublie pas celles et ceux qui m'ont appris "les vraies valeurs en amitié". Ces personnes ont largement participé à enrichir ce mémoire de fin d'études. Mes pensées vont vers mes amis proches, Hanaa, Zineb, khaoula, AKEB Alaae et S. Hakim ;*

*A tous mes chers(e) camarades de l'Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales, et toutes les personnes qui m'ont soutenus jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.*

*Que dieu le tout puissant vous préserve tous et vous procure sagesse et bonheur.*

*En fin à vous qui prenez la peine de lire ce mémoire.*

**« DOUL DJAMEL Nadia »**

# TABLE DES MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
ABREVIATIONS	
DEFINITIONS	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>CHAPITRE 1 : Généralités et présentation de la compagnie.....</b>	<b>3</b>
INTRODUCTION.....	3
<b>A. LA PREMIERE PARTIE : présentation d'organisme d'accueil.....</b>	<b>3</b>
1. La compagnie de Tassili.....	3
2. La flotte.....	3
<b>B. LA DEUXIEME PARTIE : généralités.....</b>	<b>5</b>
1. Système de gestion de sécurité.....	5
2. Cadre SGS de l'OACI.....	5
3. Prestataires de services et le SGS.....	6
4. Description du système d'un prestataire de service.....	6
5. Support réglementaires de SGS/TAL.....	6
6. L'investigation et le contrôle de sécurité (James Reason).....	8
7. Intégration de facteur humain dans le SGS.....	9
8. Composant 1 du SGS. Politique et objectifs de sécurité.....	11
9. Définition et suivi des Objectifs de sécurité.....	13
10. Culture de la sécurité.....	13
11. Système de comptes rendus (Reporting system).....	17
12. Analyse des écarts.....	18
13. Gestion de sécurité via gestion de qualité (SGS/SGQ).....	18
14. Supervision de la sécurité.....	19
15. Relation entre SGS et PNS.....	19
16. Gestion de changement .....	22
CONCLUSION.....	23
<b>CHAPITRE 2 : Processus de gestion de la sécurité et présentation de Bowtie.....</b>	<b>24</b>

INTRODUCTION.....	24
1. GESTION DE RISQUE.....	<b>24</b>
1.1 Principes de sécurité.....	24
1.2 Risques liés à la sécurité.....	25
1.3. Le déploiement de la gestion des risques.....	25
1.4. Objectif d'un processus d'analyse et de gestion du risque opérationnel.....	26
2. COMPOSANTES DU DEUXIEME PILIER SGS.....	<b>26</b>
2.1. Élément 2.1 du SGS Identification des dangers.....	26
2.2. Élément 2.2 du SGS Évaluation et atténuation des risques de sécurité.....	27
3. DEMARCHE D'IDENTIFICATION DES DANGERS ET DE GESTION DES RISQUES DANS LA COMPAGNIE DE TASSILI.....	<b>31</b>
3.1. Identification de danger (Que pourrait-il arriver dans l'activité de la compagnie ?).....	31
3.2. Analyse la probabilité et la sévérité du risque.....	32
3.3. Identification des causes (comment cela pourrait-il se produire ?).....	32
3.4. Méthodes d'évaluation des risques.....	33
3.4.1. Analyse par Arbre de Défaillances (causes ou fautes).....	34
3.4.2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets - AMDE /et de leur Criticité – AMDEC.....	34
3.4.3. Nœud papillon (Bowtie Model).....	36
3.5. Comparaison et critères de choix de méthodes étudiées.....	39
3.6. Mise en œuvre des stratégies de réduction des risques.....	40
3.7. Niveau de risque résultant et démonstration d'ALARP.....	41
3.8. Transfert de risque et partage d'expérience.....	41
CONCLUSION.....	43
<b>CHAPITRE 3 : Assurance de sécurité et promotion de sécurité.....</b>	<b>44</b>
INTRODUCTION.....	44
1. ASSURANCE DE SECURITE.....	44
1.1. Définition et Objectif.....	44
1.2. Acquisition de données / de l'information.....	44
1.3. Intégration des processus de gestion de risque et assurance de sécurité.....	45
2. PROMOTION DE SÉCURITÉ.....	47
2.1. Vue globale.....	47
2.2. Communication et partage d'information relative à la sécurité.....	47
3. RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS MAJEURS D'UN SGS.....	49
CONCLUSION.....	51
<b>CHAPITRE 4 : ETUDE DU CAS CANCRET.....</b>	<b>52</b>
INTRODUCTION.....	52
1. SYNOPSIS.....	52
<b>A. LA PREMIERE PARTIE.....</b>	<b>53</b>

1. Analyse de l'accident à partir des paramètres de FDR et de l'enquête.....	53
1.1. Tucs et blessés.....	53
1.2. Dommage à l'aéronef.....	53
1.3. Aides à la navigation.....	53
1.4. Télécommunications.....	53
1.5. Renseignements sur l'aérodrome.....	54
1.6. Renseignements sur l'équipage de conduite.....	54
1.7. Entraînement de l'équipage.....	54
1.8. Renseignements médicaux et pathologiques.....	54
1.9. Fatigue.....	54
1.10. Renseignements météorologiques.....	55
1.11. Trajectoire suivie par l'aéronef.....	56
1.12. Plafond opérationnel.....	57
1.13. Masse et centrage.....	57
2. DEROULEMENT DE VOL.....	58
2.1. Préparation du vol et décollage.....	58
3. MESURE D'EPR.....	59
3.1. Comparaison de l'EPR nécessaire, disponible et délivré par les moteurs.....	59
4. EVOLUTION DES PARAMETRES MOTEURS AU COURS DE L'EVENEMENT...	60
4.1. Comparaison EPR / EPR LIML.....	60
4.2. Détermination de l'état d'activation des dispositifs d'antigivrage.....	61
4.3. Sélection du régime CR.....	61
4.4. Valeurs d'EPR erronée.....	62
4.5. Second régime.....	63
4.5.1. Zone de stabilité en vitesse.....	63
4.5.2. Zone d'instabilité en vitesse et l'entrée de second régime.....	63
4.6. Approche et récupération du décrochage.....	65
4.7. Diminution de la portance.....	65
4.8. Décrochage de l'avion.....	66
4.9. Reprise du pilotage manuel par l'équipage.....	66
5. CAUSES.....	67
6. RETOUR D'EXPERIENCE (système REX de Swift air).....	67
7. COMMENTAIRES.....	68
<b>B. DEUXIEME PARTIE.....</b>	<b>69</b>
1. Analyse et gestion de risque identifié selon la méthode de Bowtie.....	69
1.1. L'analyse du risque.....	69
1.1.1. Sévérité.....	69
1.1.2. Probabilité.....	69
1.2. La représentation graphique du modèle de BOWTIE.....	70
1.3. Niveau de risque résultant.....	71
1.4. Facteurs contributifs.....	71
2. Résultats potentiels.....	75
3. Conséquences.....	75



4. Actions préventives.....	75
5. Actions correctives.....	76
6. RECOMMANDATIONS.....	76
6. 1. Compagnie.....	76
6.2. Service de navigation aérienne.....	76
6.3. Constructeur.....	77
CONCLUSION.....	78
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>79</b>
ANNEXES	
BIBLIOGRAPHIE	

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure (1.1) : organisation du système de gestion de sécurité au niveau de TASSILI AIRLINES.....</b>	<b>4</b>
<b>Figure (1.2) : cadre SGS d'OACI.....</b>	<b>5</b>
<b>Figure (1.3) : modèle de swiss cheese de J. REASON.....</b>	<b>8</b>
<b>Figure (1.4) : le facteur humain fait partie de la sécurité des vols.....</b>	<b>10</b>
<b>Figure (1.5) : relation entre « production et protection » d'un prestataire de service.....</b>	<b>20</b>
<b>Figure (1.6) : relation entre le PNS et SGS.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure (2.1) : méthodes d'identification des dangers.....</b>	<b>26</b>
<b>Figure (2.2) : exemple de matrice d'évaluation d'un risque de sécurité.....</b>	<b>30</b>
<b>Figure (2.3) : matrice de tolérabilité des risques de sécurité.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure (2.4) : raisonnement causal : induction et déduction.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure (2.5) : exemple de la démarche arbre de défaillances.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure (2.6) : composition de nœud papillon.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure (2.7) : modèle de nœud papillon.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure (2.8) : classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives... </b>	<b>40</b>
<b>Figure (2.9) : processus de gestion de sécurité.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure (3.1): processus assurance et gestion de sécurité.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure (3.2) : échanges de données de sécurité entre les operateurs.....</b>	<b>49</b>
<b>Figure (3.3) : relation entre les éléments d'un SGS.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure (4.1): trajectoires avion et situation météorologique.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure (4.2): comparaison de l'EPR nécessaire, de l'EPR disponible et de l'EPR effective délivré par les moteurs.....</b>	<b>60</b>
<b>Figure (4.3) : évolution des paramètres moteurs lors de l'événement.....</b>	<b>62</b>
<b>Figure (4.4) : les effets de réduction de vitesse a partir les conditions de vol stabilisé.....</b>	<b>64</b>
<b>Figure (4.5) : Matrice d'évaluation (indice) de risque de sécurité.....</b>	<b>70</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau (1.1) :</b> base sur Reason (1997) les éléments de culture de sécurité.....	15
<b>Tableau (1.2) :</b> d'autres éléments de culture de sécurité identifiés par CSCWG.....	15
<b>Tableau (2.1) :</b> exemple de critères de probabilité et de gravité.....	29
<b>Tableau (2.2) :</b> exemple de méthode AMDEC.....	35
<b>Tableau (4.1):</b> tués et blessés.....	53
<b>Tableau (4.2) :</b> plafond opérationnel en condition de l'événement.....	57
<b>Tableau (4.3) :</b> déroulement de vol avant la mise en palier FL 310.....	58
<b>Tableau (4.4):</b> alarmes/dispositifs avertisseurs visuels ou sonores.....	65
<b>Tableau (4.5) :</b> vitesses et incidences associées à l'approche de décrochage.....	66

## Abréviations

---

AC	advisory circular
ALARP	as low as reasonably practical
ATHT	Autothrottle (auto manette)
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyse pour la sécurité de l'aviation civile
CANSO	Civil air navigation services organization
CCR	Centre de Contrôle en Route
CDB	Commandant de bord
CR	Cruise (croisière)
CVR	Cockpit Voice Recorder
EASA	European Aviation Safety Agency
EPAS	Elevator Power Augmentation System
EPR	Engine pressure ratio
FAA	Federal Aviation Administration (USA)
FCOM	Flight crew operations manuel
FDM	Flight data monitorig
FDR	Flight data recorder
FMA	Flight Mode Annunciator
IATA	international air transport association
ITCZ	Inter-Tropical Convergence Zone (Zone de Convergence Inter-Tropical)
JAR	Joint Aviation Requirements
OACI	Organization internationale d'aviation civile
PA	Pilote automatique
PHR	Plan horizontal réglable
SAR	Search and rescue
TRP	Thrust Rating Panel
PSE	Plan de sécurité de d'état

## DÉFINITIONS

---

### **Sécurité :**

Situation dans laquelle les risques de lésions corporelles ou de dommages matériels sont limités à un niveau acceptable et maintenus à ce niveau ou à un niveau inférieur par un processus continu d'identification des dangers et de gestion des risques.

### **Processus :**

Ensembles d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrées en éléments de sortie.

### **Manuel SGS :**

Document spécifiant le Système de Gestion de la Sécurité d'un organisme.

### **Procédure :**

Manière spécifiée d'effectuer une activité ou un processus.

### **Danger :**

Une énergie potentielle qui reste à l'état latent tant qu'un élément déclencheur (menace, état non sur) n'est pas constaté.

### **Risque :**

Evaluation exprimée en termes de prédiction de probabilité et de gravité.

### **Évènement indésirable (EI) :**

Cet évènement peut être défini comme une perte de contrôle de la situation, c'est-à-dire tout évènement à partir duquel une séquence accidentelle peut se produire si une action de récupération efficace n'est pas déclenchée.

### **Évènement ultime (EU) :**

Une situation qui représente l'aboutissement d'un scénario d'incident ou d'accident auquel on peut attribuer une sévérité de conséquences.

### **Accident aérien :**

Évènement lié à l'utilisation d'un aéronef, qui se produit entre le moment où une personne monte à bord avec intention d'effectuer un vol et le moment où toutes les personnes qui sont montées dans cette intention sont descendues et au cours duquel : Une personne est mortellement ou grièvement blessé, L'aéronef subit des dommages ou une rupture structurelle ou L'aéronef a disparu ou est totalement inaccessible.

## DÉFINITIONS

---

### **Incident :**

Un incident est défini dans ce document comme un évènement autre qu'un accident lié à la mise en œuvre ou à l'utilisation d'un appareil, qui affecterait ou pourrait affecter la sécurité des opérations aériennes.

### **Mesure de contrôle (barrière):**

Une activité, une action ou une procédure mis en place pour éliminer ou atténuer le risque associé à un danger.

### **Condition compromettant la sécurité :**

(« unsafe condition ») est un évènement de nature en particulier à réduire la capacité de l'équipage à gérer des conditions dégradées qui amènent à une charge de travail excessive qui ne permet plus à l'équipage d'assurer ses tâches avec précision ou de les mener à terme.

### **Risques de sécurité résiduels :**

Il s'agit du niveau de risque de sécurité qui demeure après la mise en place de l'atténuation initiale et qui peut nécessiter des mesures supplémentaires de maîtrise des risques.

### **ALARP :**

Aussi bas que raisonnablement possible, Il s'agit de la mesure dans laquelle les avantages perçus de l'atténuation l'emportent sur les coûts.

---

# INTRODUCTION

## GENERALE

---

## Introduction

le transport aérien est une activité sensible du fait des conditions d'exploitations des appareils et de leur vulnérabilité en vol comme au sol.

Certes, un dysfonctionnement ne doit jamais être vécu comme une faute ou un échec qu'il faut absolument dissimuler, mais plutôt comme un message d'ordre et de progrès que le système global nous transmet, et il incombe aux managers du SMS de décrypter ce message et apporter les corrections nécessaires pour faire en sorte que cela ne se reproduise plus. Cela passe forcément par un engagement sans équivoque, depuis le sommet, dans une stratégie globale de management de la sécurité.

De ce fait, l'environnement réglementaire d'aviation demande de façon pressante que les compagnies aérienne et les prestataires de services en générale élaborent et tiennent à jour un processus qui garantit l'analyse, l'évaluation et la maîtrise des risques de sécurité associés aux dangers identifiés et sachent communiquer sur eux, afin de passer à la participation d'amélioration de sécurité.

Malgré la diversité de quantité d'outils et de méthodes d'analyse des risques qui ont été mis en place afin de permettre à travers l'étude des systèmes d'identifier les principaux scénarios d'accident probables, l'OACI propose dans son manuel SGS le document 9859, d'utiliser une méthode dite du « nœud papillon » (Bow Tie).

Dans le premier chapitre, qui est subdivisé en deux parties, dans la première on fait la présentation de la compagnie de Tassili, tant dis que la deuxième est réservée pour rappeler quelques notions de base associées à la sécurité. Dans le deuxième chapitre, une structure globale au processus de gestion des risques et une particularité de quelques méthodes d'analyse doivent être présentées avant de porter l'étude sur la méthode de Bowtie, ensuite de faire tirer des critères de choix de la méthode la plus convenable dans le secteur Aéronautique. Le troisième chapitre résume les principales actions d'assurance et promotion de sécurité et leur réflexion dans un système de gestion de sécurité.



## INTRODUCTION GENERALE

---

Ainsi le quatrième chapitre est consacré pour analyser le crash qui a survenu le 24 juillet 2014 d'avion MD83 affrété par Air Algérie et exploité par la compagnie espagnole Swift Air, tout en utilisant la méthode de « Bowtie ».

Enfin, une conclusion générale sera tirée et quelques perspectives seront mentionnées.

---

# CHAPITRE 1

## Généralités et présentation de l'organisme d'accueil

---

## INTRODUCTION

Ce chapitre est subdivisé en deux parties, dans la première on fait une brève présentation d'organisme d'accueil, la seconde se clarifie quelques notions de base qu'elles nous semble nécessaire de les rappeler pour un système de gestion de sécurité(SGS) d'un prestataire aéronautique , la recommandation de facteur humain et la culture de sécurité comme potentiel important pour une démarche qualité de l'entreprise ainsi , les obligations imposées par l'OACI pour le premier composant du SGS.

### A. LA PREMIERE PARTIE : présentation d'organisme d'accueil

#### 1. La compagnie de Tassili

Tassili Airlines (code IATA: SF; code OACI: DTH) a été créée en Mars 1998. La compagnie concentre l'essentiel de ses activités au profit du secteur pétrolier en opérant des Charters et Navettes aussi bien en Domestique qu'en International.

Les activités principales de Tassili Airlines sont les vols Charters pour la société pétrolière Sonatrach et ses filiales, les compagnies pétrolières internationales et le travail aérien à travers sa filiale « Tassili Travail Aérien ». Son réseau a était étendu au service du grand public pour des vols charters internationaux et le transport régulier national et international.

#### 2. La flotte

Tassili Airlines possède aujourd'hui, en toute propriété, une flotte d'aéronefs de divers types qui lui permet de répondre, de façon adaptée, à la demande du marché aérien en Algérie.

Elle est composée de 12 aéronefs dont la capacité va de 37 à 155 sièges.

Boeing 737 - 800	Bombardier Q400	Bombardier Q200
Avion biréacteurs • Capacité 155 sièges	Avion bi turbopropulseurs • Capacité 74 sièges	Avion bi turbopropulseurs • Capacité 37 sièges

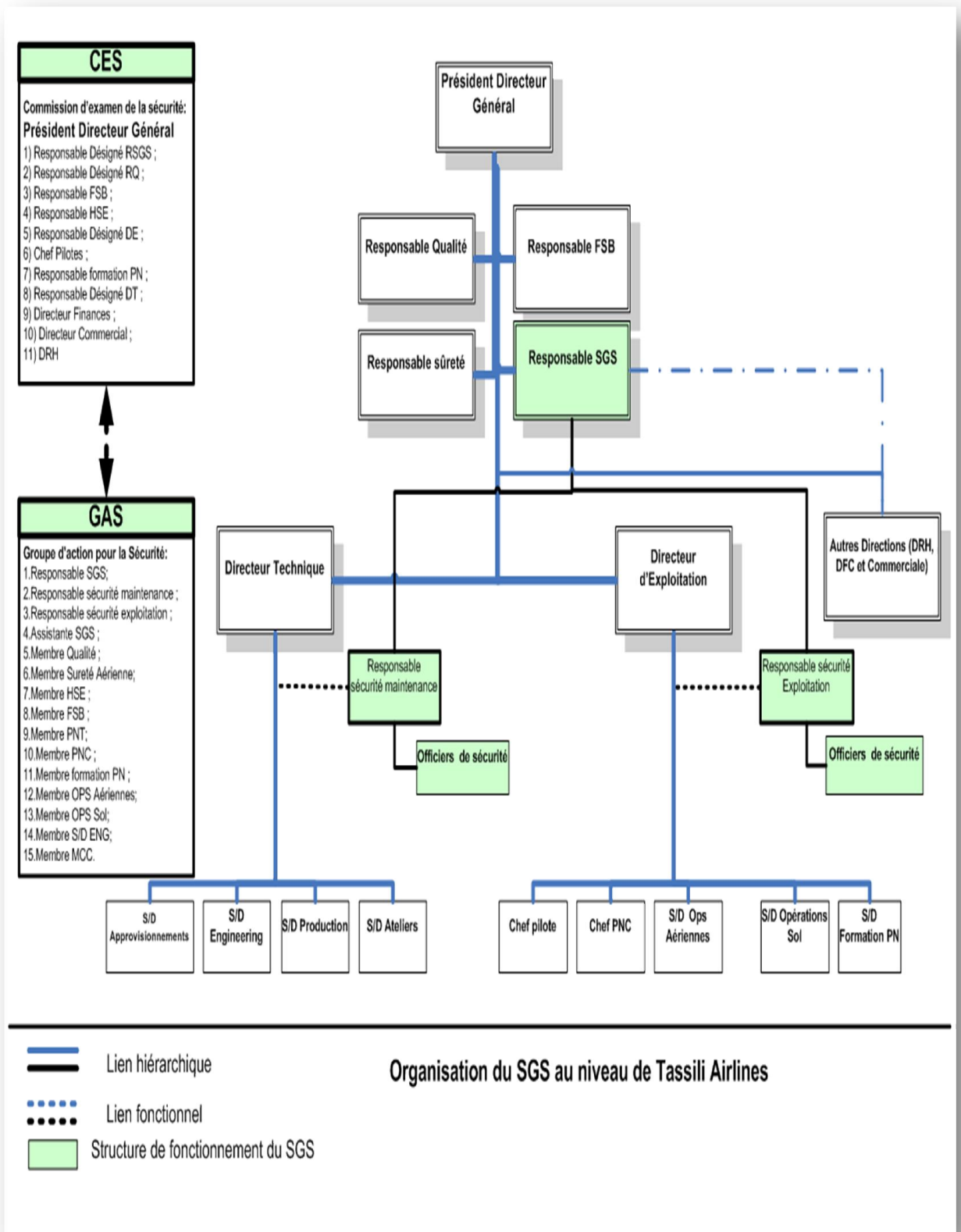


Figure 1.1 : organisation du système de gestion de sécurité au niveau de Tassili Airlines.

## **B. LA DEUXIEME PARTIE : généralités**

### **1. Système de gestion de sécurité**

L'OACI a établi dans l'annexe 19 à la Convention relative à l'aviation civile internationale que "les Etats exigeront, dans le cadre de leur programme de sécurité, que les [exploitants et organismes de maintenance] mettent en œuvre un système de gestion de la sécurité acceptable pour l'Etat de l'exploitant".

un système de gestion de sécurité est défini selon le document 9859 la troisième édition: "Approche structurée de gestion de la sécurité, qui englobe les structures, les responsabilités (Doc 9859éd02/2009), les obligations de rendre compte (Doc 9859éd03/2013), les politiques et les procédures organisationnelles nécessaires en vue d'assurer une exploitation sûre et la navigabilité des aéronefs."

### **2. Cadre SGS de l'OACI**

Le cadre SGS de l'OACI est constitué de quatre composantes et douze éléments, et sa mise en œuvre devra correspondre à la taille de l'organisation et à la complexité des services fournis.

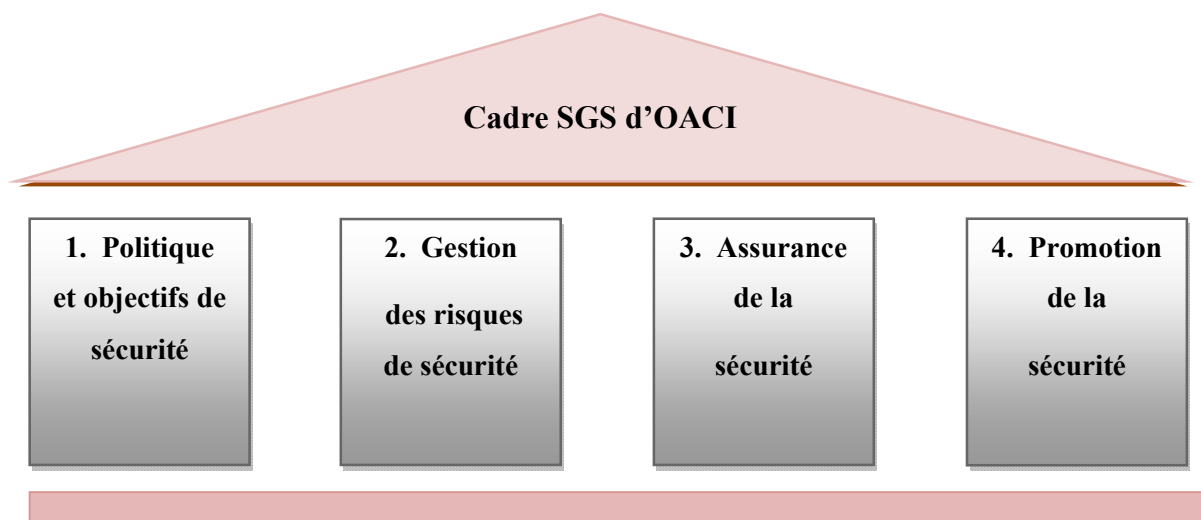


Figure (1.2) : cadre SGS d'OACI.

Ce sont les politiques et objectifs de sécurité qui constituent le cadre de référence pour le SGS. L'objectif du composant gestion des risques de sécurité est d'identifier les dangers, d'évaluer les risques connexes et de développer des atténuations appropriées dans le contexte de la fourniture des produits ou services de l'organisation. L'assurance de sécurité s'obtient dans le cadre de processus permanents qui surveillent le respect des normes internationales et des règlements nationaux. En outre, le processus d'assurance de la sécurité garantit que le SGS fonctionne comme prévu et qu'il est efficace. La promotion de la sécurité offre la sensibilisation et la formation nécessaires.

### **3. Prestataires de services et le SGS**

Dans le contexte de la gestion de la sécurité, le terme « prestataire de services » ou « fournisseur de produits et de services » se rapporte à tout organisme qui fournit des produits et/ou des services d'aviation. Ce terme englobe donc les organismes de formation agréés, exploitants d'aéronefs, organismes de maintenance agréés, organismes responsables de la conception de type et/ou de la construction des aéronefs, fournisseurs de services de la circulation aérienne et aéroports certifiés. [1]

### **4. Description d'un système**

Une description du système est la première condition requise pour établir un SGS dans une organisation. Chaque système contient des vulnérabilités intrinsèques potentielles de la sécurité, qui sont caractérisées en termes de dangers. Le processus d'identification des dangers ne peut identifier que les dangers qui entrent dans le champ de la description du système. Il faut donc que les limites du système, selon sa description formelle, soient suffisamment larges pour englober tous les dangers auxquels il pourrait être confronté ou qu'il pourrait générer. Il importe en particulier que la description comprenne les interfaces au sein du système, ainsi que les interfaces avec les systèmes plus vastes dont fait partie le système évalué.[1]

## **5. Support réglementaires de SGS/TAL**

### **5.1. Réglementation Nationale DACM**

-la loi n°98-06 du 27/06/1998 fixant les règles générales relatives à l'aviation civile ;  
-la loi n°15-14 du 15/07/2015, modifiant et complétant la loi n° 98-06 du 27/06/1998 Art. 16 octies : **les prestataires aéronautique, détenteurs d'un agrément ou d'une autre forme d'autorisation, délivre par l'autorité chargée de l'aviation civile sont tenus d'établir et de mettre en œuvre un système de gestion de la sécurité** conformément aux programmes nationaux prévus par les articles 16 quinquets et 16 septimes de présente loi ;  
-circ. Ministérielle 11/0127CABM/DACM du 15 mars 2011 (programme national de sécurité de l'aviation civile) ;  
-Instruction. Ministérielle 11/0128CABM/DACM du 15 mars 2011 (la politique nationale de sécurité) ;  
Circ.2693 DACM du 22sept.2010 (règles générales relatives à la certification des services aéronautiques) ;  
Circ.2694 DACM du 22sept.2010 (règles générales relatives à la mise en place de SGS) ;  
Circ.2696 DACM du 22 sept. 2010 (règles générales relatives au système nationale de notification et de traitement des événements de sécurité de l'aviation civile) ;  
Déc.2695 DACM du 22 sept 2010 (portant mise en place des SGS et désignation des gestionnaires supérieurs responsable des SGS) ;  
Décision N°1200/DACM du 04 avril 2011 modifiant la Décision N°270/DACM du 07 février 2009 portant sur la création du comité charge de l'établissement de la politique nationale en matière de gestion de la sécurité.

## 5.2. Réglementation Internationale

L'OACI a établi dans l'annexe 19 à la convention relative à l'aviation civile internationale que « les états exigeront, dans le cadre de leur programme de sécurité, que les [exploitants et organismes de maintenance] mettant en œuvre un système de gestion de la sécurité acceptable pour l'Etat de l'exploitant ».

Guide de l'OACI publié sous référence **n°9859/AN 474 Ed 3**, intitulé « Manuel de Gestion de la Sécurité (MSG) » (consultable sur le site de l'OACI à l'adresse

<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Pages/default.aspx> )

Guide de l'OACI intitulé «Fatigue Risk Management System Implementation Guide for operators» (consultable à l'adresse suivante

<http://www2.icao.int/en/FatigueManagement/Pages/FatigueManagementTools.aspx> )

Annexe 19 de l'OACI (consultable sur le site de l'OACI à l'adresse

<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Pages/default.aspx> )

ISM ED 09 (consultable sur le site de l'IATA à l'adresse

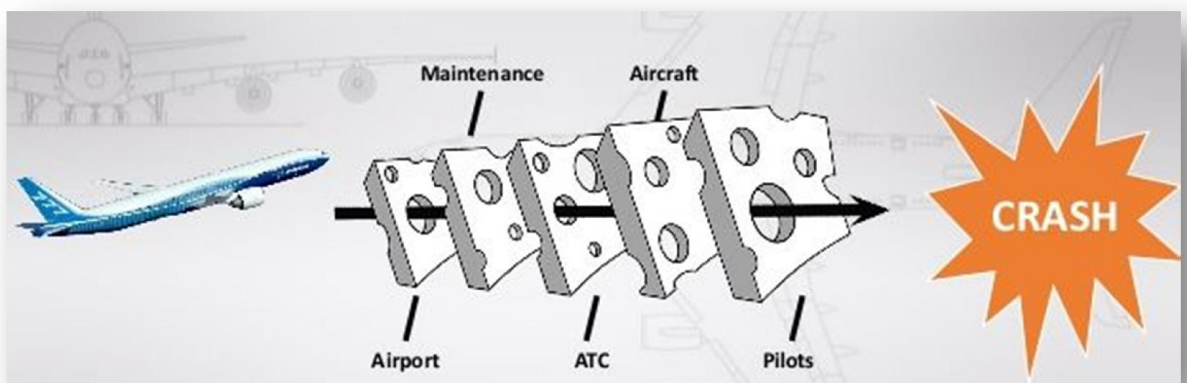
<http://www.iata.org/whatwedo/safety/audit/iosa/pages/index.aspx> )

## 6. L'investigation et le contrôle de sécurité (James Reason)

Le « modèle de Reason » proposé par le Professeur James Reason de la Manchester University, Royaume-Uni, aide à comprendre pourquoi les accidents surviennent et à mettre en relief la complexité des relations de cause à effet.

Dr Reason évoque qu'il existe des facteurs pathogènes dans le système (trous qui symbolisent les failles dans chaque niveau de défense) qui se combinent et créent un cheminement possible vers l'accident au travers les barrières, défenses du système (tranches des gruyères) « si un accident se produit, l'important n'est pas de savoir qui a fait une faute, mais d'identifier pourquoi et comment le système de sécurité a failli ».

Alors, l'idée centrale est donc de focaliser sur les barrières et de surveiller pro activement leur état, afin d'assurer la traque des erreurs latentes dans le système. [1, web3]



**Figure (1.3) :** modèle de swiss cheese de J. Reason [web3]



## 7. Intégration de facteur humain dans le SGS

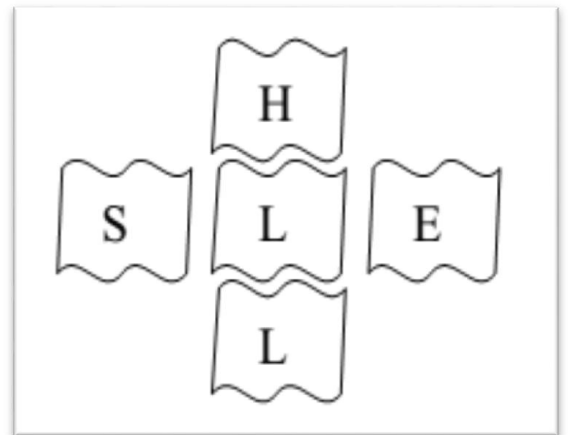
### 7.1 Modèle SHELL et les erreurs organisationnelles [1, 10]

Les contributions humaines représentent 80 à 90% des accidents. Pour un système sécurité professionnel principalement tous les accidents sont le résultat d'une erreur humaine. L'opérateur humain est considéré comme point faible du système et limiteur de performance à cause des facteurs qui sont affectés par des contraintes environnementales.

Le modèle SHELL est un outil conceptuel est adopté par l'OACI pour analyser l'interaction des composantes multiples d'un système.

Une relation entre les humains et les autres composantes du lieu de travail. Le nom de ce modèle est constitué des initiales de ses quatre composantes :

- a) **Software (S)** : procédures, formation, soutien...
- b) **Hardware (H)** : machines et équipement ;
- c) **Environnement (E)**: environnement de travail dans lequel le reste du système L-H-S doit fonctionner ;
- d) **Liveware (L)** : humains sur le lieu de travail.



Liveware au centre du modèle SHELL se trouve l'humain, en première ligne. Malgré leurs remarquables facultés d'adaptation, les humains sont sujets à de considérables variations de performance.

Les auteurs affirment que l'analyse de la fiabilité dans un système (homme-opération en aviation), l'idée sensible est de réduire les conséquences de l'erreur humaine, machine, faillite de système et les accidents en faisant un recouvrement nécessaire. [13]

Par exemple : organigramme décrivant les facteurs humains dans le processus système de gestion. Cela fournit une structure globale pour les activités des facteurs

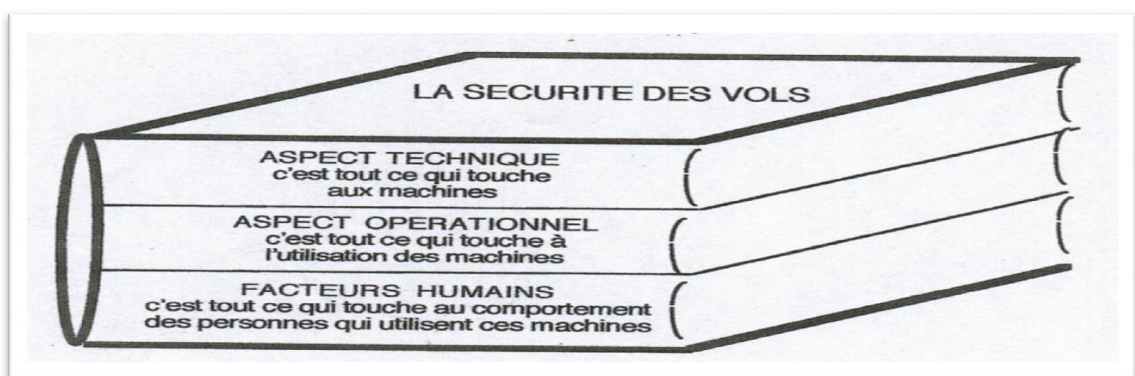
humains dans un programme d'acquisition. Un programme qui se suit pour les limitations de performance humaine, ces exigences, test, évaluation... etc [14]

## 7.2. La nouvelle conception de l'erreur humaine [10]

Selon « la nouvelle conception » de l'erreur humaine (Dekker, 2002) : dans un système complexe où la sécurité est primordiale, il faut tous d'abord être convaincu que les personnes se présentent au travail avec l'intention d'accomplir du bon travail, sont motivé par le désir de rester en vie et de protéger la vie de leurs clients, affirme Dekker.

En effet si les erreurs opérationnelles sont attribuables au rendement opérationnel de personnes très compétentes c'est là le nœud de ce problème complexe, leurs actes leur semblent logiques, si non elles n'agiraient pas, ainsi par conséquent si vous voulez comprendre l'erreur humaine, votre travail consiste à découvrir POURQUOI ? L'action en était logique aux yeux de ceux qui l'ont commise, car si cette action était logique, elle pourrait l'être aussi pour d'autre en présence même circonstances, même conditions de travail normal.

Alors la nouvelle conception évoque de ne pas porter le jugement sur les personnes responsables de la défaillance, elle insiste d'examiner la situation intérieure dans laquelle se trouvaient, car la performance de ce personnel est influencée par les facteurs d'organisation, de réglementation et d'environnement comme indiqué déjà par le modèle SHELL. [1]



**Figure (1.4) :** le facteur humain fait partie de la sécurité des vols [web3]

## **8. Composant 1 du SGS. Politique et objectifs de sécurité [2]**

C'est le premier pilier et le cadre de référence pour le SGS, Il est essentiel que les principes, processus et méthodes et procédures du SGS énoncées par la politique de sécurité soient clairement définies pour fournir au personnel opérationnel des orientations claires sur le comportement opérationnel que l'organisation attend de lui dans les opérations quotidiennes pour réaliser les résultats de sécurité souhaités ; le premier composant contient les éléments suivants :

### **8.1. Élément 1.1 du SGS Engagement et responsabilité de la direction**

Le dirigeant responsable a "la responsabilité finale de toutes les questions relatives à la sécurité. à ce titre, l'organisation doit définir une politique de sécurité qu'elle s'engage à respecter et qui traduit l'approche de la direction en matière de sécurité.

La politique de sécurité doit être : conforme aux exigences nationales et internationales, signés par le Dirigeant responsable de l'entreprise, et doit refléter les engagements organisationnels en matière de sécurité.

La politique de sécurité sera annuellement réexaminée pour s'assurer qu'elle demeure pertinente et appropriée à la compagnie.

### **8.2. Élément 1.2 du SGS Imputabilités en matière de sécurité**

Dans le contexte du SGS, l'imputabilité signifie le fait d'être ultimement responsable de la performance de sécurité, que ce soit au niveau global du SGS (Dirigeant responsable) ou aux niveaux de membres de l'équipe de gestion. Cela comprend la responsabilité de veiller à ce que des actions correctrices appropriées soient prises pour contrer les dangers et remédier aux erreurs dont il a été rendu compte.

### **8.3. Élément 1.3 du SGS Nomination du personnel clé de sécurité**

La nomination d'un directeur de la sécurité qualifié qui est la personne responsable du développement et de la maintenance d'un SGS est essentielle à la mise en œuvre et au fonctionnement efficace d'un bureau des services de sécurité.

#### **8.4. Élément 1.4 du SGS Coordination de la planification des interventions d'urgence**

Un plan d'intervention d'urgence doit être élaboré pour décrire et préciser les tâches et les responsabilités de chacun ainsi que les actions à prendre en cas de situation d'urgence liée à l'aviation. Le manuel d'urgence fournit la base d'une approche systématique pour gérer la conduite des actions suite à un événement grave ou non prévu, et dans le pire cas d'un accident majeur. Les catégories des événements sont listées pour identification et déclenchement de la procédure d'urgence.

#### **8.5. Élément 1.5 du SGS Documentation relative au SGS**

L'organisation élabore et tient à jour la documentation du SGS, qui décrira : la politique et les objectifs de sécurité ; les exigences du SGS ; les processus et procédures du SGS ; les imputabilités, responsabilités et pouvoirs pour les processus et procédures du SGS et les produits du SGS.

De façon générale, la politique de sécurité caractérise et : [3 Page 7]

- a) décrit ce que l'organisation cherche à atteindre à travers son SGS ;
- b) aperçoit les exigences, les méthodes et les processus que l'organisation doit les utiliser pour atteindre les résultats de sécurité souhaités ;
- c) établit l'engagement et l'expectation d'améliorer continuellement la sécurité ;
- d) Reflète l'engagement de la direction en :
  - 1. Mettant en œuvre des procédures et des processus pour l'établissement et la mesure des objectifs réalisables en matière de sécurité ;
  - 2. Fournissant des ressources pour permettre en œuvre et l'exploitation du SGS ; et
  - 3. Supportant la promotion et la positive culture de sécurité.
- e) Etablit les rôles, les responsabilités en ce qui concerne la performance de sécurité et les lignes directrices de base pour la conformité et l'application personnel.
- f) Décrit un plan d'intervention d'urgence qui prévoit la transition sécuritaire entre une opération normale et une opération d'urgence.

## **9. Définition et suivi des Objectifs de sécurité**

La haute direction développe des objectifs à réaliser qui sont mesurables et atteignables à l'échelle de l'organisation. Mettre en place un mécanisme d'établissement, de documentation et de suivi des objectifs et des cibles de sécurité est une procédure découlant de la politique de sécurité.

Ces objectifs et cibles de sécurité sont établis afin de fournir des lignes directrices et guider le personnel à, tous les niveaux, dans l'implémentation de la politique sécurité adoptée par la compagnie. Ils définissent les domaines sur lesquels Tassili Airlines doit concentrer ces efforts afin de répondre aux préoccupations significatives de sécurité auxquelles elle fait face et d'améliorer ainsi, sa performance en matière de sécurité opérationnelle. [2]

## **10. Culture de la sécurité**

Outre le contexte législatif et réglementaire, il faut surtout comprendre que le SGS n'est pas seulement une série de procédures et de règlements à respecter dans le cadre de notre activité. C'est avant tout une véritable culture !

### **10.1. Culture organisationnelle**

En terme de gestion de la sécurité, comprendre la culture est aussi important que comprendre le contexte, car la culture est un important déterminant de la performance humaine et organisationnelle.

Habituellement, sur la base d'un mélange d'idées visionnaires soulignent que la culture organisationnelle apparaisse pour se refléter sur les attitudes, les croyances, les comportements et les appréciations partagées concernant les objectifs, les fonctions et les procédures d'une organisation. [11page 40, 11page 2]

### **10.2. Culture de la sécurité**

À l'intégration de nombreux rapports, la définition la plus utilisée est ".....la culture de sécurité dans une organisation est le produit des appréciations d'individu et de groupe, les attitudes, les perceptions, les compétences et le modèle de comportement ; qui détermine l'engagement, le style et la maîtrise de la gestion de sécurité d'une organisation" .....[Traduction] [11, 15, 16]

L'auteur détermine une relation interactive entre les éléments de la définition, exemple :

- l'appréciation d'individu et de groupe, les attitudes réfèrent à la perception des membres envers les objectifs de la sécurité.
- L'engagement, le style et la bonne santé de l'organisation se reflètent indirectement à la présence d'un système qualité et de sécurité pour supporter le comportement de sécurité orienté vers l'objectif ciblé. [11]

### **10.3. Renforcement de concept de culture de sécurité**

Dans la pratique, la création ou bien la mise en valeur d'une culture de la sécurité dépend de la manipulation délibérée des diverses caractéristiques organisationnelles qui ont l'impact sur les pratiques de gestion de la sécurité.

Le point de vue de l'auteur illustre que ces manipulations doivent être orientées vers un objectif parce que ; l'objectif -idées d'un état final souhaité- joue un rôle causal important dans l'action. [11]

### **10.4. Les éléments de culture de sécurité**

Selon Reason (1997), la culture de sécurité est axée sur les éléments suivants : équité, rapports, apprentissage, information et flexibilité.

Le rôle de la haute direction dans l'établissement des politiques, des procédures et des outils pour favoriser ces éléments et engageant à leurs succès.

**Tableau (1.1) :** basé sur Reason (1997).les éléments de culture de sécurité.

<b>Les axes de culture de sécurité selon Reason</b>	<b>définitions</b>
<b>L'information</b>	Les personnes qui gèrent et exploitent le système ont une connaissance courante des facteurs humains, techniques, organisationnelles et environnementaux qui déterminent la sécurité.
<b>Les rapports</b>	Climat organisationnel dans lequel les personnes sont disposées à signaler leurs erreurs, quasi-accidents.
<b>L'équité</b>	Climat de confiance qui incite les personnes à fournir des renseignements essentiels liées à la sécurité et savoir limiter entre un comportement acceptable ou no.
<b>Souplesse</b>	Culture grâce à laquelle une organisation est en mesure de se réorganiser en présence d'activité rapide ou de certain type de danger.
<b>apprentissage</b>	Une organisation doit avoir la volonté et la compétence nécessaires pour tirer les bonnes conclusions de son système d'information sur la sécurité et la volonté de mettre en œuvre de réformes majeures.

D'autres trois éléments sont identifiés par CSCWG (canso safty culture working group)

**Tableau (1.2) :** d'autres éléments de culture de sécurité identifiés par CSCWG [15]

<b>Perception du risque</b>	Les personnes à tous les niveaux d'organisation ont besoin d'avoir la même perception et jugement de la gravité du risque où ces derniers sont influencés si le danger est contrôlé ou no contrôlé.
<b>Attitudes envers la sécurité</b>	CSCWG démontre que ces attitudes peuvent être associées avec la perception du risque et les comportements liés à la sécurité.
<b>Les comportements liés à la sécurité</b>	Ces comportements se soumettent au respect des procédures, des règles et des règlements liés à la sécurité mais aussi ont des aspects directives comme le coaching, la reconnaissance, la communication.....etc

Ce qui suit sont les éléments les plus critiques d'une forte culture de sécurité élaborés par le (DOT) Department of Transportation Safety Council : [3 Page 9]

- (1) Le leadership est clairement déterminé à la sécurité ;
- (2) Il y a une communication ouverte et efficace dans toute l'organisation ;
- (3) Les employés se sentent personnellement responsables de la sécurité ;
- (4) l'apprentissage continu ;
- (5) Il y a un environnement de travail conscient de la sécurité ;
- (6) Les systèmes de reporting sont clairement définis et non punitive ;
- (7) Les décisions démontrent que la sécurité est la priorité sur les demandes concurrentes ;
- (8) La confiance mutuelle est favorisée entre les employés et l'organisation ;
- (9) L'organisation est juste et cohérente pour répondre aux problèmes de sécurité;
- (10) La formation et les ressources sont disponibles pour soutenir la sécurité.

### **10.5. Évaluation de culture de sécurité**

Afin de déterminer ce que on va évaluer et de sélectionner les mesures appropriés, il est indispensable de déterminer l'approche nécessaire pour donner un modèle spécifié pour une culture interne à l'organisation.

Le CSCWG prend l'exemple d'un modèle de (Cooper), qui est utile pour distinguer entre trois aspects : psychologique, comportemental et l'aspect de la situation interne de l'organisation. [15, 16]

- L'aspect psychologique peut être décrit comme le climat de la sécurité.
- L'aspect comportemental que font les gens, comme actions, activités, engagement liés à la sécurité.
- l'aspect de la situation interne de l'organisation que ce qu'elle a comme procédures structure organisationnelle, politique, système de management.....etc

Pour l'étape de mesure, il existe une variété de méthodes pour évaluer le climat et la culture de sécurité, on peut les classées comme des méthodes quantitative et qualitative. [15, 17, 18]

- Les méthodes qualitatives comprennent : les observations, l'audit, des inspections Brainstorming,.....etc



- On trouve des approches quantitatives dans des sondages, interviews, une série de question qui mesure les croyances, l'attitude, perception envers la sécurité.....etc

## **11. Système de comptes rendus (Reporting system) [2]**

Rendre compte avec précision et en temps utile des informations pertinentes relatives aux dangers, aux incidents ou aux accidents est une activité fondamentale de gestion de la sécurité.

Le reporting system est donc nécessaire pour permettre d'une part , au personnel opérationnel qui observe les dangers dans le cadre de ses activités quotidiennes de participer activement à le gestion de la sécurité et d'autre part à la compagnie pour construire une base de données factuelles de sécurité tirées de l'expérience propre de la compagnie qui va être utiliser comme référentiel pour l'analyse des tendances en matière de sécurité .

Le système de comptes rendus comporte deux volets suivants :

- Le système de comptes rendus obligatoires
- Le système de comptes rendus volontaires.

### **11.1. Le système de comptes rendus obligatoires**

Il se base sur l'obligation de rendre compte à la DACM de certains types d'événements, notamment les incidents sans conséquences graves et les éventuels dangers identifiés suite à leur occurrence dans un délai de 72 heures à partir de leur occurrence.

### **11.2. Le système de comptes rendus volontaires**

Ils focalisent sur les aspects organisationnels, humain et conditions de travail liés aux activités opérationnelles ; Tassili mise en place ce système qui offre à tout employé, sans obligation légale ou administrative, la possibilité de soumettre dans l'intérêt de la sécurité toute information relative à :

- L'occurrence d'événements, aussi minimes qu'ils soient, qui auraient pu, dans d'autres circonstances, conduire à un accident /incidents grave.
- L'existence de conditions dangereuses qui n'ont pas encore causé d'incidents.

En tenant compte que un système efficace de comptes rendus est la clé de voûte (ou bien le carburant de SGS) pour identifier la faiblesse et la vulnérabilité de la gestion de la sécurité avant qu'un accident se produit.

## **12. Analyse des écarts**

La mise en œuvre d'un SGS exige qu'un prestataire de services procède à une analyse de son système pour déterminer quelles composantes et quels éléments d'un SGS sont actuellement en place et lesquels il faut ajouter ou modifier pour répondre aux besoins de la mise en œuvre.

Cette analyse, appelée analyse d'écarts, fait intervenir une comparaison des besoins du SGS avec les ressources existantes du prestataire de services. L'analyse d'écarts fournit, sous forme de liste de vérification, des informations qui aideront à évaluer les composantes et les éléments qui constituent le cadre SGS de l'OACI et à identifier ceux qu'il faudra développer. Une fois que l'analyse d'écarts sera réalisée et documentée, elle constituera une base du plan de mise en œuvre du SGS.

## **13. Gestion de sécurité via gestion de qualité (SGS/SGQ)**

Gestion de la sécurité et de la gestion de la qualité sont complémentaires et se travailler ensemble pour atteindre les objectifs globaux de sécurité de l'organisation. L'objectif d'établir un système de gestion qui a des processus et procédures en place.

De sorte que la performance de sécurité est maintenue à un niveau acceptable et les produits / résultats opérationnels sont atteints. SGS nécessite que la conception et la mise en œuvre des processus et des procédures organisationnelles à identifier les risques et de contrôle de sécurité et / ou atténuer les risques de sécurité dans les opérations de l'aviation. SGQ détermine une approche structurée pour faire en sorte que le fonctionnement de ces processus et procédures comme prévu, même si un problème se réside, et d'améliorer sans cesse leur efficacité. [3 Page 6]

Alors, Les deux systèmes sont des outils de gestion essentiels pour renforcer la sécurité. Vous ne pouvez pas avoir un SGS efficace sans appliquer les principes de gestion de la qualité.

#### **14. Supervision de la sécurité**

On entend par supervision de la sécurité une fonction par laquelle les États assurent l'application effective des normes et pratiques recommandées (SARP) et des procédures correspondantes qui concernent la sécurité figurant dans les Annexes à la Convention relative à l'aviation civile internationale et dans des documents OACI connexes.

Il s'agit aussi, par la supervision de la sécurité, de veiller à ce que l'industrie nationale de l'aviation assure un niveau de sécurité égal ou supérieur à celui qui est défini dans les SARP. Ainsi, la responsabilité individuelle des États en matière de supervision de la sécurité est le fondement sur lequel repose la sécurité de l'exploitation des aéronefs dans le monde. L'absence d'une supervision appropriée de la sécurité dans un État contractant menace la santé de l'exploitation internationale des aéronefs civils. [8]

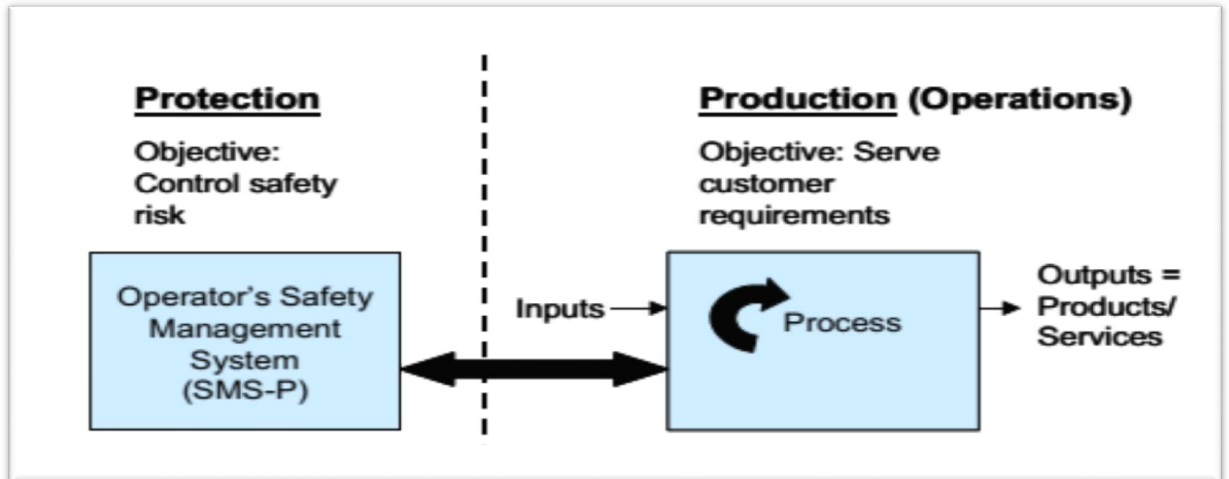
#### **15. Relation entre SGS et PNS [1,4]**

La relation entre un PNS et un SGS peut être exprimée comme suit dans les termes les plus simples : les États sont responsables d'élaborer et d'établir un PNS ; les prestataires de services sont responsables d'élaborer et d'établir un SGS.

Les États sont responsables, dans le cadre des activités de leur PNS, d'accepter le SGS d'un prestataire de services et d'en superviser l'élaboration, la mise en œuvre et la performance de sécurité.

La figure Figure(1.5) illustre la relation entre les deux, on commence avec la relation de un SGS et la production d'un prestataire de service, la dichotomie entre la «production» et «protection» dans la figure, par conséquent, fait référence aux fonctions et les exigences qui sont préposé aux produits ou services de production (Par exemple les opérations de vol, vol formation) et ceux qui sont impliqués pour assurer la sécurité.

Une décision fondamentale liée au processus de définition des objectifs de production est l'établissement des défenses que l'organisation doit mettre en place pour se protéger contre les risques qu'elle va générer en produisant.



**Figure (1.5) :** relation entre « production et protection » d'un prestataire de service [4]

Le SGS est le moyen que le prestataire de services utilise pour assurer que les risques de sécurité des conséquences de dangers qu'il doit affronter en poursuivant les objectifs de production restent sous contrôle organisationnel pour atteindre des buts commerciaux et de donner satisfaction au client .

Une fois que les opérations commencent, la maîtrise des risques de sécurité et la surveillance des atténuations sont accomplies au moyen du processus continu d'assurance de la sécurité, appuyé par la promotion de la sécurité (ce qui représente la dichotomie entre la «production» et «protection» dans la figure ci-dessus).

Gestion des risques de sécurité, assurance de la sécurité et promotion de la sécurité constituent ainsi les moyens pour une organisation de maintenir l'équilibre entre production et protection.

Il existe dans l'aviation une conviction grandissante de la nécessité de compléter l'approche existante de la sécurité basée sur le respect *des réglementations* par une approche basée sur la *performance*.

La figure (1.6) récapitule la relation entre le PNS établis par l'état et le SGS des prestataires de services (le même principe de supervision de sécurité à la DACM en Algérie).

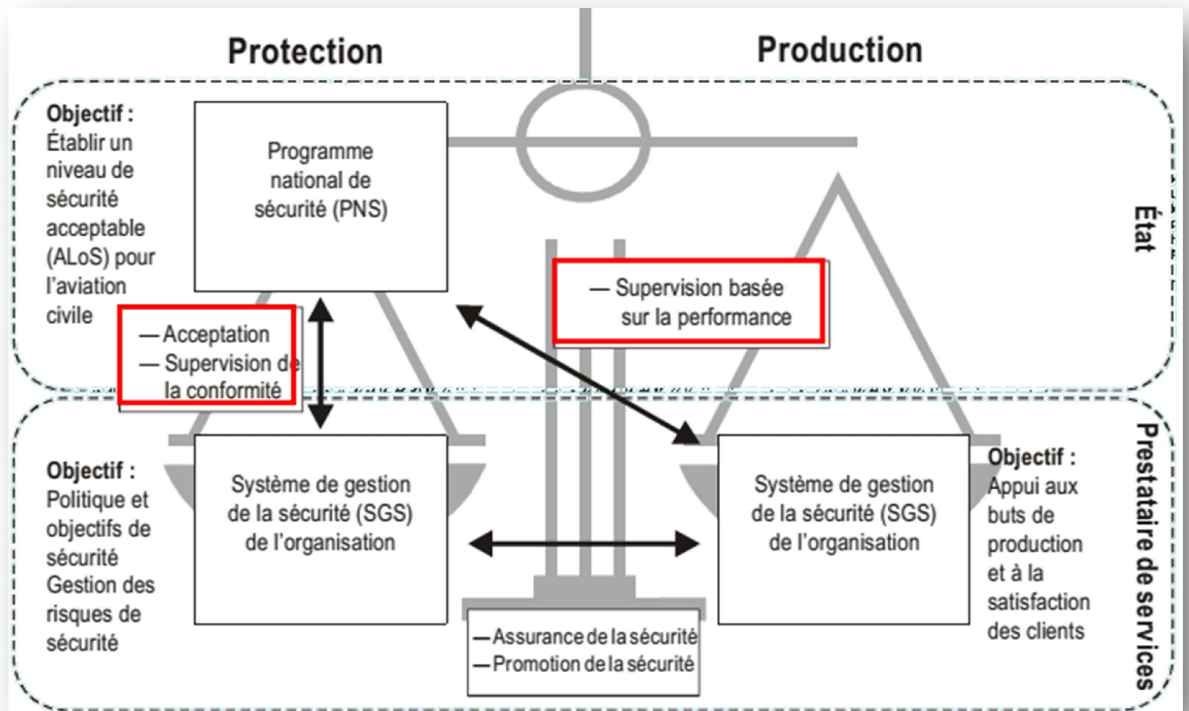


Figure (1.6) : relation entre le PNS et SGS [1]

C'est à dire dans un environnement de sécurité basé sur *la conformité*, les règlements de sécurité sont utilisés comme des contrôles administratifs. Un cadre réglementaire strict s'appuie sur des inspections et des audits, avec un objectif exclusif : le respect des réglementations.

Dans un environnement de sécurité basé sur la performance, ces réglementations sont élaborées pour réagir aux risques de sécurité et les maîtriser, et la supervision de la conformité au cadre réglementaire s'appuie sur l'identification et la hiérarchisation des risques de sécurité basées sur des données, avec deux objectifs : respect des réglementations, mais surtout vérification d'une performance de sécurité efficace.

## **16. Gestion de changement [2]**

L'organisme doit établir et maintenir un processus formel pour identifier les changements au sein de la compagnie et son fonctionnement, qui peuvent influencer sur les processus et les services mis en place, pour décrire les dispositions et assurer la performance de sécurité avant la mise en œuvre des changements, et de modifier les contrôles des risques de sécurité en raison de changements dans l'environnement opérationnel.

Le processus de gestion de changement s'applique à toute modification de procédures, d'équipements, de matériels ou de caractéristiques physiques ou organisationnelles de la compagnie. La gestion de changement au niveau de Tassili repose sur les changements liés à l'exploitation pouvant avoir un impact sur la sécurité et pour lesquelles des mesures appropriées doivent être prises.

La gestion de changement est à gérer suivant les principes de la méthode prédictive et sa mise en place est une obligation résultant de la nécessité de maintenir et améliorer les performances de sécurité de TAL.

Exemples des situations de changement : introduction d'un nouveau type d'appareil dans le domaine d'activité, l'intégration d'un nombre important de nouveaux employés..etc

## CONCLUSION

Dans ce premier chapitre on a résumé quelques principes fondamentaux qui doivent être prise comme des axes primordiaux pour un SGS d'un prestataire de service, on a illustré aussi le rôle considérable de facteur humain dans une défense existante ou recommandée d'un système d'aviation ; la culture de sécurité, ces dimensions et le reflet de la politique et les objectifs de sécurité sont aussi présentés brièvement.

En effet, après avoir cadré le concept de sécurité, nous allons aborder dans le cadre du 2ème chapitre l'essentiel des activités relatives à la sécurité en commençant par le management des risques et son processus général.

---

## CHAPITRE 2

Processus de gestion des risques de  
sécurité et présentation de la méthode  
BowTie

---



### INTRODUCTION

On peut affirmer qu'il n'y a pas d'entreprise ni de développement sans prise de risque. Portant de ce constat, il est clair que le risque pris doit être identifié, analysé, maîtrisé et géré et qui il est alors raisonnable et sensé de le faire dans un cadre méthodologique.

Dans ce chapitre, on essaye de présenter la structure globale au processus de management des risques en s'inspirant essentiellement des normes d'OACI. Ainsi, compte tenu de la complémentarité des différentes méthodes d'analyse de risque réputées, il est nécessaire, avant de porter l'étude sur la méthode de Bowtie, de présenter la particularité de quelques méthodes comparables d'analyse, chacune d'entre elle sera présentée brièvement.

#### 1. GESTION DE RISQUE

La gestion des risques de sécurité englobe l'évaluation des risques de sécurité et leur atténuation, son objectif est d'évaluer les risques associés aux dangers identifiés et de développer et mettre en œuvre des atténuations efficaces et appropriées.

La gestion des risques de sécurité est donc un élément clé du processus de gestion de la Sécurité. [1]

##### 1.1. Principes de sécurité

Tout ce qui contribue à prévenir ou récupérer la perte de contrôle sur la situation( un évènement indésirable) , ou à atténuer les dommages.[2]

<b>Maitrise</b>	<b>Récupération</b>	<b>Mitigation</b>
Qu'est ce qui est censé permettre de garder le contrôle de la situation, de prévenir la perte de contrôle ?	Comment est-il prévu de récupérer la perte de contrôle et d'empêcher son développement vers un accident ?	Comment est-il prévu que les conséquences de l'accident soient atténuées ?

### 1.2. Risques liés à la sécurité

Ils sont définis par la qualification, exprimée en termes de probabilité et de sévérité, des conséquences d'un danger en prenant en compte l'hypothèse la plus défavorable. Généralement, un niveau de risque est défini par une convention alphanumérique permettant de mesurer sa criticité (Manuel SGS Doc 9859 de l'OACI).

### 1.3. Le déploiement de la gestion des risques

Il se fait selon la procédure suivante [3] :

- **1<sup>ère</sup> étape** : l'analyse de système : Établir une compréhension de la conception critique du système et les facteurs de performance, les processus et activités au niveau nécessaire pour identifier les dangers;
- **2<sup>ème</sup> étape** : identification des dangers : identifier et documenter les dangers ou les choses qui pourraient aller mal avec suffisamment de détails pour déterminer le risque associé à la sécurité (dans la description du système)
- **3<sup>ème</sup> étape** : analyse de la probabilité et la gravité de risque : Déterminer et analyser la gravité et la probabilité d'événements potentiels associés aux dangers identifiés;
- **4<sup>ème</sup> étape** : évaluation de risque : Comparer le risque de chaque danger identifié aux objectifs établis de performance de sécurité. L'objectif est de déterminer l'acceptabilité du risque de sécurité ;
- **5<sup>ème</sup> étape** : atténuation ( mitigation) des risques : processus de sélection et de mise en œuvre des mesures (ou actions) visant à modifier le risque et de le ramener à un niveau acceptable.

Ainsi, la description du système est l'étape préalable à toute démarche de gestion des risques. Ce sont les résultats obtenus lors de cette étape qui permettent de déterminer les actions de maîtrise à mettre en œuvre en priorité.

#### 1.4. Objectif d'un processus d'analyse et de gestion du risque opérationnel [2]

Le processus d'analyse et de gestion du risque opérationnel permet de détecter, d'analyser et déterminer les mesures à appliquer pour réduire le niveau de risque :

- lors de la mise en œuvre des appareils ou durant les vols ;
- lors d'opérations de maintenance ou d'instruction à la maintenance ;
- pour toute nouvelle activité, modification dans les procédures ou dans l'organisation du travail.

## 2. COMPOSANTES DU DEUXIEME PILIER SGS [1]

### 2.1. Élément 2.1 du SGS Identification des dangers

Le prestataire de services élabore et tient à jour un processus formel qui assure l'identification des dangers des produits ou services associés à l'aviation.

L'identification des dangers se fonde sur une combinaison de méthodes réactives, proactives et prédictives de collecte de données de sécurité en basant sur une bonne compréhension de description du système.

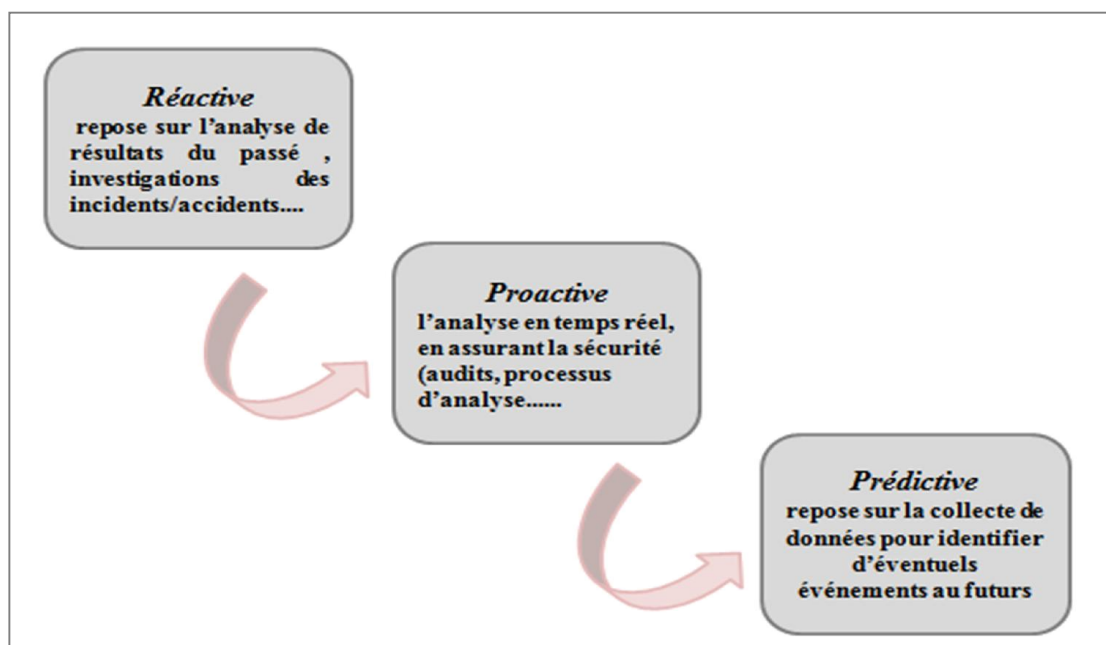


Figure 2.1 : méthodes d'identification des dangers.

### **2.1.1. Les éléments nécessaires à examiner dans un cadre du processus d'identification des dangers d'un SGS [1] :**

- ✓ a) les facteurs de conception, y compris la conception de l'équipement et des tâches ;
- ✓ b) les limites des performances humaines (par exemples limites physiologiques, psychologiques) ;
- ✓ c) les procédures et pratiques d'exploitation, y compris la documentation et les listes de vérification, et leur validation en conditions d'exploitation réelles ;
- ✓ d) les facteurs de la communication ;
- ✓ e) les facteurs organisationnels, tels que ceux qui sont liés au recrutement, à la formation et à la rétention du personnel, l'affectation des ressources, les pressions de l'exploitation, et la culture de sécurité de l'entreprise ;
- ✓ f) les facteurs de milieu de travail ;
- ✓ g) les facteurs de supervision réglementaire, incluant l'applicabilité des règlements et leur force exécutoire, la certification de l'équipement, du personnel et des procédures ;
- ✓ i) les facteurs concernant l'interface humain-machine.....

### **2.2. Élément 2.2 du SGS Évaluation et atténuation des risques de sécurité**

Le prestataire de services élabore et tient à jour un processus qui garantit l'analyse, l'évaluation et la maîtrise des risques de sécurité associés aux dangers identifiés.

L'évaluation des risques de sécurité comprend une analyse des dangers identifiés, qui comprend deux composants :

- a) la gravité du résultat de sécurité ;
- b) la probabilité que ce résultat surviendra.

Ainsi que des contrôles nécessaires des risques de sécurité, qui seront le plus généralement des mesures d'atténuation.

#### **2.2.1. Probabilité des risques de sécurité**

La probabilité (causes) du risque de sécurité est définie comme probabilité ou fréquence d'occurrence d'une conséquence ou d'un résultat en matière de sécurité.

Des questions telles que celles qui suivent pourront aider à déterminer cette probabilité :

- a) Existe-t-il un historique d'occurrences similaires à celle qui est considérée ou s'agit-il d'un cas isolé ?
- b) D'autres équipements ou éléments du même type pourraient-ils présenter des défauts semblables ?
- c) Au sein du personnel, quel est le nombre de personnes qui appliquent les procédures considérées ou qui y sont soumises ?

L'affectation des probabilités des événements de base se fait par extraction des bases de données, essais, retour d'expérience (REX), jugement d'experts, audits...etc. [6]

#### **2.2.2. Gravité d'un risque de sécurité**

La gravité du risque de sécurité est définie comme l'étendue du dommage qui pourrait raisonnablement se produire en conséquence ou comme résultat du danger identifié. L'évaluation de gravité peut être basée sur :

- a) Morts/blessures. Quel pourrait être le nombre de pertes de vies humaines (personnel, passagers, riverains, grand public) ?
- b) Dommages. Quelle serait l'étendue probable des dommages à des avions, à des biens ou à des équipements ?

## Chapitre 2

### Processus de Gestion des risques de sécurité et la présentation de méthode de Bowtie

**Tableau 2.1** : exemple de critères de probabilité et de gravité.

Probabilité d'occurrence			Gravité de conséquence		
niveau	signification	valeur	niveau	signification	Valeur
<b>Fréquent</b>	Susceptible de se produire de nombreuses fois (s'est produit fréquemment)	<b>5</b>	<b>Catastrophique</b>	Exemple : Équipement détruit ; Morts multiples	<b>A</b>
<b>Occasionnel (probable)</b>	Susceptible de se produire parfois (ne s'est pas produit fréquemment)	<b>4</b>	<b>Dangereux</b>	Domage majeur à l'équipement .....etc	<b>B</b>
<b>Éloigné</b>	Peu susceptible de se produire, mais possible (s'est produit rarement)	<b>3</b>	<b>Majeur</b>	Incident grave .....etc	<b>C</b>
<b>Improbable</b>	Très peu susceptible de se produire (on n'a pas connaissance que cela se soit produit)	<b>2</b>	<b>Mineur</b>	Nuisance ; Limites de fonctionnement	<b>D</b>
<b>Extrêmement improbable</b>	Il est presque inconcevable que l'évènement se produise	<b>1</b>	<b>Négligeable</b>	Peu de conséquences	<b>E</b>

### 2.2.3. Criticité du risque

Il faut maintenant attribuer un niveau de risque (criticité) à l'évènement redouté. Pour mémoire, le niveau de risque est le produit de la gravité potentielle de l'évènement par sa probabilité d'occurrence.

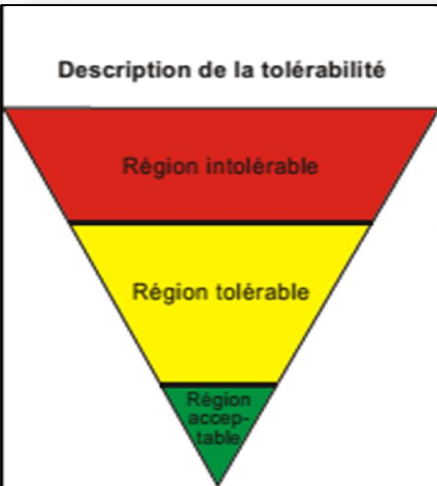
Il est fortement conseillé d'utiliser une matrice (*Figure 2.2*) de risque pour déterminer les niveaux de risque.

Probabilité du risque	Gravité du risque				
	Catastrophique A	Dangereux B	Majeur C	Mineur D	Négligeable E
Fréquent 5	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	5D	5E
Occasionnel 4	<b>4A</b>	<b>4B</b>	4C	4D	4E
Éloigné 3	<b>3A</b>	3B	3C	3D	<b>3E</b>
Improbable 2	2A	2B	2C	<b>2D</b>	<b>2E</b>
Extrêmement improbable 1	1A	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>1E</b>

*Figure 2.2 : exemple de matrice d'évaluation d'un risque de sécurité [1]*

#### 2.2.4. Tolérabilité des risques de sécurité

L'indice obtenu à partir de la matrice d'évaluation des risques de sécurité doit ensuite être exporté vers une matrice de tolérabilité des risques de sécurité qui décrit les critères de tolérabilité pour l'organisation considérée afin de prendre des mesures nécessaires pour réduire le niveau de risque à un niveau ALARP ou bien annuler l'opération.

Description de la tolérabilité	Indice de risque évalué	Critères suggérés
 Région intolérable	<b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b>	Inacceptable dans les circonstances existantes
Région tolérable	<b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A</b>	Acceptable sur la base d'une atténuation de risque. Peut exiger une décision de la direction.
Région acceptable	<b>3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E</b>	Acceptable

*Figure 2.3 : Matrice de tolérabilité des risques de sécurité [1]*

### 3. DEMARCHE D'IDENTIFICATION DES DANGERS ET DE GESTION DES RISQUES DANS LA COMPAGNIE DE TASSILI

Une description globale du système et son environnement aide à mener cette démarche d'identification de dangers et de gestion des risques, en répondant aux questions relatives à l'activité de la compagnie : [2, 5]

#### 3.1. Identification de danger (Que pourrait-il arriver dans l'activité de la compagnie ?)

##### 3.1.1. Classification de danger

Il y a plusieurs sortes de dangers, on peut citer les dangers :

- Naturels : phénomènes volcanique par exemple
- Environnementaux : tempêtes de neige, cyclones....
- Technologiques : liés à la conception des appareils, leur maintenance.....
- Organisationnels : liés à la compagnie elle-même et son fonctionnement
- Réglementaires : par exemple l'organisation a du mal à se conformer aux exigences
- Humains : liés à la formation, la compétence, culture de métier .....



#### **3.1.2. Sources d'identification des dangers**

Tassili Airlines utilise deux types de sources d'identification des événements indésirables. En combinant les méthodes prédictives, réactives et proactives.

##### **3.1.2.1. Source interne**

On peut citer quelques exemples de cette source : les comptes rendus obligatoires et volontaires de la compagnie, programme d'analyse de vol, les systèmes REX de fatigue et de formation .....etc

##### **3.1.2.2. Source externe**

En prenant comme exemples : les rapports, publication d'EASA, OACI, Bureaux d'enquêtes, les échanges avec d'autres compagnies et autorités, les audits externes, conférences.....etc

En matière de remontées spontanées d'information, le rôle des managers est primordial. Ils doivent être personnellement impliqués dans l'établissement d'un climat de confiance et de promotion du Retour d'Expérience. Les instructeurs, les managers sont les « communicants » du système de gestion de la sécurité.

#### **3.2. Analyse la probabilité et la sévérité du risque**

Attribuer un niveau de risque (criticité) à l'évènement redouté par l'utilisation de matrice de risque et sa classification. Pour mémoire, le niveau de risque est le produit de la gravité potentielle de l'évènement par sa probabilité d'occurrence.

#### **3.3. Identification des causes (comment cela pourrait-il se produire ?)**

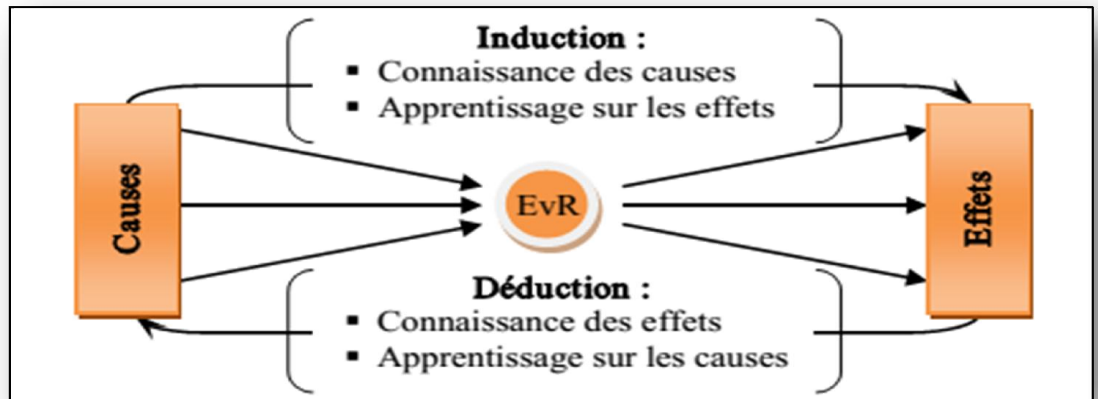
##### **3.3.1. L'objectif d'analyse**

L'analyse constitue le cœur d'une enquête, elle devrait permettre la reconstitution des circonstances d'un événement de sécurité et d'en déterminer les causes et les facteurs contributifs pour décider de mesures d'atténuation du risque.

Ce qui implique de ne pas simplement s'arrêter à l'analyse à l'instant T mais d'entrer dans une analyse liée à la chaîne de responsabilité dans cet incident/accident.

### 3.3.2. Approche causale

L'approche causale est une manière de dire que rien n'est l'œuvre du hasard, et que derrière tout effet y a au moins une cause possible. En effet, il existe deux sens d'investigation des relations de « cause à effet » : l'approche inductive et l'approche déductive. [6]



*Figure 2.4 : Raisonnement causal : Induction et Déduction. [6]*

Dans le cas où ces informations portent essentiellement sur les conséquences, on peut donc procéder par déduction afin d'identifier les causes possibles. Les mécanismes de Retour d'Expérience sont largement utilisés dans cette démarche qui semble en parfaite harmonie avec l'exercice de reconstitution des accidents.

La démarche inverse nécessite une bonne connaissance des causes de l'accident. Logiquement, on se situe en amont de l'accident et on tente de dégager les conséquences possibles relatives à une cause donnée. Cette démarche consiste donc à extraire les différents scénarios d'accident potentiels.

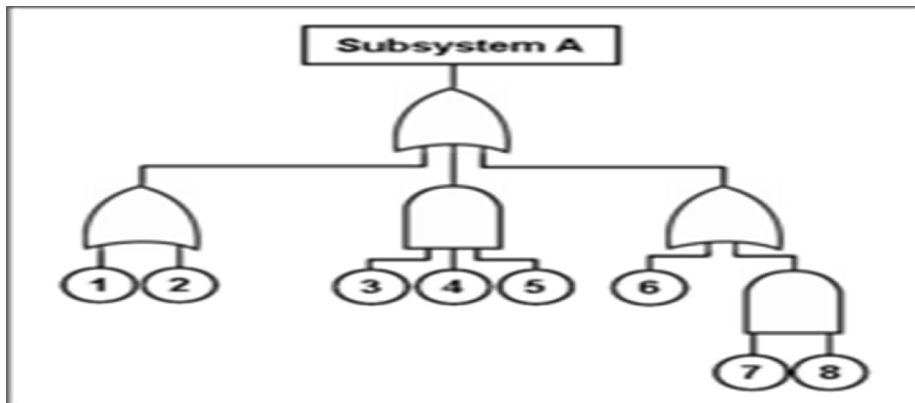
### 3.4. Méthodes d'évaluation des risques

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation des risques (AMDEC, méthodes des 5 pourquoi, méthodes de l'arbre des causes, Bow Tie .....etc.

L'OACI propose dans son manuel SGS document 9859, d'utiliser la méthode dite du « nœud papillon » (Bow Tie). [2]

#### 3.4.1. Analyse par Arbre de Défaillances (causes ou fautes) [6, web3]

La méthode consiste en une représentation graphique des multiples causes d'un événement redouté. Elle permet de visualiser les relations entre les défaillances d'équipement, les erreurs humaines et les facteurs environnementaux qui peuvent conduire à des accidents. On peut donc éventuellement y inclure des facteurs reliés aux aspects organisationnels.



*Figure 2.5 : Exemple de la démarche arbre de défaillances [web3]*

##### 3.4.1.1. Limites et avantages

- Faciliter la détermination des causes immédiates ;
- Objective (basée sur des faits);
- Lisibilité ainsi que la compréhension du modèle deviennent alors plus difficiles ;
- La priorité est basée aux critères de prévention c'est-à-dire l'absence d'exhaustivité (Effet, cause, mode) ;
- Combinaison entre les défaillances d'un seul système et non pas système complexe.

#### 3.4.2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets - AMDE /et de leur Criticité – AMDEC [6, web3]

Elle a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique. L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels.

## Chapitre 2

### Processus de Gestion des risques de sécurité et la présentation de méthode de Bowtie

Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système. Elle contient 3 (4) parties primaires :

- Identification des modes de défaillance (remarques) ;
- Identification des causes potentielles de chaque mode ;
- Estimation des effets engendrés ;
- S'il s'agit d'une AMDEC : Evaluation de la criticité de ces effets.

Est un outil d'aide à la recherche de problèmes potentiels sur une action future, une méthode de travail et non pas un formulaire à remplir.

**Tableau2.2 : Exemple de méthode AMDEC [web3]**

<b>AMDEC- Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticités</b>						Service X	
Système:			Phase de fonctionnement :				
			Secteur:				
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité	

#### 3.4.2.1. Avantages de la démarche

- Exhaustive ;
- Objective (basée sur des faits);
- Anticipative ( la prévention );
- D'aide à la conception (risques détectés);

**3.4.2.2. Limites de la démarche**

- Lourdeur de gestion pour des systèmes complexes:
  - ✓ Beaucoup de composants ;
  - ✓ Multiples fonctions ;
  - ✓ Différentes conditions d'utilisation et d'entretien,
  - ✓ Plusieurs modes opérationnels.
- Volume d'informations très important et souvent non homogène:
  - ✓ Risque de perte d'information par synthèse.
- L'AMDEC ne met pas en évidence les combinaisons éventuelles entre défaillances:
  - ✓ Risque de la défaillance globale du système.

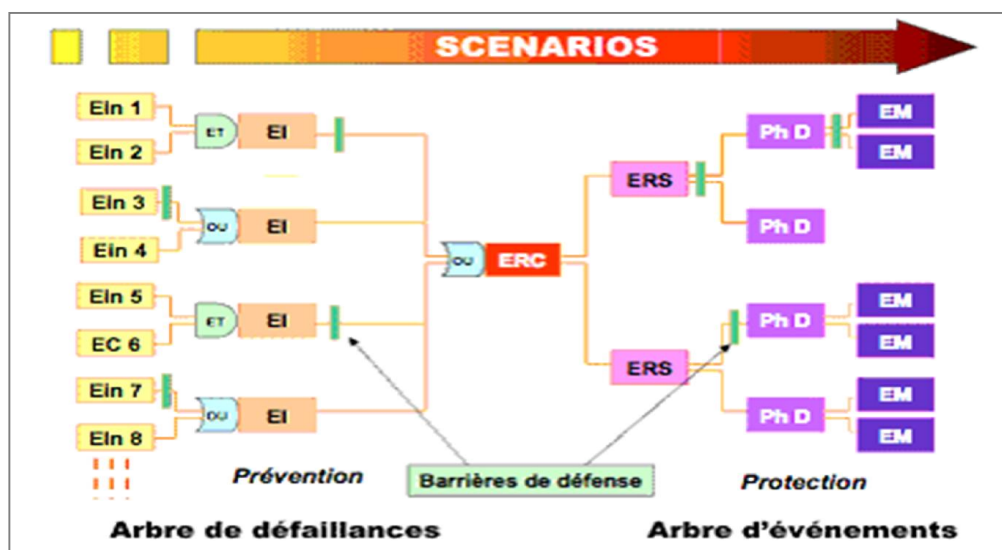
**3.4.3. Nœud papillon (Bowtie Model) [2, web 1, 5]**

L'analyse du risque chez TAL s'appuie sur la méthode du BowTie.

**3.4.3.1. Origine de Bowtie**

Elle est apparait dans les années 1990, et développée par l'industrie du gaz et pétrole puis elle était reconnu par nombreux secteurs incluant l'aviation.

Le nœud papillon est une connexion d'un Arbre de Défaillances et d'un Arbre d'Evènements, généralement établie lorsqu'il s'agit d'étudier des évènements hautement critiques.



*Figure 2.6 : Composition de nœud papillon [Web3]*

Chaque scénario d'accident est relatif à un événement redouté central et est représenté à travers un chemin possible allant des événements indésirables ou courants jusqu'à l'apparition des effets majeurs.

#### 3.4.3.2. Les éléments de Bowtie

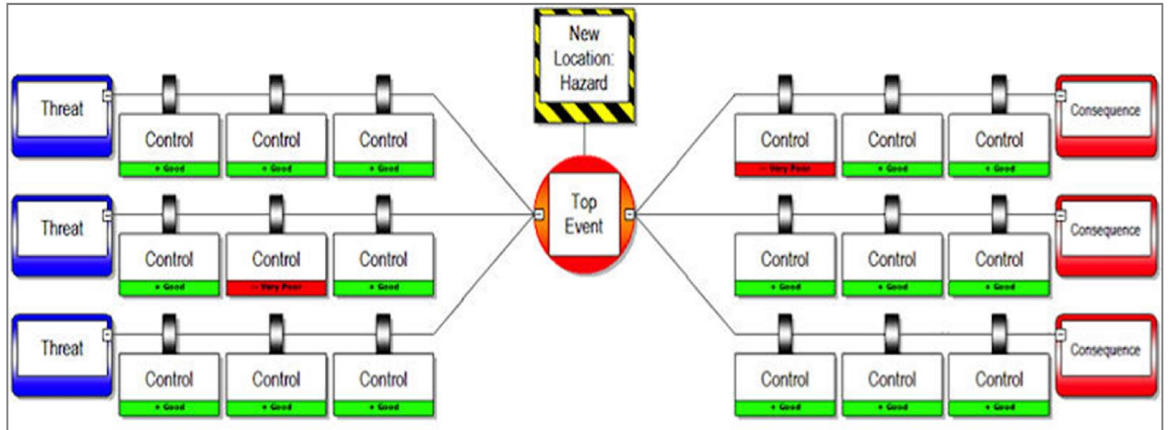
Le modèle nœud papillon se compose de différents éléments qui construisent l'image des risques, on peut les citer comme suit :

- Le point central du nœud papillon est appelé « Événement Indésirable ».
- La partie gauche du nœud papillon s'apparente à un arbre des défaillances s'attachant à identifier les causes de l'événement redouté central.
- La partie droite du nœud Papillon s'attache à déterminer les conséquences de l'événement redouté central comme le ferait un arbre d'évènements.
- Les contrôles peuvent être remplis de chaque côté du modèle démontrant:

côté gauche du modèle	côté droit du modèle
Les mesures préventives qui éliminent la menace et réduisent la probabilité d'occurrence.	Les mesures qui réduisent et atténuent (mitigate) la gravité de la conséquence.

- les facteurs d'indexation de contrôle (escalation factors : le raisonnement pour expliquer pourquoi un contrôle ne peut pas être vaincu ou moins efficace, afin d'atteindre l'efficacité du contrôle pour évaluer la criticité et l'image du risque dans le cadre d'un SGS.

Cette démarche est résumée dans la figure suivante.



*Figure 2.7 : Modèle de nœud papillon [web1]*

#### 3.4.3.3. Bénéfices de la démarche Bowtie

- ✓ visualisation concrète des scénarios ;
- ✓ Le schéma est lisible, à tous les niveaux de l'organisation afin de stimuler la communication entre les parties prenantes ;
- ✓ Mettre un lien direct entre le contrôle et les éléments de système de gestion de sécurité ;
- ✓ Image globale de plusieurs défaillances du système ;
- ✓ Illustrer des mesures correctives et préventives ;
- ✓ Anticipative (c'est de la prévention par excellence), Exhaustive, Objective et d'aide à la conception (risques détectés).

#### 3.4.3.4. Limites du modèle Bowtie

- ✓ La validité des résultats obtenus est conditionnée très largement par les conditions de recueil et le choix des informations nécessaires ;
- ✓ Elle reste une méthode semi-quantitative elle permet d'estimer la probabilité finale de l'accident et non pas la quantification des événements initiateurs ;
- ✓ Elles reposent exclusivement sur les compétences, l'intuition et la disponibilité des acteurs impliqués et nécessitent également une certaine objectivité de leur part.

### 3.5. Comparaison et critères de choix de méthodes étudiées

Chaque méthode présentée ci-dessus est caractérisée avec des inconvénients et des avantages qui lui semblent propres, et non destinée à remplacer une méthode particulière. Chacune aborde le problème du risque sous des angles différents. Mais en général l'analyse avec les outils d'AMDEC et l'arbre de défaillances reste très lourde pour la gestion des systèmes complexes.

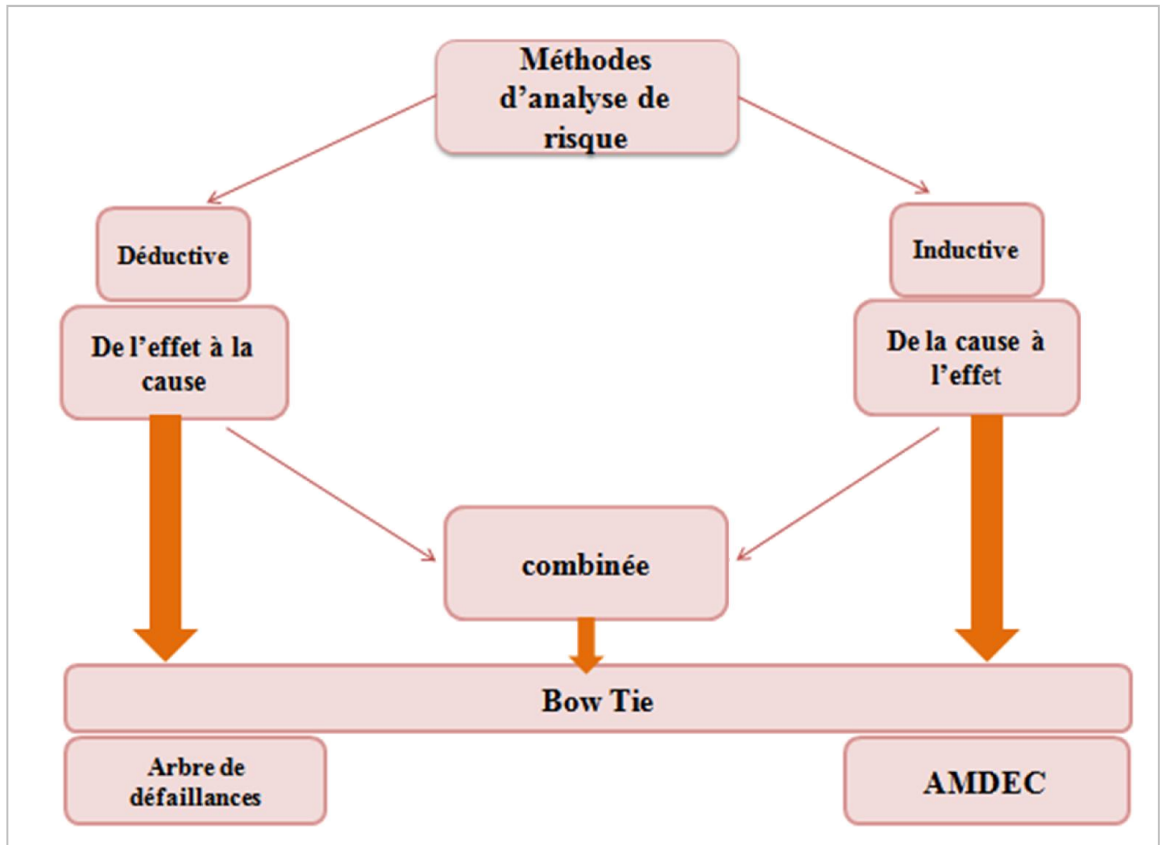
En effet, dans le secteur aéronautique, les risques sont très rarement liés à une seule défaillance dans un système précis ; ils se résultent généralement de plusieurs défaillances techniques ou organisationnelles qui se manifestent simultanément et ça l'objectif principal de l'utilisation de la méthodologie de BowTie.

Par conséquent, l'application des méthodes d'analyse de risque qualitatives (reposent sur l'accueil des données) fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction (Monteau & Favaro, 1990). [6] et ça ce qui est approuvé par la méthode de nœud papillon au secteur aéronautique à condition qu'elle va être compléter par des méthodes quantitatives parce que on ne peut pas gérer ce qui n'est pas mesuré.

Un point très important mérite d'être clarifié, c'est que les résultats de l'analyse quantitative ne sont pas des mesures absolues, mais plutôt des moyens indispensables d'aide au choix des actions pour la maîtrise des risques.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. Ainsi, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats.





*Figure 2.8 : Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives.*

### 3.6. Mise en œuvre des stratégies de réduction des risques

Il existe deux stratégies qui se basent sur des défenses en profondeur :

- la prévention, en agissant sur la réduction de fréquence d'occurrence d'un incident/accident (probabilité),
- la protection, en supprimant, réduisant la gravité des conséquences d'un incident/accident si celui-ci venait à se produire.

Et qui doivent être adaptées à la menace, maintenues à jour et flexibles. Toutes les solutions sont possibles mais toutes ont un coût. Il est impératif de mener une étude de coûts avant de lancer toute mise en œuvre.

En effet, le coût de mise en œuvre des mesures de protection ne doit pas être supérieur au coût des conséquences d'un risque sous peine de mettre en danger la survie de l'organisation.

#### **3.7. Niveau de risque résultant et démonstration d'ALARP**

Bow-tie est un outil approprié pour une démonstration semi-qualitative que le risque est géré à un niveau qui est aussi bas que raisonnablement possible (ALARP).

En effet, il est préférable d'utiliser l'expérience cumulée de l'équipe (discussion en Brainstormings) pour examiner l'exhaustivité de l'évaluation dans son ensemble et confirmer le nombre, la pertinence, la qualité et l'efficacité des contrôles et soutenir les tâches critiques. La question importante doit toujours être demandé "est-il quelque chose de plus que nous pouvons raisonnablement faire? "

#### **3.8. Transfert de risque et partage d'expérience**

La gestion du risque vise à préserver la capacité de l'entreprise/organisme à poursuivre sa mission et à prospérer, ainsi qu'à maintenir sa vitalité et sa responsabilité sociale envers la collectivité toute entière.

Hormis la réduction des risques, la maîtrise des risques contient les actions de transfert de risque vers un autre prestataire de services aéronautique et précisément d'autres compagnies, et ça l'objectif du chapitre suivant.

La figure suivante illustre le processus de gestion de sécurité de source OACI :

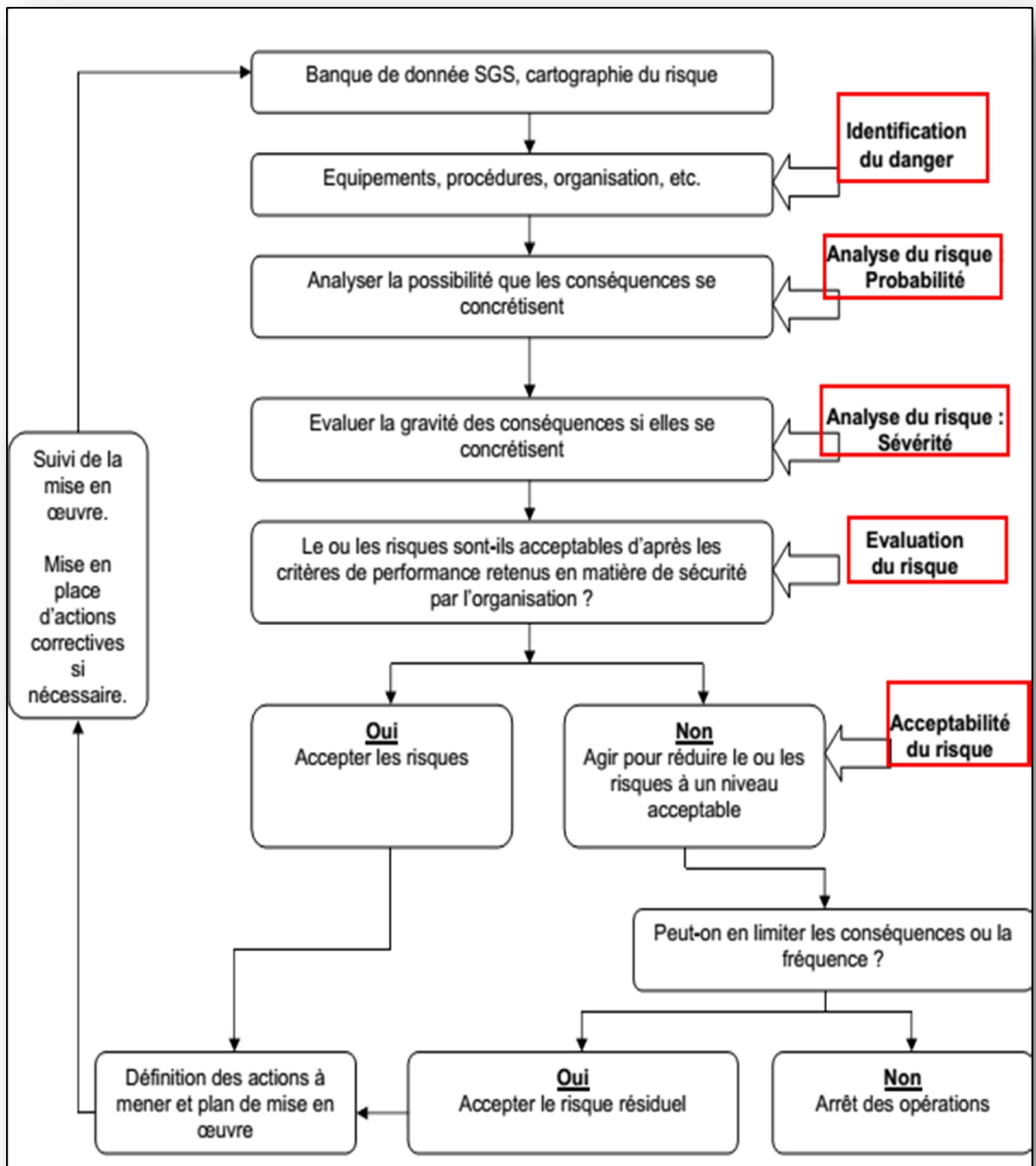


Figure 2.9 : Processus de gestion de sécurité. [5]

### **CONCLUSION**

Dans le cadre du présent chapitre, nous avons commencé par les fondements de l'identification des dangers et la gestion des risques. Par conséquent, nous avons passé en revue à l'application de ce processus dans la compagnie aérienne TASSILI. En vue de bien assimiler le chapitre suivant, qui sera consacré aux activités d'assurance et de promotion de sécurité.

Ensuite, nous avons présenté rapidement les principales méthodes d'analyse de risque sachant qu'il existe d'autres méthodes utilisées. Après avoir essayé de déceler les points forts et points faibles de ces méthodes d'analyse de risque, nous avons trouvé intéressant de pouvoir les comparer les unes aux autres, et proposer ensuite des critères de choix de la méthode la plus convenable à une étude donnée.

---

## CHAPITRE 3

# Assurance et Promotion de sécurité

---

## INTRODUCTION

Chaque partie responsable doit s'assurer la bonne gestion de tous les risques ayant un lien avec le système global et qui ne sont pas sous son contrôle direct. Le cas échéant, elle doit prévoir des canaux de communication et de surveillance de ces risques, tout en les intégrant dans son SMS, ce qui permet, entre autres, de s'assurer que les risques jugés résiduels par d'autres parties sont effectivement acceptables en interne.

Dans ce chapitre, on va présenter d'une manière générale les deux derniers piliers du SGS et leur réflexion pour le maintien de gestion de sécurité.

### 1. ASSURANCE DE SÉCURITÉ

#### 1.1. Définition et Objectif

L'assurance sécurité, troisième pilier du système de gestion de la sécurité, fait intervenir la sécurité, la qualité et la gestion intégrée. Les contrôles des risques élaborés au niveau du pilier gestion des risques de sécurité deviennent maintenant des exigences du système organisationnel.

Il s'agit de prendre ces exigences et d'appliquer des techniques de gestion de la qualité au processus par lequel on s'assurera que ces contrôles sont correctement mis en œuvre et produisent les résultats souhaités.[1]

Ce processus comprend les éléments suivant :

- Surveillance et mesure de la performance de sécurité ;
- La gestion du changement ;
- Amélioration continue du SGS.

#### 1.2. Acquisition de données / de l'information

Collecter, surveiller et gérer les données opérationnelles pour évaluer les performances de SMS, identifier les dangers et établir les mesures nécessaires. L'alignement des exigences des systèmes de comptes rendus, des outils et méthodes

d'analyses peut faciliter l'échange de l'information de sécurité ainsi que des comparaisons de certains indicateurs de sécurité.[1,2]

On résume que ce processus se reflète par une Philosophie et politiques en matière de sécurité édifiées par les décideurs en termes de leadership et de direction, de planification, de contrôle .....etc qui concernent l'organisme tout entier.

#### **1.3. Intégration des processus de gestion de risque et assurance de sécurité**

La figure qui se suit illustre ce principe d'intégration dans un SGS. Le processus de gestion de risque fournit une identification initiale des dangers et l'évaluation de risque des risques opérationnels. Des contrôles organisationnels des risques sont développés, une fois sont déterminés pour maintenir le risque à un niveau acceptable, ils sont désormais employés opérationnellement.

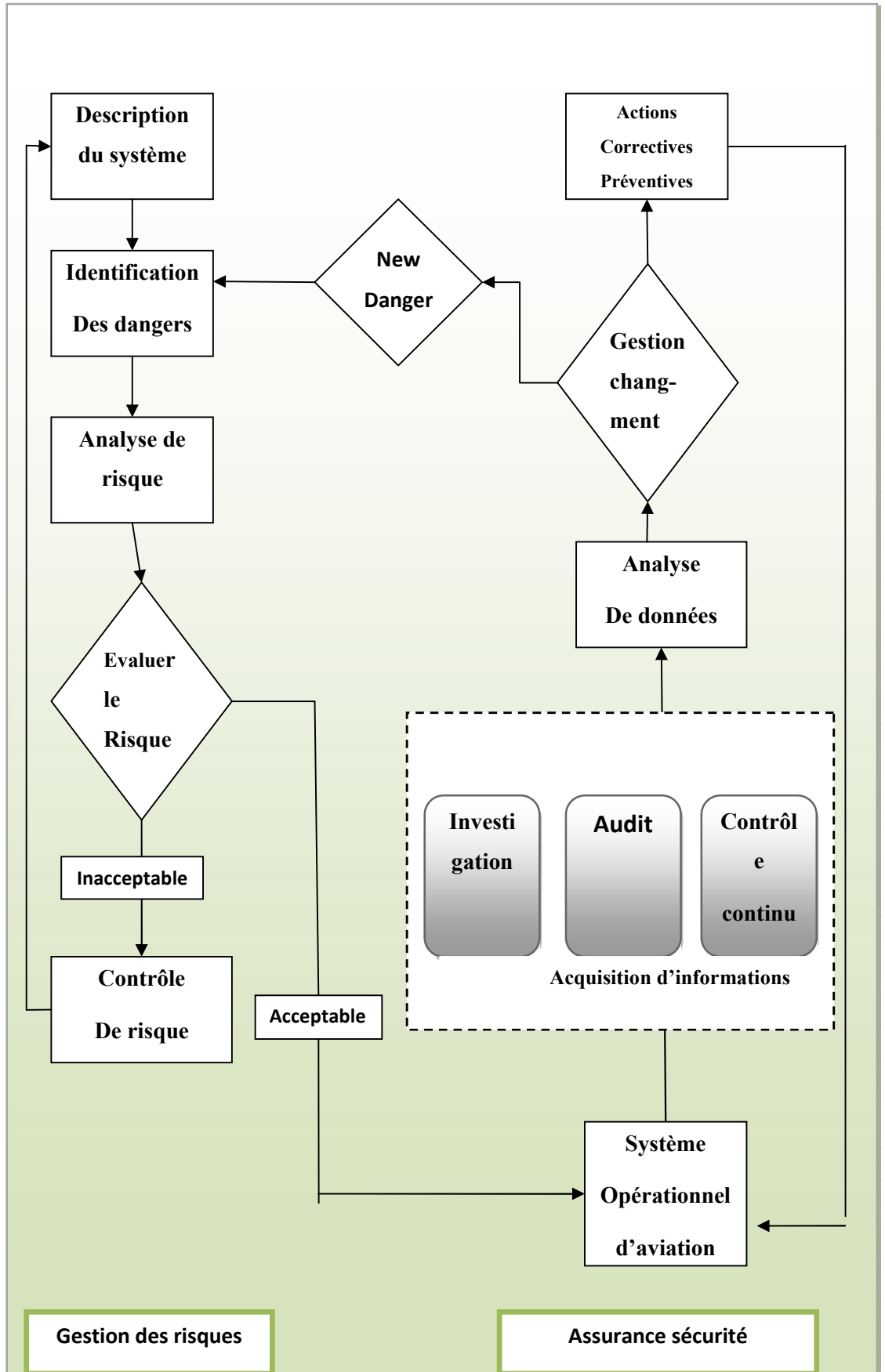


Figure3.1 : processus assurance et gestion de sécurité [4]



Alors les actions d'assurance de sécurité doivent être prises pour assurer que le contrôle de risque est praticable et il va se continuer pour achever les objectifs projetés.

## **2. PROMOTION DE SÉCURITÉ**

Le dernier pilier, est le fondement d'une saine culture de la sécurité, dont l'importance pour le processus de gestion de la sécurité a été reconnue. Les connaissances des employés, leur engagement et leur motivation sont des facteurs décisifs pour le succès de la gestion de la sécurité.

### **2.1. Vue globale**

La promotion de la sécurité insiste sur :

- la formation et la sensibilisation ;
- la communication relative à la sécurité ;
- et la participation active.

En effet, des actions prises pour créer un environnement organisationnel où les objectifs de sécurité peuvent être atteints.

Elle jette aussi les bases de l'appui à une « culture juste », où les employés sont encouragés à rendre compte des déficiences en matière de sécurité, en ayant confiance que leur direction sera équitable et réagira bien à leurs apports, sans qu'ils aient à redouter des sanctions.

Des procédures opérationnelles bien conçues, dans une perspective harmonisation, puis pleinement inscrites dans les comportements des employés par un solide programme de formation.

### **2.2. Communication et partage d'information relative à la sécurité**

#### **2.2.1. Collaboration spéciale**

Il est important de joindre une stratégie de communication globale entre les prestataires de services de même nature ou bien de nature différente, qui peut aider à

comprendre comment les responsabilités sont liées à celles de tous les collègues d'autres directions.

Il est essentiel d'avoir une vue d'ensemble au moment où s'apprêter à entrer dans un monde intégré de la gestion de la sécurité.

#### **2.2.2. Synergie entre les prestataires de services**

L'expérience acquise par les opérateurs suite à la mise en place de leurs SGS et par l'Autorité dans le cadre de son PSE doit permettre de consolider les échanges sur les points de sécurité à améliorer avec les entités concernées.

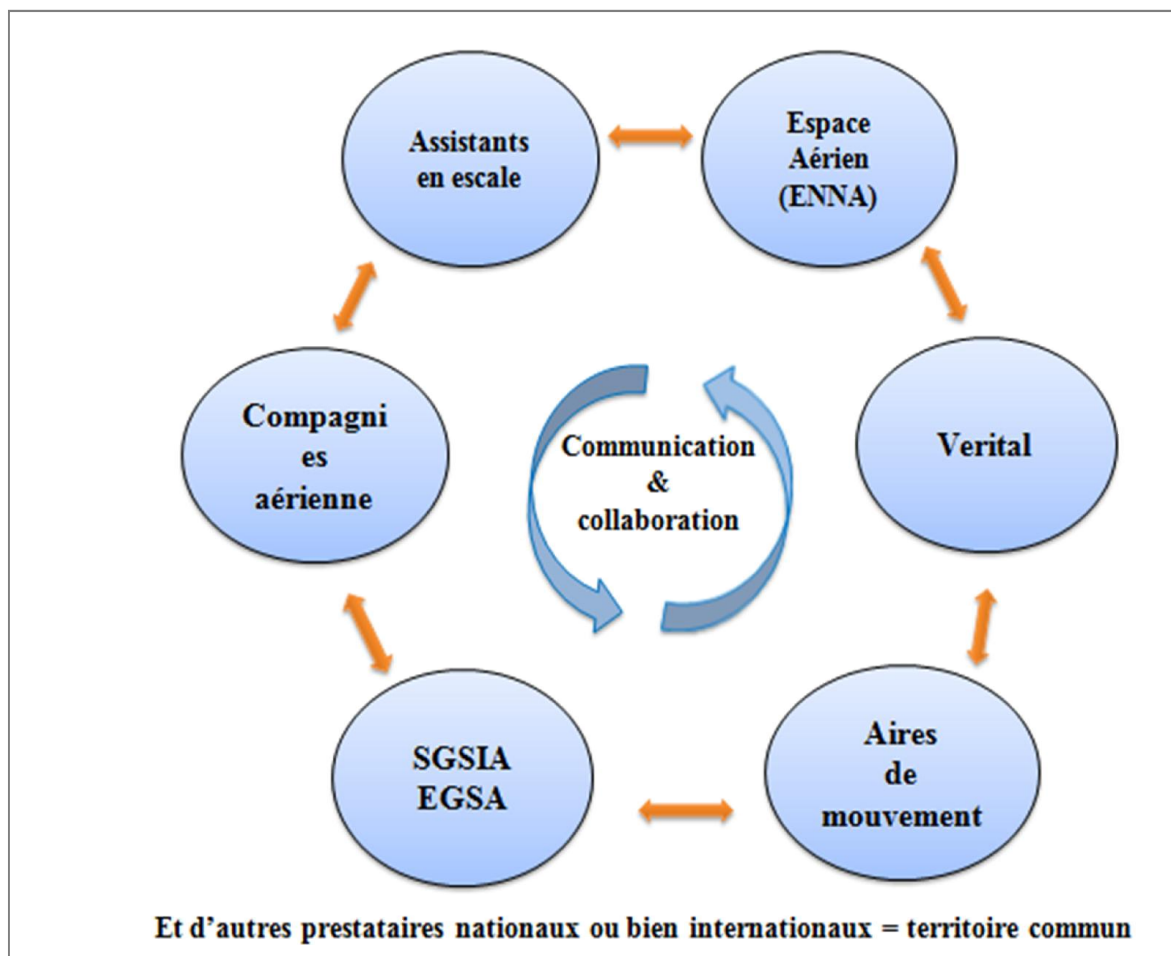
Un dialogue ouvert entre l'Autorité et ces entités, aussi indépendant que possible des actions de surveillance, sera recherché.

Ce dialogue doit concerner la connaissance et l'analyse des incidents, l'évaluation des risques, la mise en œuvre des actions de réduction des risques, l'évaluation de l'efficacité de celles-ci et l'évolution des priorités à accorder aux différents domaines de risques.[9]

Ces échanges doivent permettre de mieux calibrer les mesures d'amélioration de la sécurité et de favoriser l'identification des nouveaux axes de travail. Ils comprendront également des discussions sur la pertinence des textes réglementaires.

Le cas échéant, les opérateurs ne doivent pas hésiter à dialoguer avec l'Autorité et à proposer des modifications des textes réglementaires par exemple plutôt que rechercher des moyens de contournement.

La (figure 3.2) présente un exemple de cette stratégie, et ne s'arrête pas entre les opérateurs Algérien.



*Figure 3.2 : Échanges de données de sécurité entre les opérateurs.*

En effet, le rôle principal d'un prestataire de service de travailler, veiller et implémenter son SGS conformément aux SARP et les pratiques recommandées d'OACI, d'être au courant pour l'évaluer afin de faire s'offrir la nécessité de partager des informations ou demander la participation.

### 3. RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS MAJEURS D'UN SGS

Il est donc plus juste de considérer la gestion de la sécurité comme un effort conjoint de l'Administration et de l'industrie. Une approche structurée de la gestion, où des objectifs et des exigences clairs sont établis et où des processus de gestion sont mis en place pour les atteindre, une assurance sécurité est inclut au milieu pour les relier.

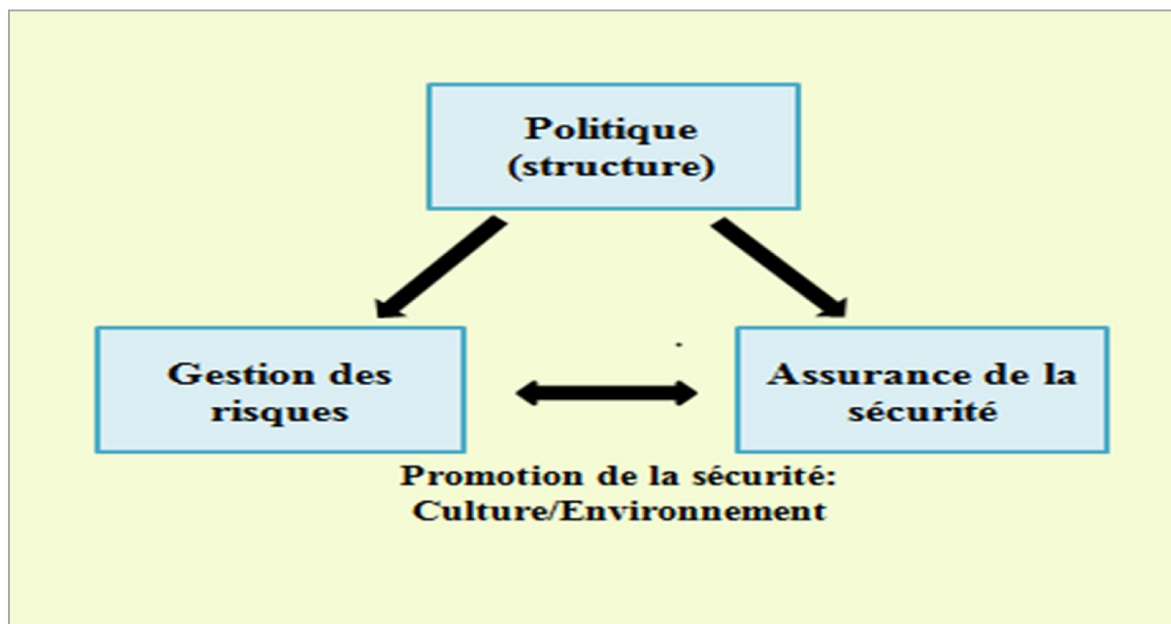
## Chapitre 3

### Assurance et Promotion de sécurité

Il y a, à la base de tous ces éléments, un cadre de facteurs humains. Ce cadre reconnaît que la plupart des incidents et des accidents comportent une forme d'erreur humaine, et il met l'accent sur les causes sous-jacentes, comme les conditions de travail organisationnelles ou locales ou un environnement changeant, qui peuvent receler des dangers potentiels ou des lacunes au sein des systèmes.

Comme avec tout système de gestion, les personnes qui le mettent en application doivent avoir les connaissances et les compétences nécessaires pour le faire, il faut constamment sensibiliser et former le personnel.

Pour avoir l'effet souhaité sur les résultats en matière de sécurité, il faut diffuser la sécurité dans les systèmes de gestion des exploitants aériens et des autres fournisseurs de services.



*Figure3.3 : Relation entre les éléments d'un SGS*

## CONCLUSION

Dans ce chapitre on a tenté de résumer les piliers d'assurance et promotion de sécurité en appuyant sur des points cruciaux utilisés par les exploitants dans l'élaboration d'un cadre de management pour la gestion des risques liés à la sécurité, promotion et assurance sécurité afin d'avoir un bon fonctionnement d'SGS et de calibrer les mesures d'amélioration de la sécurité .

---

# CHAPITRE 4

Etude du cas concret et  
l'application de BowTie

---

## INTRODUCTION

Le dernier chapitre est consacré pour analyser le crash d'avion MD83 affrété par Air Algérie et exploité par la compagnie espagnole Swift Air, lié à un problème de givre sur des capteurs de pression, en commençant dans la première partie de présenter les résultats issus du rapport BEA, et dans la deuxième on utilise la méthode étudiée pour détecter tous les facteurs contributifs afin de déterminer les barrières de sécurité appropriées pour réduire le niveau du risque ; dans le but d'améliorer la sécurité du transport aérien.

### 1. SYNOPSIS

- Évènement :** perte de poussée à haute altitude dû à l'accrétion de cristaux de glace  
**Aéronef :** Avion MD-83 immatriculé EC-LTV  
**Constructeur :** McDonnell Douglas (Boeing)  
**Date/heure :** 24 juillet 2014 à 1 h 47  
**Exploitant :** Swift Air  
**Affréteur :** Air Algérie (Vol AH5017)  
**Nature de vol :** Transport public de passagers  
Ouagadougou (Burkina Faso) - Alger (Algérie)  
**Personnes à bord :** Commandant de bord ; copilote ; 4 PNC ; 110 passagers  
**Lieu :** Mali  
**Conséquences et dommages :** 116 personnes décédées, aéronef détruit.

Le 24 juillet 2014, le vol AH5017 a décollé de l'aéroport international Ouagadougou (OUA/DFFD) vers 1 h 15 UTC à destination de l'aéroport international d'Alger (ALG/DAAG), en conditions météorologiques difficile une formation de nuages de type cumulonimbus avec de fortes précipitations. L'aéronef se trouvait en conditions de navigabilité et ne présentait aucun type de défaillance mécanique. Une fois le niveau de vol 310 atteint, la vitesse de l'aéronef a commencé à diminuer de façon continue jusqu'à atteindre la valeur minimale de portance ; ensuite l'aéronef est entré dans une phase de décrochage (STALL) et a continué à perdre de l'altitude jusqu'à son impact avec le sol, dans une zone topographique définie comme plane, à une altitude moyenne de 270 mètres, se trouve à environ 80 km au sud-est de la ville de Gossi, Mali.

## A. LA PREMIERE PARTIE

### 1. Analyse de l'accident à partir des paramètres de FDR et de l'enquête [19]

#### 1.1. Tues et blesses

Tableau 4.1 : tues et blessés [19].

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères /Aucune
<b>Membres d'équipage</b>	<b>6</b>	-	-
<b>Passagers</b>	<b>110</b>	-	-
<b>Autres personnes</b>	-	-	-

#### 1.2. Dommage à l'aéronef

L'avion était totalement détruit plus de renseignements sur l'épave et sur l'impact se trouve au rapport BEA).

#### 1.3. Aides à la navigation

Aucun problème n'a été rapporté concernant les moyens de radionavigation au sol associés aux procédures de départ.

#### 1.4. Télécommunications

Le vol AH5017 a été successivement en contact radio avec la tour et l'approche de Ouagadougou (118.1 Mhz), puis le Centre de Contrôle en Route (CCR) de Ouagadougou sur la fréquence (120.3 Mhz) et le CCR de Niamey sur (131.3 Mhz).

La fréquence VHF 126.1 MHz entre GAO et MOKAT était hors service à la suite de la destruction d'un relais radio au Mali.



#### **1.5. Renseignements sur l'aérodrome**

##### **1.5.1. Caractéristiques de l'aérodrome de Ouagadougou**

L'aérodrome de Ouagadougou dispose de deux pistes parallèles :

Une piste principale 04L/22R, d'une longueur de 3 000 mètres et une piste secondaire d'une longueur de 1 900 mètres.

➤ Le jour de l'accident, la piste 22R était en service.

#### **1.6. Renseignements sur l'équipage de conduite**

Le rapport indique que les deux pilotes possédaient les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

#### **1.7. Entraînement de l'équipage**

L'entraînement aux positions inusuelles, à l'approche du décrochage et à sa récupération était prévu lors de la session de simulation de novembre 2014 (après l'accident). Ainsi, le CDB et la copilote n'ont pas reçu d'entraînement ni de contrôle sur ces items depuis leur entrée dans la compagnie.

#### **1.8. Renseignements médicaux et pathologiques**

Compte tenu de la violence de l'impact, il n'a pas été possible d'effectuer d'analyse toxicologique sur les membres d'équipage.

#### **1.9. Fatigue**

Il a été noté sur la un dépassement du cumul maximum des temps de service et atteint 77 h le 16 juillet (maximum autorisé de 60 heures) et suivi par 5 jours de repos.

En plus les premières heures matinales entre 02 h 00 et 05 h 00 ne sont généralement considérées comme une période au cours de laquelle les capacités physiologiques sont amoindries. L'accident est survenu à 02 h 47 heure d'Alger, heure à laquelle l'équipage était acclimaté.

Cependant, en l'absence d'informations détaillées sur les activités et le sommeil des membres d'équipage, il n'a pas été possible de déterminer si ce dépassement a pu avoir un

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

impact sur l'état physiologique de l'équipage le 23 juillet lors de la rotation Alger – Ouagadougou – Alger.

Toutefois, en raison de l'absence de données CVR, l'enquête n'a pas permis de déterminer si une fatigue réelle était présente ou non.

#### **1.10. Renseignements météorologiques**

Tous connaissaient les conditions météorologiques dans cette partie de l'Afrique, à cette période de l'année entre mai et octobre, la navigation en latitude sur l'Afrique implique généralement de traverser le front intertropical (FIT). Ce front est une zone de conflit entre les masses d'air sec provenant du Sahara et les masses d'air humide provenant de l'océan Atlantique. Ce contraste provoque le développement de nuages convectifs épais de type cumulonimbus ainsi que de fortes précipitations (pluies de mousson).

Elle était toujours très orageuse, surtout de nuit, ces conditions leur imposaient fréquemment d'effectuer des évitements.

##### **1.10.1 Situation du jour de l'accident**

Les images ci-dessous représentent les images infrarouges avec superposition de la trajectoire avion à 01 h 30 et 01 h 45, les températures étaient inférieures à - 30° C, température en dessous de laquelle l'eau dans l'atmosphère est essentiellement présente sous formes de cristaux de glace, sans que le contenu en eau soit nécessairement élevé.

À l'est, trois cellules orageuses se développent rapidement à partir de 00h.

La position de l'avion à ces 2 instants est matérialisée par un point rouge.

Etude du cas concret et l'application de Bowtie

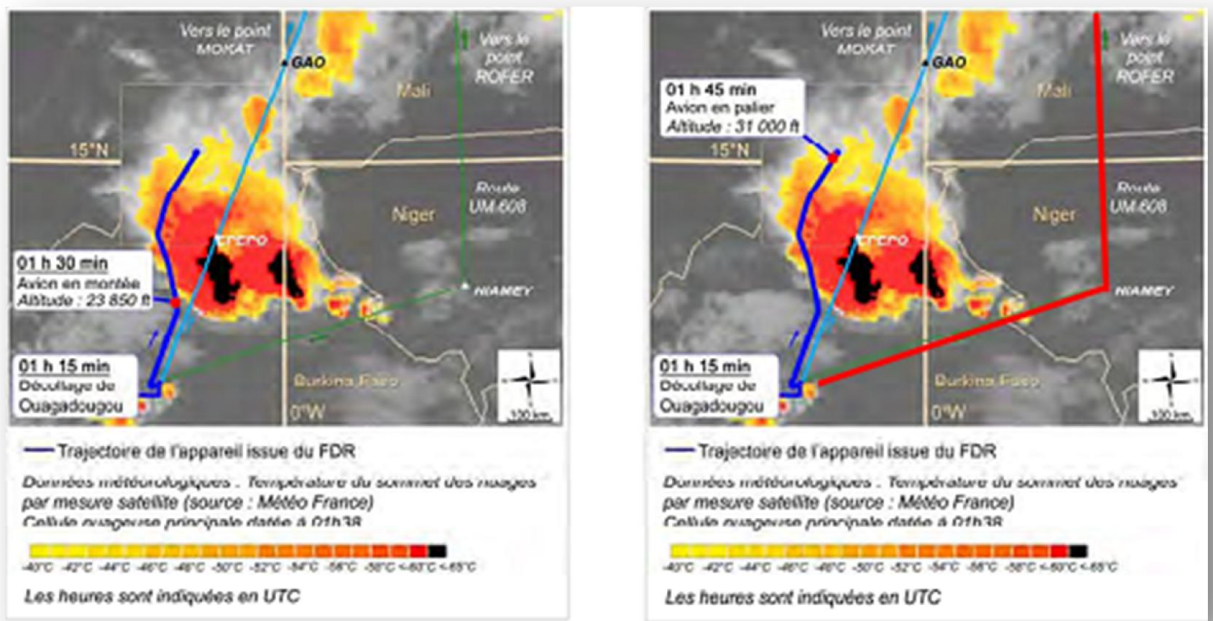


Figure 4.1 : trajectoires avion et situation météorologique [19].

Ces observations satellitaires indiquent que la situation météorologique rencontrée était conforme aux éléments portés à la connaissance de l'équipage avant le départ.

### 1.11. Trajectoire suivie par l'aéronef

#### 1.11.1 La préparation du vol à Ouagadougou

Le plan de vol a été préparé à Ouagadougou et déposé à partir des éléments fournis par Swift air qui prévoyaient notamment :

- un départ à 00 h 45 vers Niamey (NY) sur la route aérienne UG854, au FL 290 ;
- puis une route vers le point ROFER au FL 310 ;
- puis le FL330 vers Alger pour une arrivée prévue à 03 h 47.

L'aéronef n'a pas suivi la route établie selon son plan de vol (déterminée en rouge au Figure (4.1)).

### 1.12. Plafond opérationnel

Le plafond opérationnel de l'avion a été déterminé, la masse de l'avion a été recalculée à partir des débits de carburant enregistrés et de la masse au parking renseignée par l'équipage sur la fiche de masse et centrage. D'après les tables du rendement de FCOM, les résultats sont les suivants pour une croisière à Mach 0.76 dans les conditions de l'évènement :

**Tableau 4.2 : plafond opérationnel en condition de l'évènement**

Plafond de propulsion <b>sans</b> système d'antigivrage <b>activé</b>	plafond de propulsion avec système d'antigivrage <b>activé</b>		plafond de sustentation  à 1,3g : <b>31 800 ft</b>
	« Engines »	« Engines et airfoil »	
<b>34 000 ft</b>	<b>32 000 ft</b>	<b>31 000 ft</b>	

Le plafond opérationnel est le niveau de vol immédiatement inférieur à la plus basse valeur donc ici le FL 310.

Cela signifie donc qu'au FL310, le vol en palier stabilisé était possible et que l'équipage pouvait réaliser une manœuvre à la vitesse de croisière normale avec un facteur de charge de 1,3 g avant l'apparition du buffet.

### 1.13. Masse et centrage

La masse et le centrage au décollage déterminés par l'équipage de l'avion étaient dans les limites définies par le constructeur. Ces calculs ont été vérifiés par l'équipe d'enquête.

Par ailleurs les calculs de performance de l'avion réalisés par le constructeur pour les besoins de l'enquête sur la base notamment de la fiche de chargement confirment que le centrage de l'avion est resté dans les limites opérationnelles au cours du vol.

## 2. DEROULEMENT DE VOL

### 2.1. Préparation du vol et décollage

Le 24 juillet 2014, le MD-83 immatriculé EC-LTV est programmé pour effectuer le vol AH 5017 au départ de Ouagadougou et à destination d'Alger.

Le plan de vol déposé prévoit un départ via Niamey (NY), puis (ROFER) par la route UM608.

Lors du roulage, le contrôle aérien attribue à l'équipage une route identique à celle empruntée lors du vol allé passant par le point EPEPO (vol AH5016 en provenance d'Alger qui était un peu plus 1heure auparavant), l'équipage accepte cette clairance.

**Tableau 4.3** : Déroulement de vol avant la mise en palier FL 310.

<b>1 h 02 min 20</b>	Obtention la mise en route pour un départ de la piste 22.
<b>1 h 10 min 14</b>	autorisation à rouler pour la piste 22
<b>1 h 13 min 05</b>	- autorisation pour effectuer un départ via EPEPO, vers le FL 310, avec un virage à droite après le décollage.
<b>1 h 15 min</b>	-Décollage avec ATHT activé puis virage à droite pour un cap 023° -à FL 105 le PA est engagé.
<b>1 h 28 min 09</b>	-Passage FL 215, transfert de contrôle au CCR(Ouagadougou) ; -virage à gauche du fait d'un évitement en cours. -La température 9°C.
<b>Au cours de la montée vers le FL 310</b>	-La température totale atteint 6°C ; -l'équipage réalise trois altérations de cap par la gauche (condition météo) et une à droite pour revenir proche du cap initial. (la gestion de la trajectoire de contournement soit alors une priorité pour l'équipage).

### 2.2. Mise en palier, apparition de l'erreur de mesure d'EPR et décélération sous pilote automatique

Dans les deux minutes qui suivent cette mise en palier, l'évolution des EPR gauche et droit et des modes de l'auto-manette sont cohérents avec une sélection du régime de

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

poussée CR (Cruise), Puis les valeurs d'EPR du moteur droit deviennent erronées vraisemblablement en raison de l'obstruction du capteur de pression Pt2 de ce moteur par des cristaux de glace. L'auto-manette ajuste alors la poussée pour empêcher ces valeurs erronées de dépasser l'EPR LIMIT du régime de croisière.

Malgré ces informations qui témoignaient d'une anomalie : la vitesse de l'avion étant encore proche d'une valeur nominale en croisière, l'écart entre les valeurs des EPR gauche et droit, et l'apparition par intermittence du mode MACH ATL, l'équipage ne suspecte pas le problème de poussée insuffisante dû à l'obstruction des Pt2.

La poussée délivrée par les moteurs est alors inférieure à la poussée nécessaire pour le vol en palier et la vitesse de l'avion commence à diminuer et l'incidence augmente jusqu'à arriver au décrochage d'avion.

Le pilote automatique était engagé en mode de maintien d'altitude en cabrant la position du plan horizontal réglable jusque arrivé à une incidence qui dépasse l'incidence de décrochage.

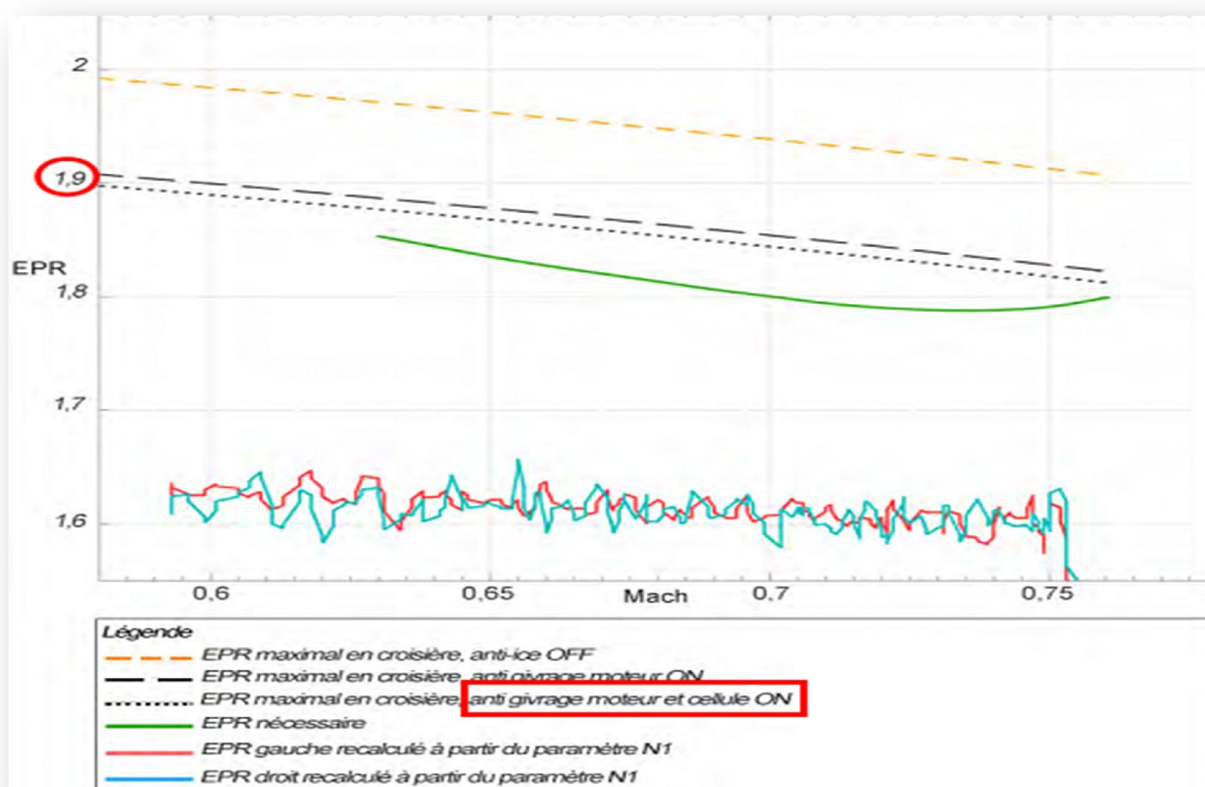
### **3. MESURE D'EPR**

#### **3.1. Comparaison de l'EPR nécessaire, disponible et délivré par les moteurs**

Le constructeur a calculé, en utilisant le modèle aérodynamique de l'avion, l'EPR nécessaire pour maintenir le niveau de vol 310 dans les conditions de l'évènement ainsi que l'EPR que les moteurs étaient en capacité de délivrer en fonction des sélections d'antigivrage.

D'un autre côté le FCOM fournit les valeurs maximales d'EPR (disponible) pour chaque phases de en fonction de l'altitude, de la température et des différentes sélections des systèmes de protection contre le givrage ;

Le graphe suivant représente l'EPR nécessaire, l'EPR disponible et l'EPR calculé à partir du N1 corrigé, qui correspond donc à l'EPR effectivement délivré par les moteurs :



**Figure 4.2 :** Comparaison de l'EPR nécessaire, de l'EPR disponible et de l'EPR effective délivré par les moteurs [19].

L'EPR voisin de la valeur 1,6 correspond à l'EPR effectivement délivré par les moteurs 1 et 2 calculés à partir du paramètres N1 et N2, alors dans ces conditions, l'avion ne pouvait pas maintenir le vol stabilisé en palier FL310 (une marge très grande entre l'EPR LIM du valeur 1,8 d'un système antigivrage moteur /cellule activé pour le cas normal du vol et l'EPR effective) et la vitesse de l'avion a commencé à chuter.

Contrairement à la courbe en vert qui représente l'EPR nécessaire pour maintenir le niveau de vol 310 dans les conditions normale de l'évènement était voisin de 1,8 ; le vol de croisière avec l'auto manette engagée était possible à ce niveau de vol car la marge de poussée est faible entre l'EPR LIM (antigivrage ON en régime CR) et l'EPR nécessaire c'est-à-dire si l'avion atteint la poussée minimale l'auto manette ajuste de la poussée jusqu'à arriver à la valeur maxi pour le maintien d'altitude.

## **4. EVOLUTION DES PARAMETRES MOTEURS AU COURS DE L'EVENEMENT**

### **4.1. Comparaison EPR / EPR LIM**

Lorsque l'auto-manette est en mode MACH ATL en croisière, la cible de l'auto-manette est de «maintenir l'EPR à la valeur d'EPR LIMIT».

Lorsque l'auto-manette est en mode MACH, la cible est « le mach sélectionné » par l'équipage. Il est alors possible de comparer les valeurs d'EPR enregistrées et recalculées aux valeurs d'EPR LIMIT recalculées à partir du FCOM, d'en tirer l'information sur l'activation des systèmes de protection contre le givrage parce que l'activation de ces systèmes n'est pas enregistrée dans le FDR.

### **4.2. Détermination de l'état d'activation des dispositifs d'antigivrage**

Les systèmes de protection contre le givrage des moteurs et de la cellule utilisent de l'air chaud prélevé sur le compresseur des moteurs. Par conséquent, leur activation provoque une diminution de la poussée disponible, qui se traduit notamment par une baisse des valeurs d'EPR LIMIT.

En comparant les valeurs enregistrées et recalculées avec l'EPR LIM, on remarque que à la mise en palier 1h 37 min les valeurs enregistrées et recalculées sont proche de EPR LIM (anti ice OFF) ; et significativement supérieures aux valeurs d'EPR LIM (anti ice ON), alors ceci indique que les systèmes d'antigivrage des moteurs et de la cellule n'ont pas été activés au cours de la montée.

### **4.3. Sélection du régime CR**

à la mise en palier une diminution immédiate des valeurs EPR moteurs( recalculées et enregistrées) parce que l'auto manette en mode MACH ATL cherche à atteindre la poussée correspondant à la valeur d'EPR LIM de ce FL), puis le pilote sélectionne le régime de poussée CR (Cruise) affiché au TRP au plus tard à 01 h 38 min 26 l'évolution d'EPR des moteurs et des modes de l'auto-manette sont cohérents et se stabilisent envers 1.92(correspond au anti ice OFF), deux secondes après l'auto-manette passe en mode MACH et l'avion continue à s'accélérer et les valeurs EPR deviennent inférieures.



Etude du cas concret et l'application de Bowtie

Le graphe suivant synthétise l'évolution des paramètres moteurs au cours de l'évènement.

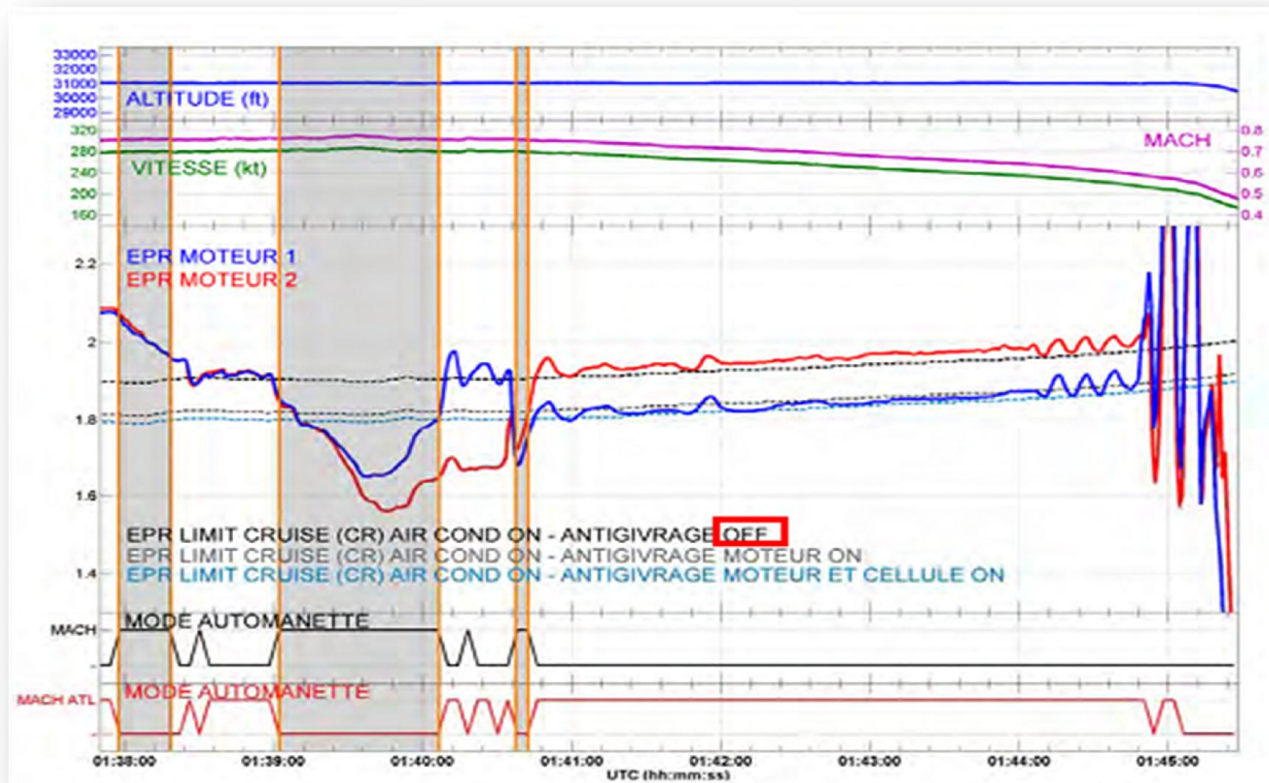


Figure 4.3 : Évolution des paramètres moteurs lors de l'évènement [19].

4.4. Valeurs d'EPR erronée

Débit de carburant moteurs 1et2 diminuaient, l'EPR moteurs recalculées et enregistrées en diminution, l'auto manette en mode MACH cherche à maintenir la consigne de mach puis à 1 h 39min36 l'incohérence entre l'évolution des EPR est observée (EPR recalculées, EPR moteur gauche et EPR moteur droit) alors ces calculs montrent que la valeur d'EPR enregistrée est devenue erronée et surestimée sur le moteur droit à cause de l'obstruction Pt2. la valeur de l'EPR erronée de moteur droit subit la régulation effectuée par l'auto-manette pour empêcher cette EPR la plus élevé de dépasser l'EPR LIMIT.

Après une baisse du régime des moteurs 01 h 40 min 35 qui peut provenir d'une baisse de la consigne de Mach ou bien d'une action manuelle de l'équipage sur les manettes de poussée, surpassant l'auto-manette ; là la valeur d'EPR du moteur gauche

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

devient erronée cette fois ci vraisemblablement en raison de l'obstruction du capteur de pression Pt2. L'auto-manette ajuste alors la poussée pour empêcher ces valeurs erronées de dépasser l'EPR LIMIT et se stabilise à une valeur proche cette fois ci de 1.8, alors lorsque l'auto-manette est en mode MACH ATL, il y a toujours au moins un moteur dont l'EPR est cohérent avec l'EPR LIMIT sans système antigivrage activé.

l'erreur de mesure de l'EPR provoque des différences entre l'EPR du moteur gauche et l'EPR du moteur droit par conception, l'EPR LIMIT est nécessairement le même pour les deux moteurs par contre aux valeurs d'EPR recalculés des moteurs correspondant au régime moteur sont très proches et se stabilisent envers 1.6 il n'y avait donc pas de différence majeure entre la poussée délivrée par les deux moteurs, contrairement à ce que pourrait laisser penser l'écart entre les EPR enregistrés.

#### **4.5. Second régime [19, 21]**

Le calcul de la poussée nécessaire effectué par le constructeur permet également de déterminer la vitesse correspondant à l'entrée dans le second régime c'est-à-dire à un mach précis qui est correspond à une trainée minimale pour maintenir le vol en palier, la séparation entre deux zones est distinguée :

##### **4.5.1. Zone de stabilité en vitesse**

Dans cette zone lorsque le mach de croisière diminue (par exemple changement intentionnel de vitesse par l'équipage), la trainée initialement diminue aussi avec la réduction du mach jusqu'à atteindre la valeur minimale et là l'avion a une tendance naturelle pour recouvrir le mach initial et moins poussée est nécessaire pour maintenir le vol en palier avec cette décroissance Mach.

##### **4.5.2. Zone d'instabilité en vitesse et l'entrée de second régime**

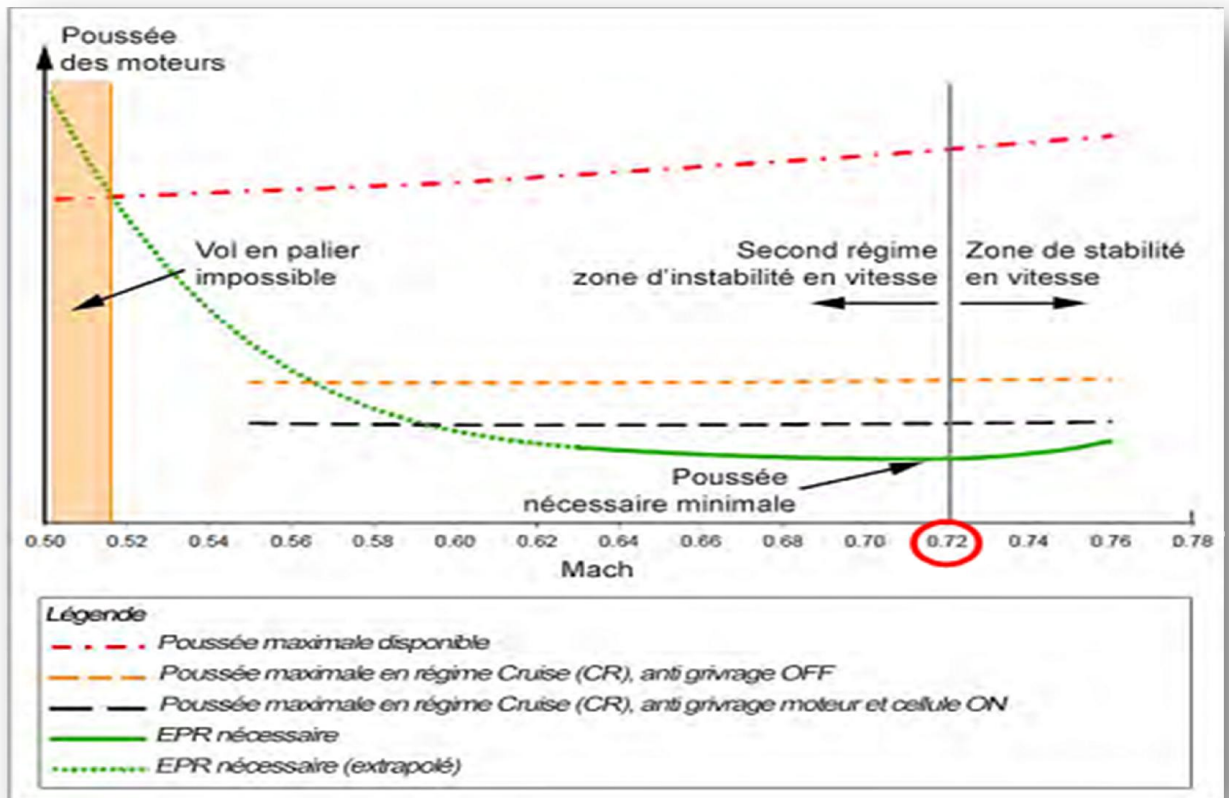
Lorsque l'avion évolue en second régime, il est instable en vitesse : partant d'une situation où la poussée des moteurs équilibre la trainée, une diminution de la vitesse de l'avion, se traduit par une augmentation de la poussée nécessaire au vol en palier stabilisé.

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

Une réduction supplémentaire de la vitesse de l'avion entraînera une augmentation de la traînée et nécessitera une augmentation de poussée nécessaire pour maintenir le niveau de vol.

Par conséquent, si l'énergie des moteurs n'augmente pas pour atteindre la nouvelle poussée nécessaire, l'avion continue sa décélération et l'écart entre la poussée délivrée et la poussée qui serait nécessaire pour revenir aux conditions initiales augmente.

Le graphe suivant indique que le second régime est atteint lorsque le Mach vaut 0,72 environ. L'avion a atteint cette vitesse à 01 h 41 min 52, soit 2 min 17 s après l'apparition de l'erreur de mesure d'EPR sur le premier moteur. Bien que les moteurs soient en mesure de fournir une puissance suffisante pour accélérer l'avion, cette puissance n'a pas été commandée par l'auto-manette en raison des valeurs erronées d'EPR.



**Figure 4.4 :** les effets de réduction de vitesse à partir les conditions de vol stabilisé[19].

Etude du cas concret et l'application de Bowtie

En dessous de Mach 0.52 environ, la poussée maximale que les moteurs pouvaient délivrer était inférieure à la poussée nécessaire pour maintenir le vol en palier au niveau 310.

La seule possibilité était de se mettre en descente.

**4.6. Approche et récupération du décrochage**

Lors de la phase initiale de diminution de vitesse, la récupération donc de la surveillance attentive de ce paramètre par l'équipage et d'une prise en compte des indications visuelles ou sonores fournies.

Le tableau ci-dessous représente les périodes de temps pendant lesquelles les conditions d'activation des différentes alarmes ont été réunies.

**Tableau 4.4** : Alarmes/dispositifs avertisseurs visuels ou sonores [19]

Temps UTC	Alarmes/dispositifs avertisseurs visuels ou sonores	Enregistré ou calculé
1 h 40 min 10	Affichage FMA : MACH ATL (par intermittence) ;	Enregistré
Entre 1 h 40 min 46 et 1 h 44 min 50	Affichage FMA : MACH ATL (continu) ;	Enregistré
Entre 1 h 41 min 22 et 1 h 45 min 00	4 avertisseurs sonores de mouvement du PHR (« stab tone ») ont pu être émis ;	Calculé
Entre 1 h 45 min 02 et 1 h 45 min 06	Affichage SPD LOW au FMA (continu) ;	Calculé
1 h 45 min 06	Apparition du buffet sur les données FDR ;	Enregistré

**4.7. Diminution de la portance**

Avant cela, à 01 h 45 mn 00, alors que le pilote automatique est engagé en mode de maintien d'altitude, le facteur de charge devient à inférieure à 1, ce qui indique que la portance est insuffisante pour compenser complètement le poids de l'avion. Le pilote automatique commande en continu une évolution à cabrer du plan horizontal réglable.

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

La décélération de l'avion augmente également, le pilote automatique n'arrive plus à compenser la diminution de vitesse de l'avion et à maintenir le vol en palier.

#### 4.8. Décrochage de l'avion

La zone d'apparition du décrochage de l'avion à Mach 0,5 se situe entre  $9^\circ$  et  $11,5^\circ$  d'incidence. Au-delà de  $11,5^\circ$  l'avion est en situation de décrochage pleinement établi. Les données enregistrées indiquent que cette incidence a été atteinte à 01 h 45 min 12.

Les données d'essais en vol de décrochage en haute altitude montrent que le buffet et le vibreur de manche apparaissent avec une faible marge par rapport au décrochage, *inférieure au critère de 7 % de vitesse de stall* préconisé par les exigences de certification.

Le tableau ci-dessous illustre l'ensemble des informations précédentes.

**Tableau 4.5** : Vitesses et incidences associées à l'approche de décrochage [19].

Heure UTC	Phénomène	Vitesse (kt)	Incidence ( $^\circ$ )
01 h 45 min 00	Diminution de la portance	208	$7,5^\circ$
01 h 45 min 06	Buffet probable	203	$9^\circ$
01 h 45 min 10	Vibreur de manche	200	$10^\circ$
01 h 45 min 13	Alarme de décrochage	197	$12^\circ$

#### 4.9. Reprise du pilotage manuel par l'équipage

L'équipage n'a pas repris le pilotage manuel de l'avion, à cause de l'augmentation de l'incidence au-delà de l'incidence de décrochage ( $25^\circ$ ) dû à l'engagement du pilote automatique et l'avion était compensé à cabrer.

Le système EPAS qui aurait provoqué le braquage complet à piquer des gouvernes de profondeur n'a aussi jamais été activé au cours de l'évènement, parce que après la déconnexion du pilote automatique, les gouvernes de profondeur sont majoritairement braquées à cabrer et lorsqu'elles sont braquées à piquer, les braquages restent inférieurs à la moitié du débattement maximal.

#### 5. CAUSES

Ces événements liés à la sécurité contribuent à l'état de perte de contrôle d'avion :

1. la non activation des systèmes d'antigivrage des moteurs ;
2. l'obstruction des capteurs de pression Pt2, vraisemblablement par des cristaux de glace, engendrant des valeurs erronées d'EPR qui amènent l'auto-manette à limiter la poussée délivrée par les moteurs à un niveau inférieur à la poussée nécessaire pour maintenir le FL310;
3. la réaction tardive de la part de l'équipage à la diminution de vitesse et aux valeurs erronées d'EPR, possiblement liée à la charge de travail de l'équipage associée à l'évitement de la zone convective et aux difficultés de communication avec le contrôle aérien ;
4. l'absence de réaction de la part de l'équipage à l'apparition du buffet, du vibreur de manche et de l'alarme de décrochage ;
5. l'absence d'actions adaptées sur les commandes de vol pour sortir d'une situation de décrochage.

#### 6. RETOUR D'EXPERIENCE (système REX de Swift air )

Ce retour d'expérience est constitué de comptes rendus volontaires, les informations décrites émanent de l'expérience et de la perception des faits des rédacteurs. Dans le cadre de l'enquête de sécurité, l'exploitant a fourni un rapport d'équipage relatif à un événement similaire, d'une date de *8 juin 2014*, l'avion *MD-83 immatriculé EC-JUG de la compagnie Swift air* qui effectuait un vol de transport de passagers au niveau de vol FL 330, L'équipage a détecté le problème puis a poursuivi son vol ; mais dans le programme d'analyse de vol FDM de la compagnie Swift air n'y figurent pas les événements tels que la diminution de vitesse en croisière, le givrage, une valeur d'EPR erronée ou encore la récupération du décrochage.

L'accident du vol AH5017 montre que la diffusion des informations publiées par le constructeur, les autorités de l'aviation civile, et les autorités d'enquête, n'a pas permis une

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

prise en compte suffisante par les opérateurs et les équipages des particularités du MD-80 en cas de givrage de sonde PT2 par cristaux de glace.

Il apparaît qu'au moment de l'accident le système de retour d'expérience n'exploitait pas complètement et de façon systématique par écrit les événements survenus au sein de la compagnie. Une telle information systématique permet aux équipages de bénéficier de l'expérience d'autres équipages ayant rapporté des situations inhabituelles dans un but de prévention.

#### **7. COMMENTAIRES**

Dès lors, dans notre cas d'analyse, la chaîne d'erreurs probable est longue, mais quelques éléments amènent à être discuter : Pourquoi l'équipage a accepté la clearance de changement de route planifiée qui était dégagée de toute perturbation météorologique ? A-t-il subi de fatigue ? Pourquoi avoir tout de même décidé d'utiliser un MD83 connaissant les conditions météo ? Quelle est la cause de la mauvaise perception de la compagnie amenant directement à la chaîne de responsabilité ?

La deuxième partie de ce travail fait l'objectif de répondre à ces questions.

## **B. DEUXIEME PARTIE**

### **1. Analyse et gestion de risque identifié selon la méthode de Bowtie**

Ce processus d'analyse et de gestion de risque opérationnel permet de la reconstitution des circonstances d'un événement de sécurité et d'en déterminer les facteurs contributifs afin d'exposer la structure d'un événement en appliquant ces ressources à plusieurs accidents ou incidents qui peuvent identifier des précurseurs ou des causes communes qui se basent sur une compréhension indispensable pour décider les mesures à appliquer pour réduire le niveau de risque.

#### **1.1. L'analyse du risque**

Il faut maintenant attribuer un niveau de risque (criticité) à l'évènement redouté, en utilisant la matrice de risque ;

##### **1.1.1. Sévérité**

Suite à la défaillance structurale d'avion comme résultat, les pilotes n'ont pas compris ce qu'il se passait et n'ont pas pu effectuer leurs tâches à cause de la présence d'Une condition compromettant la sécurité (valeur EPR erronée).

Bien que quelques évènements survenus en opération aient pu se produire sans perte de contrôle, une indication trompeuse de poussée peut, en effet, mener à une situation dangereuse de perte de contrôle de l'avion.

La circulaire d'information de l'affichage électronique de paramètres de vol (AC) 25-11B de la FAA (tableau page 34), en date du 10 juillet 2014, classe de façon significative « affichage Trompeur de toute indication de moteur requis pour plus d'un moteur » en cas de mal fonctionnement "**catastrophique**".

##### **1.1.2. Probabilité**

En utilisant la probabilité qualitative déterminée selon JAR 25.1309(b) (pour l'analyse et conception du système), en tant que la FAA l'autorité primaire de certification, on trouve la description « **probable** » pour la condition mal fonctionnement (failure condition) lorsqu'il susceptible de « se produire une ou plusieurs fois au cours de toute la vie opérationnelle de chaque avion. »



Etude du cas concret et l'application de Bowtie

On basant sur cette description, cet événement s'était déjà apparu dans l'histoire du MD80 Et en plus s'est produit au moins une fois dans la compagnie Swift air, l'équipage a détecté le problème, mais l'événement était négligé et n'était pas maîtrisé ;

Sa probabilité d'occurrence peut donc être qualifiée d'Occasionnel.

Cet Evènement Indésirable a une criticité de **4A** est donc qualifié de **INACCEPTABLE** et des mesures de réduction du risque doivent être appliquées.

Probabilité du risque		Gravité du risque				
		Catastrophique A	Dangereux B	Majeur C	Mineur D	Négligeable E
Fréquent	5	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	5D	5E
Occasionnel	4	<b>4A</b>	<b>4B</b>	4C	4D	4E
Éloigné	3	<b>3A</b>	3B	3C	3D	<b>3E</b>
Improbable	2	2A	2B	2C	<b>2D</b>	<b>2E</b>
Extrêmement improbable	1	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>1E</b>

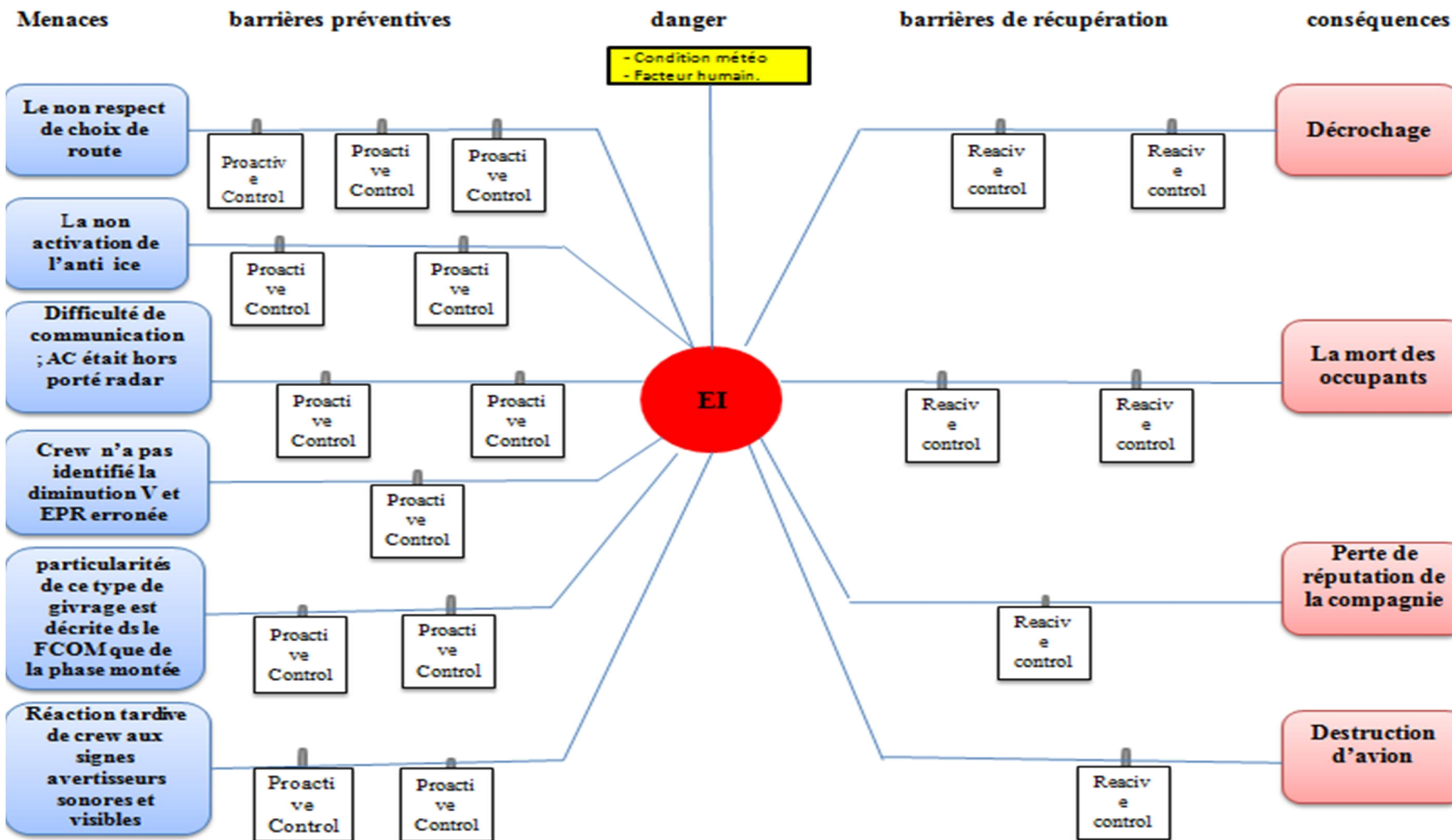
Figure 4.5 : Matrice d'évaluation (indice) de risque de sécurité [1]

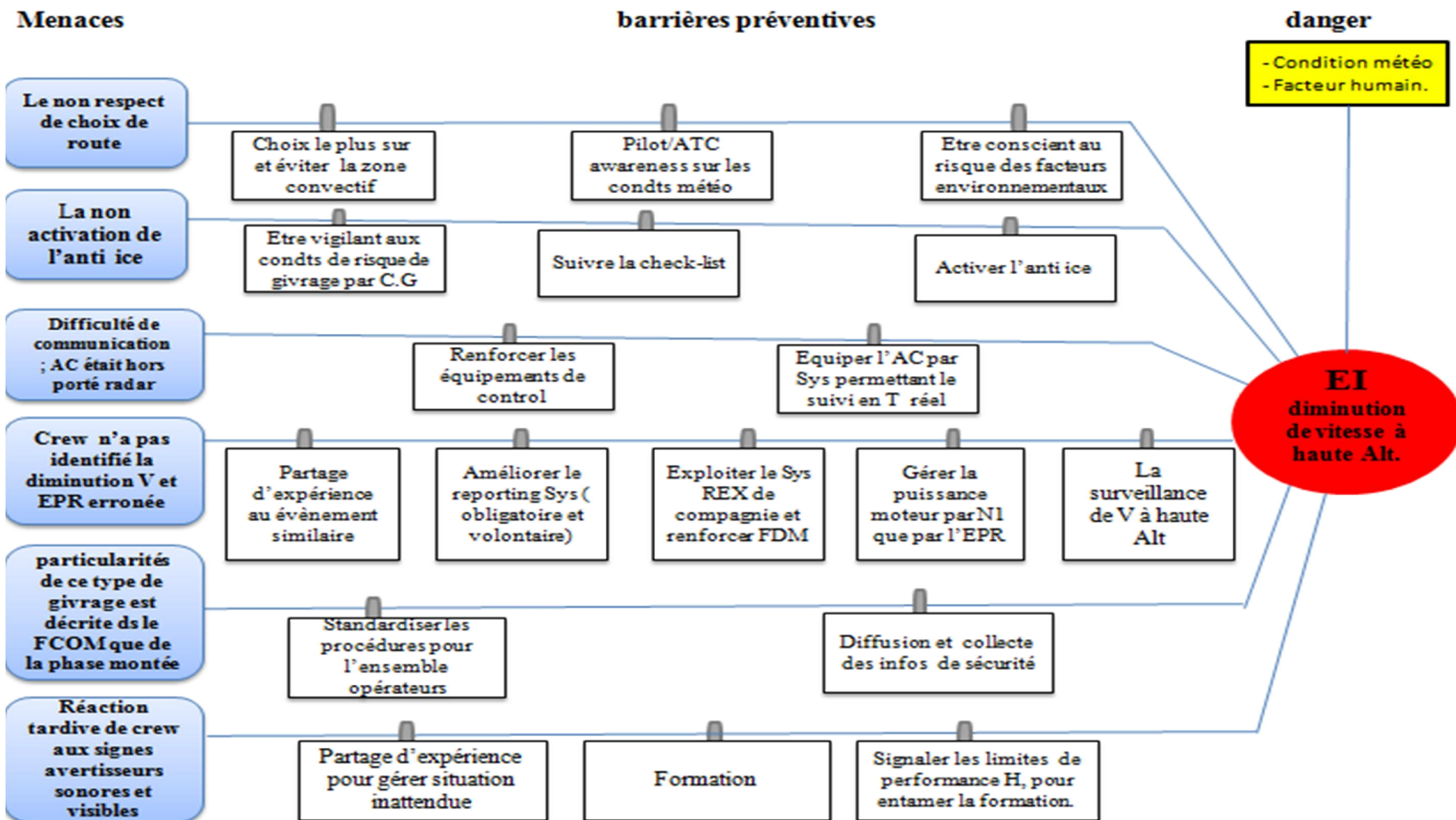
Il faut donc vérifier que des mesures de prévention puis de protection existent et sont efficaces.

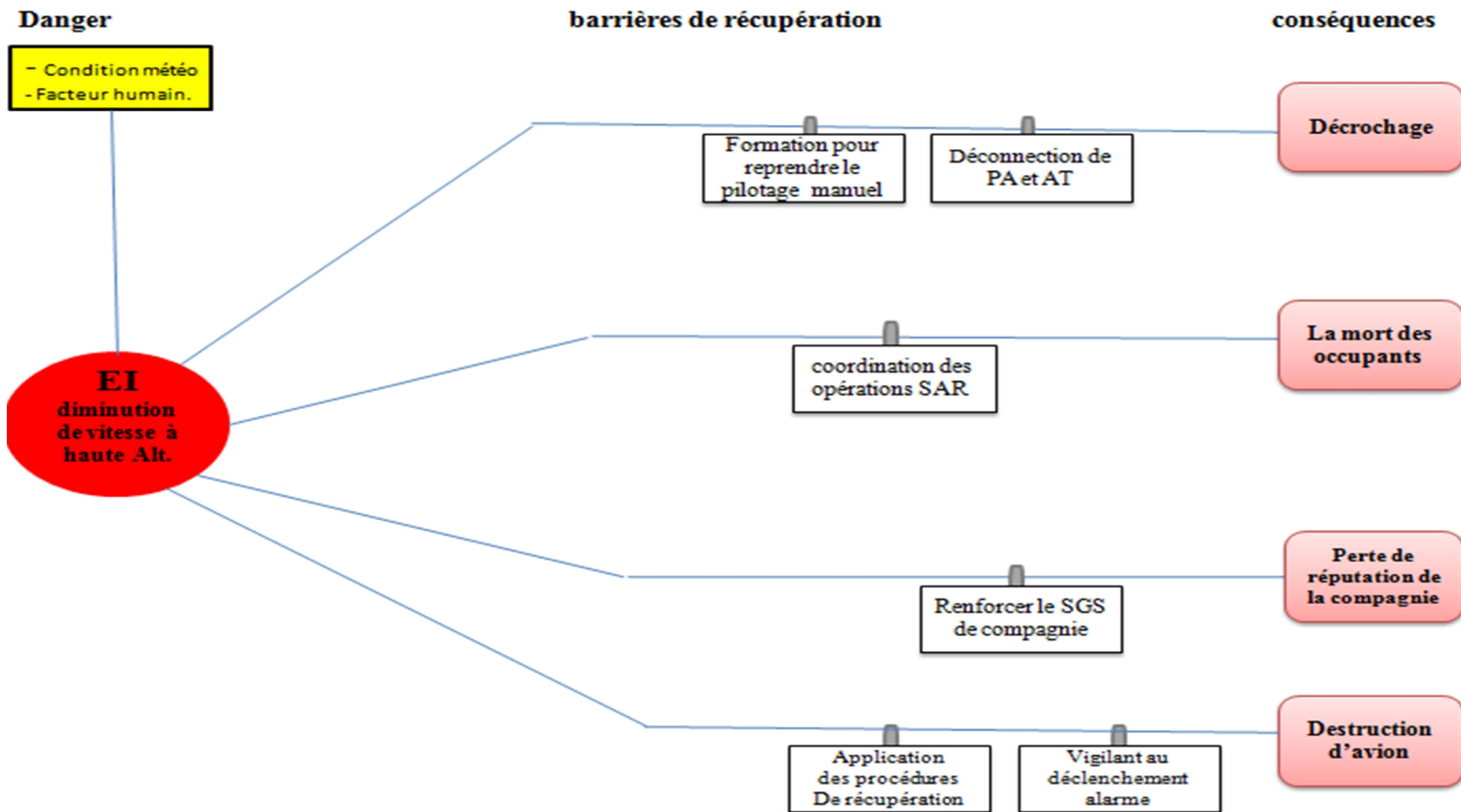
1.2. La représentation graphique du modèle de BOWTIE

# Chapitre 4

## Etude du cas concret et l'application de Bowtie







#### 1.3. Niveau de risque résultant

La présence de cette condition compromettant la sécurité « unsafe condition », le danger est toujours présent mais, en mettant en place ces mesures de prévention et de protection, le niveau de criticité de cet EI sera qualifié et estimé à une zone tolérable qui se diffère selon la mise en place de chaque mesure.

L'efficacité peut être déterminée en termes des moyens de défense techniques, didactiques et réglementaires qui peuvent réduire ou éliminer les risques de sécurité.

#### 1.4. Facteurs contributifs

L'accident résulte de la perte de puissance moteur et l'absence de réaction immédiate de l'équipage, l'analyse ne s'arrête pas à cette erreur humaine, mais d'entrer dans une analyse liée à la chaîne de responsabilité pour trouver les facteurs contributifs suivant qui constituent cette chaîne :

- ✓ Que le temps d'escale est trop court pour un vol de nuit sur l'Afrique ;
- ✓ La route choisie par le contrôleur a amené l'équipage à évoluer dans une zone où la présence des cristaux de glace était probable ;
- ✓ L'équipage est sensibilisé aux risques de givrage classique, peuvent ne pas être conscients des signes précurseurs (ou de leur absence) du givrage par cristaux de glace en conditions d'humidité visible et température moins de 6°C;

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

- ✓ les cristaux de glace n'adhèrent pas aux parties externes de l'avion, qu'ils sont difficiles à détecter avec les radars météorologiques embarqués ;
- ✓ Les capteurs de pression ont été bloqués vraisemblablement par des cristaux de glace, engendrant une indication erronée d'EPR et une diminution de la puissance délivrée par les des moteurs sans l'activation des systèmes d'antigivrage;
- ✓ Ces valeurs erronées d'EPR ont amené l'auto-manette à limiter la poussée délivrée par les moteurs à un niveau inférieur à la poussée nécessaire pour maintenir le FL310 ;
- ✓ l'attention était focalisée sur les indications d'EPR ;
- ✓ L'équipage ne sais pas qu'il vaut mieux gérer la puissance des moteurs par le N1 que par l'EPR lorsqu'il a un doute sur une indication EPR ;
- ✓ Les ordres générés par le pilote automatique ont alors provoqué une augmentation de l'incidence et une aggravation de la situation de décrochage ;
- ✓ Les équipages ne détectent pas la situation de diminution de vitesse et d'approche du décrochage à partir les signes avertisseurs ;
- ✓ la perte continue de vitesse n'a pas été identifiée, au moment où se produit la diminution de l'état d'énergie, entraînant l'aéronef dans une situation de vol au second régime avec une incidence élevée ;
- ✓ Aucune des actions nécessaires et adéquates n'a été réalisée pour récupérer de manière appropriée l'état d'énergie de l'aéronef ;
- ✓ L'équipage est dans l'incompréhension de ce qui se passe et sont donc dans l'incapacité d'effectuer leurs tâches ;
- ✓ le même événement similaire (*Le 8 juin 2014, l'avion MD-83 immatriculé EC-JUG de la compagnie Swift air, l'équipage a détecté le problème puis a poursuivi son vol*) n'était pas détecté par le FDM et dans cette liste n'y figurent pas les

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

évènements tels que la diminution de vitesse en croisière, le givrage, une valeur d'EPR erronée ou encore la récupération du décrochage ;

- ✓ L'absence et lacune de la diffusion et la collecte des informations publiées par le constructeur, les autorités de l'aviation civile, et les autorités d'enquête, n'a pas permis une prise en compte suffisante par les opérateurs et les équipages des particularités du MD-80 en cas de givrage de sonde PT2 par cristaux de glace et d'approche du décrochage à haute altitude ;
- ✓ une information insuffisante vers les opérateurs sur les conséquences du blocage du capteur Pt2 par un phénomène de givrage ;
- ✓ Les données d'essais en vol de décrochage en haute altitude montrent que le buffet et le vibreur de manche apparaissent avec une faible marge par rapport au décrochage, *inférieure au critère de 7 %* préconisé par les exigences de certification. Il n'a pas été possible de déterminer ce qui a permis de justifier l'acceptation de cette faible marge ;
- ✓ Les procédures FCOM n'évoquent pas les particularités du givrage par cristaux de glace ;
- ✓ La procédure FCOM ne décrit les conséquences d'un tel givrage que dans la phase de montée
- ✓ L'équipage n'a pas effectué d'entraînement relatif à l'approche du décrochage et à sa récupération depuis son entrée dans la compagnie Swift air ;
- ✓ Au cours de chute de l'avion, les gouvernes sont restées majoritairement braquées à cabrer et dans le sens d'une inclinaison à droite alors le système EPAS n'a donc jamais été activé ;

### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

- ✓ les documentations telles que l'AFM (Aircraft Flight Manual) ne contiennent pas de procédures spécifiques pour permettre aux équipages, à partir des paramètres indiqués du moteur, de mettre rapidement en évidence une situation d'incohérence d'EPR résultant d'une obstruction du capteur de pression du cône de nez ;
- ✓ La fréquence VHF entre GAO et MOKAT était hors service seulement le HF utilisée pour tenter le contact
- ✓ Les contrôleurs du CCR de Niamey savent, par expérience, que les avions évoluant à l'ouest de la route EPEPO – GAO – MOKAT peuvent être hors de la portée radio et radar. Ils s'attendaient alors à ce que le plot radar de l'avion réapparaisse à MOKAT. Ceci a retardé la prise de conscience de la disparition du vol AH5017 ;
- ✓ Aucun problème n'a été signalé par l'équipage lors de ses contacts avec les contrôleurs aériens de Ouagadougou et Niamey ;
- ✓ Après le transfert du vol AH5017 au CCR de Niamey, la charge de travail d'équipage en évitement et la difficulté de communication avec ATC, le contact radio avec l'avion n'a pas été établi immédiatement. Un vol évoluant dans le secteur a fait le relais entre le vol AH5017 et le CCR de Niamey ;
- ✓ Aucun message de détresse n'a été reçu par les centres de contrôle ;
- ✓ l'envoi tardive des messages INCERFA, ALERFA et DETRESFA par les contrôleurs alors un retard conséquent sur la mise en œuvre du SAR ;
- ✓ Un constructeur, Boeing, qui se débarrasse du problème en demandant aux pilotes de s'en accommoder par l'application d'une procédure ;
- ✓ Une procédure, mise en place pour éviter que l'avion ne sorte de son domaine de vol, que les pilotes ont des difficultés à appliquer par incompréhension de la situation ;



### Etude du cas concret et l'application de Bowtie

- ✓ La dangerosité des événements précurseurs a été sous-estimée ;
- ✓ Une compagnie, Swift air, qui ne prend pas les mesures adaptées à sa « grande inquiétude » devant les incidents qui se succèdent et qui s'en remet au constructeur à cause d'une culture de sécurité médiocre.

#### 2. Résultats potentiels

Si cet événement indésirable n'est pas détecté va amener à :

- Perte de contrôle d'avion ;
- Décrochage ;
- Diminution de performance avion ;

#### 3. Conséquences

- Destruction d'avion ;
- La mort des occupants ;
- Perte de réputation de la compagnie.

#### 4. Actions préventives

On peut les résumer comme suit :

- choix de routes alternatives plus favorables ;
- Encourager l'amélioration le reporting système volontaire et obligatoire ;
- Informer et sensibiliser pour les signes de givrage par cristaux de glace ;
- L'activation de système antigivrage ;
- Partage de l'expérience pour gérer des situations inattendues ;
- Exploiter le système Rex de la compagnie et autres opérateurs et renforcer le FDM pour détecter les tendances et entamer la formation nécessaire ;
- Standardiser les procédures pour l'ensemble des opérateurs exploitants le même type d'avion ;
- Renforcer les équipements de contrôle aérien et équiper les avions d'un système permettant le suivi en temps réel.

#### 5. Actions correctives

Le cas où le risque est apparu, le déclenchement des avertisseurs de décrochage aurait appelé les actions correctives suivantes :

- déconnexion du pilote automatique et de l'auto-manette ;
- mise en descente (piqué l'avion, signaler la situation d'urgence, et dans ce cas avec l'activation de système d'antigivrage) ;
- coordination des opérations SAR ;
- formations pour l'approche, récupération de décrochage et pour reprendre le pilotage manuel ;

#### 6. RECOMMANDATIONS

##### 6.1. Compagnie

- Promulguer une politique claire à l'égard de la gestion des risques de facteurs environnementaux, y compris l'utilisation de la prévision, la défensive planification de vol et d'évitement en vol ;
- Veiller à ce que les dispatchers et les pilotes sont formés et conscients des risques environnementaux ;
- Le partage des expériences pour gérer des situations inattendues ;
- signaler les lacunes et les limites de performance humaine pour entamer les formations nécessaires ;
- renforcer la culture de sécurité ;

##### 6.2. Service de navigation aérienne

- Veiller à ce que le trafic aérien contrôleurs sont formés et conscients des dangers environnementaux tels que la ZCIT, haute altitude cristaux de glace ;
- Renforcer les équipements de contrôle.

#### 6.3. Constructeur [19]

Aussi la Commission d'Enquête sur les Accidents et Incidents d'Aviation Civile du Mali et le BEA recommandent:

Une modification du manuel de vol des avions de type MD80 pour :

- attirer l'attention des équipages sur les risques liés au givrage possible du capteur de pression PT2 à l'altitude de croisière, y compris en l'absence de signes visibles de givrage, notamment lorsque le système de dégivrage des moteurs n'est pas activé et
- leur fournir les moyens de détecter rapidement une indication erronée d'EPR et d'y remédier ou bien développer un détecteur de glace qui alerter les pilotes au givrage des capteurs de pression.

Chaque point de recommandation doit être présenté comme par une action planifiée (exemple : amendement de la loi, amendement d'une procédure, initiation d'une sensibilisation ou formation.....etc).

Chaque action doit être confiée à un acteur (exemple : DACM en Algérie, compagnie aérienne, contrôle aérien, école de formation pilotage, constructeur aéronautique.....etc).

## CONCLUSION

À la fin de ce chapitre et compte-tenu les éléments de l'analyse, on peut sortir avec des points principaux en particulier de l'accident traité :

- Pour la gestion, il est important de comprendre pourquoi il faut des ressources qui permettent aux modèles d'être remplis avec des données significatives à partir de laquelle des conclusions utiles peuvent être dérivées , identifier les précurseurs d'accidents, développer et tester les défenses de sécurité efficaces et évaluer correctement le risque résiduel ;
- Renforcer le système REX, par l'intermédiaire de symposiums, associations pour partager de l'expérience et toucher l'ensemble de la communauté aéronautique ;
- La probabilité d'apparition d'un accident ne dépend que de l'état présent du système. En d'autre mot, la connaissance du passé ne modifie pas la probabilité d'intervention d'un accident conditionnée à l'état présent [6] ;
- l'absence de solution technique de la part du constructeur, les responsables devaient engager les équipages et les services dédiés à la préparation et au suivi des vols à la plus extrême prudence mais ils ont oublié que la machine est piloté par un être humain;
- implémenter une culture de sécurité pour encourager tous les membres du milieu aéronautique à signaler les difficultés en service ;
- et en générale, les systèmes les moins connus qui réserveront toujours le plus de surprise.

---

# CONCLUSION GENERALE

---

# Conclusion

Nous avons tenu lors de la construction de ce travail, un intérêt croissant pour le concept de gestion des risques. Celui-ci s'explique par la prise de conscience que d'importants progrès en termes de sécurité peuvent encore être accomplis. Ces progrès potentiels correspondent également à une attente des clients.

En effet, il est primordial de stimuler une réflexion plénière dans le but de définir une stratégie globale de convergence vers une réelle compréhension du système lui-même, du management des risques, de ses concepts élémentaires et de son processus avant d'aspirer à doter les experts d'outils d'aide à la décision.

Il n'existe pas de bonnes ou de mauvaises méthodes d'analyse des risques. Chacune possède des avantages et des inconvénients qui lui sont propres. Une méthode particulière est donc généralement plus ou moins adaptée au contexte étudié et aux objectifs recherchés. Afin de répondre à la problématique, une présentation des méthodes de gestion des risques les plus utilisées a été effectuée, dans le but de permettre de comparer ces méthodes.

Parallèlement, il est établi que la gestion des risques opérationnels dans le monde aéronautique, très rarement liée à une seule défaillance dans un seul système, des risques s'ensuivent généralement de plusieurs défaillances techniques ou organisationnelles qui se manifestent simultanément, et ça ce qui caractérise l'analyse avec la méthode de BowTie qui fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction en même temps et précisément dans un « système des systèmes » comme le secteur Aéronautique .

De plus, la stratégie des défenses en profondeur pose problème du fait que la situation réelle du système relativement à la sécurité dépend de l'intégrité et du bon état de fonctionnement de ces défenses et là l'apparition de l'enjeu principal d'une mise en place d'un contrôle de sécurité en continu....

Alors, le processus de gestion des risques avec la méthode utilisée ne peuvent pas déterminer l'effectivité d'un SGS par la seule action, c.-à-d.il faut poser les activités de gestion des risques de manière qu'elles puissent être intégrées avec les autres piliers de

## CONCLUSION GENERALE

---

SGS de la compagnie aérienne et assurent une interface avec le système de supervision réglementaire.

D'autre part, le processus d'amélioration de la sécurité devrait non seulement tenir compte des événements internes mais aussi intégrer des données de sécurité externes, d'autant plus que l'entité est petite.

Une perspective du présent travail serait de porter l'importance sur le recours aux processus de partage à l'interne et à l'externe des données et des connaissances liées à la sécurité de façon à s'assurer que les risques sont maintenus au niveau le plus faible raisonnablement réalisable, améliorer la culture de la sécurité du prestataire de service et la mise en place d'un processus normalisé de suivi des « mesures prises ». En outre, des questions de l'interopérabilité devront également être approfondies.

---


# ANNEXE

## A

---



## Formulaire de rapport sur le danger FSGS-11

	<b>FORMULAIRE DE RAPPORT SUR LE DANGER</b> N° ..... / 20.. (001-999) / (AAAA)	FSGS-11 Rev : 01 Date : 31/12/2015
---	---	--

Endroit : .....

Date : ..... / ..... / ..... \*Nom &amp; prénom (facultatif) : .....

\*Email (facultatif): ..... \*N° de tél. (facultatif) : .....

**Identification :** si vous désirez une réponse, vous pouvez indiquer votre nom et votre numéro téléphone. ces informations ne sont pas conservées dans votre rapport qui sera désidentifié dès que la réponse vous aura été faite.  
 \*si le rapport est anonyme la réponse vous sera communiquer via le portail TAL partie SGS et/ou bulletin SGS.



Description du danger (utilisez le verso de ce formulaire s'il vous faut plus d'espace) :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Intervention suggérée :

---

---

---

---

---

Mesure corrective qui a été prise (section que doit remplir le service SGS/SMS) :

---

---


---

**Utilisation de l'imprimé :** mettre le formulaire une fois renseigné dans une des boites aux lettres SGS/SMS situées dans les différentes structures et escales de TAL.  
 Vous pouvez également le faire parvenir scanner par courrier électronique à : [reporting.sgs@tassiliairlines.com](mailto:reporting.sgs@tassiliairlines.com) ou fax 021509022

Codification SGS: N° ..... / 20.....


## Exemples des formulaires liés au rapport/analyse de danger

## Air Safety Report ASR

		<b>ASR</b> <b>AIR SAFETY REPORT</b>			Ref N° (FSB) Fax : 021509115 (SGS) Fax : 021509022 Email: fsb@tassilairlines.com Email: sgs@tassilairlines.com				
1.Type of Event		AIRPROX / ATC <input type="checkbox"/>		TURBULENCE <input type="checkbox"/>		BIRDSTIK <input type="checkbox"/>		OTHERS <input type="checkbox"/>	
2.Captain			3.First Officer			4.Technician			
3.Date		4.Time Hrs Day/Night		5.A/C Type		6.Immatriculation		7.Flight Number	
8.Route (From / To)			9.Alternate Airport				10.Ref CRM		
11.Flight Phase: Towing-Prked-Pushbak-Taxi out-Take off - initial Climb-Climb-Cruise -Descent-Holding-Approach-Go Around-Landing -Taxy in									
12. Altitude (FL#)		13. Speed		14.Fuel Dump Quantity:                      Date:                      Hrs:		15. Weather Conditions IMC                      VMC			
16.Actual weather : Wind                      Visibility                      Clouds                      Temp(c°)                      QN H (mb)									
17. Significant weather    Moderate /severe Rain /Snow / Icing conditions /Fog/Hail/Turbulence/Windshear									
18.Runway		19.Runway Conditions Dry /Wet/Snow/Slush/Ice							
20.Aircraft Configuration :    Autopilot /Gears/ Flaps /Spoilers /    /    /    /									
21.Description of the Occurrence									
22.Action taken and Result									



## Fiche de danger

		<b>Fiche de danger Hazard Log</b>		<b>FSGS-10</b> <b>Rév : 01</b> <b>Date : 31/12/2015</b>	
<b>Operation / System</b>					
<b>Hazard No.</b>					
<b>Safety Events (Causes or Threats)</b>					
<b>Potential Outcomes (and Associated Consequence Magnitudes)</b>					
<b>Risk Controls (Barriers and Mitigations)</b>					
<b>No.</b>	<b>Description</b>			<b>Responsible</b>	
1					
2					
3					
4					
5					
<b>Risk Assessment (Worst Foreseeable Scenario – i.e. Highest Risk)</b>					
<b>Hazard Frequency</b>					
<b>Outcome Likelihood</b>					
<b>Consequence Severity</b>					
<b>Risk</b>					
<b>Management Approval</b>		<b>Name:</b>	<b>Post:</b>	<b>Signature:</b>	
<b>Relevant Previously Reported Incident Data</b>					
<b>Safety Performance Monitoring Requirements</b>					
<b>No.</b>	<b>Description</b>			<b>Responsible</b>	
1					
2					
3					
4					
5					

---

# ANNEXE

## B

---

## Généralités sur le contrôle de la poussée

Sur le MD-83 équipé de moteurs PW JT8D, la poussée d'un turboréacteur peut être mesurée à partir du rapport entre la pression totale de l'air à la sortie du réacteur (Pt7) et la pression totale à l'entrée (Pt2). Ces pressions sont mesurées à l'aide de capteurs placés respectivement à la sortie et à l'entrée du moteur.

Le rapport de ces deux pressions, sortie sur entrée, est dénommé EPR (Engine Pressure Ratio).[19]

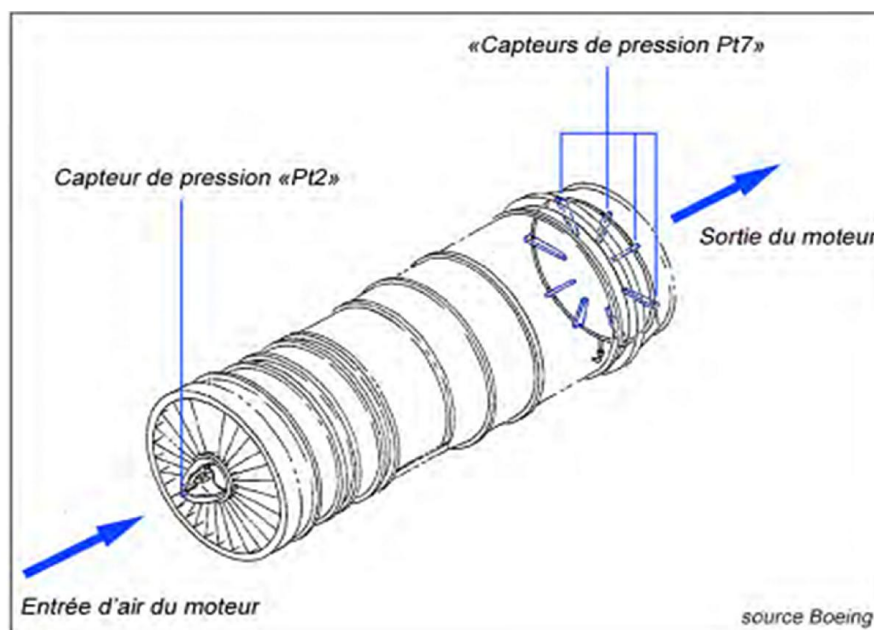


Figure : emplacement des capteurs de pression [19]

La poussée peut être commandée manuellement par l'équipage ou par l'auto-manette qui agira automatiquement sur les manettes de poussée pour atteindre la valeur de consigne d'EPR calculée par les automatismes.

La poussée est aussi reliée à la vitesse de rotation de l'ensemble basse pression N1, il est exprimé en pourcentage du régime de référence de rotation du moteur.

Les valeurs d'EPR et de N1 des deux moteurs sont affichées en cockpit sur les instruments de contrôle des moteurs.

## Description de la chaîne de mesure de l'EPR

Pour chaque moteur, un convertisseur (EPR transmitter) calcule la valeur de l'EPR à partir des mesures de pression totale  $P_{t7}$  et  $P_{t2}$ . Cette valeur est ensuite transmise [19]:

- aux deux Digital Flight Guidance Computer (DFGC) qui réalisent les fonctions de guidage et de pilotage automatique ;
- au panneau d'instruments moteur pour affichage en cockpit ;
- au FDR pour enregistrement.

La figure suivante illustre ce principe.

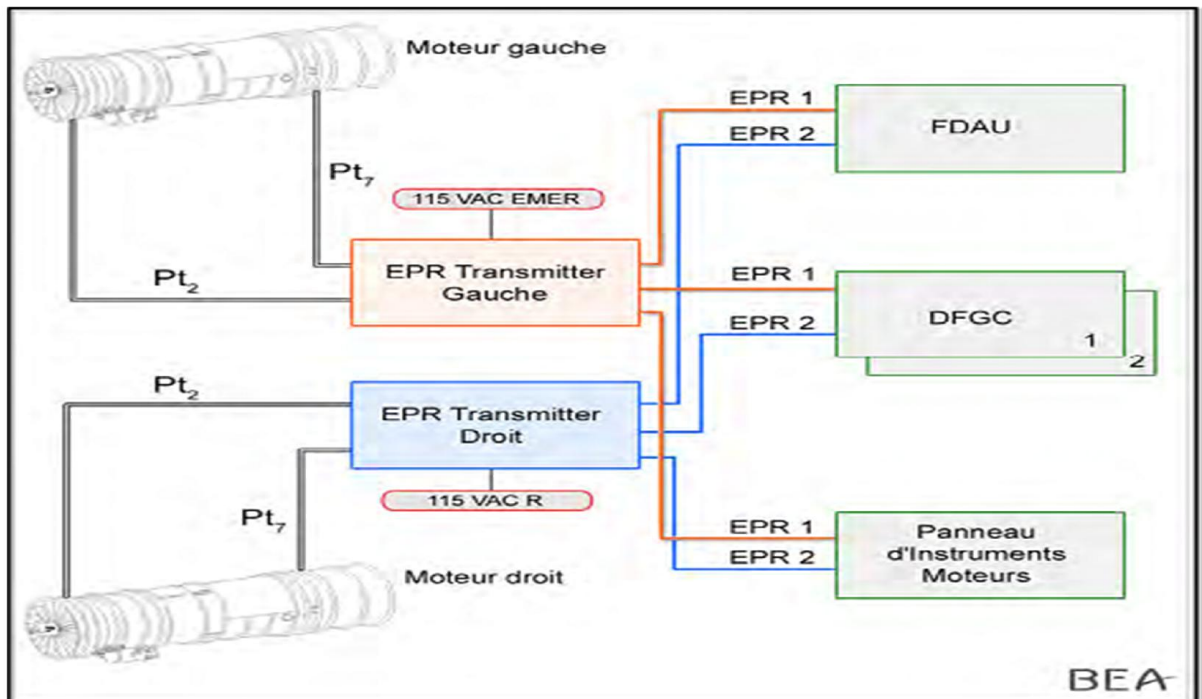


Figure : schéma de la chaîne de mesure EPR [19]

Dans le cas de l'accident, le capteur  $P_{t2}$  est bloqué par cristaux de glace, et puisque la pression **totale** est une sonde constituée de deux ports statiques et dynamiques, la partie dynamique (n'a pas été branché) (bouché) laissant la sonde seulement détecter la pression statique à la station moteur2. Il en est résulté un affichage EPR qui était en fait un produit d'une sonde  $P_{t7}$  fonctionnement, mais une sonde  $P_{t2}$  maintenant seulement détecte la pression statique.

Par conséquent, une valeur d'EPR erronée est apparait sur les afficheurs pour être l'indicateur correct de « niveau cible de poussée correspond à cette phase ». [web4]

### **Auto manette (autothrottle)**

Est un système qui se charge au contrôle de la vitesse et la poussée/puissance dans toutes les phases de vol.

Le rapport BEA décrit quelques modes de fonctionnement d'Automanette d'en les deux premiers sont principaux qui peuvent sélectionnés par l'équipage et l'autre secondaire qui s'active automatiquement.

Selon le mode choisis, l'Automanette s'occupe à contrôler la poussée de manière à maintenir le mach/vitesse ciblé tout en restant dans les marges opérationnelles ou bien va maintenir une valeur de poussée fixée correspondant à telle phase de vol.

on peut résumer ces modes comme suit :

<b>SPD SEL et MACH SEL</b>	Lorsque l'auto-manette est dans l'un de ces modes, elle maintient la vitesse ou le Mach sélectionné par l'équipage
<b>EPR LIM</b>	l'auto-manette maintient une poussée correspondant à la valeur d'EPR Limit issue du régime d'EPR affiché au panneau centrale et sélectionné par l'équipage.
<b>MACH ATL</b>	Ce mode s'engage automatiquement, et signifie que la poussée nécessaire pour atteindre la cible de mach affichée soit supérieur à la l'EPR Limit affichée. La poussée commandée est alors celle correspondant à l'EPR limit ;

La valeur d'EPR Limit est calculée en fonction de la température totale, de l'altitude, et des prélèvements d'air sur les moteurs. Cette valeur est affichée sur le panneau central et utilisée, par l'auto-manette en fonction du mode actif.

**Note :**

- EPR (Engine Pressure Ratio) : rapport entre la pression à la sortie du moteur et la pression à l'entrée, grandeur sans unité ;
- N1 : vitesse de rotation de l'ensemble basse pression du moteur, exprimée en pourcentage d'une vitesse de référence ;



---

Description des systèmes

- N2 : vitesse de rotation de l'ensemble haute pression du moteur, exprimée en pourcentage d'une vitesse de référence.

---

# ANNEXE

C

---

**Bulletin d'opérations de vol MD-80-02-02A : [20]**

Le 6 août 2002, le service des opérations de vol de la société Boeing, constructeur de l'aéronef MD-80, a émis un Bulletin d'information à tous les opérateurs actifs d'aéronefs MD-80 dont la compagnie West Caribbean Airways S.A. Il concernait la « **Description des Modes du Pilote Automatique de l'Aéronef MD-80** », qui sera expliqué ci-après.

Le système de pilote automatique et d'automanette du MD-80 fonctionne sur deux modes de base, « **Vitesse contrôlée par la poussée** » ou Speed on Thrust (**SOT**) et « Vitesse contrôlée par l'assiette longitudinale » ou Speed on Pitch(**SOP**).

Lorsqu'on sélectionne le mode SOT, la gouverne de profondeur est utilisée pour contrôler un mode de vol vertical « ALTITUDE HOLD » ou « VERT SPEED » alors que l'automanette ajuste la puissance pour maintenir la vitesse sélectionnée.

En mode SOP, la gouverne de profondeur est utilisée pour maintenir la vitesse sélectionnée alors que l'automanette est normalement au minimum ou à la limite de poussée et reste constante.

En mode SOT, les pilotes doivent *surveiller* la vitesse sélectionnée pour assurer que la poussée disponible est suffisante pour contrôler la vitesse.

La poussée disponible pourrait être insuffisante pour maintenir la vitesse sélectionnée même avec une poussée qui a atteint la limite maximale.

Toutefois, le pilote automatique commandera la gouverne de profondeur pour maintenir la vitesse verticale tandis que la vitesse chute. La situation est encore plus difficile à percevoir quand on sélectionne « ALTITUDE HOLD ». Si la poussée nécessaire au maintien du niveau de vol est supérieure à la poussée disponible, l'aéronef pourra désaccélérer jusqu'à atteindre le décrochage avant que le pilote automatique ne se déconnecte.

En mode SOT, le contrôle de la gouverne de profondeur par le pilote automatique n'essaiera pas de maintenir la vitesse.

En« ALTITUDE HOLD », une diminution de la vitesse pourrait survenir pendant les opérations à, ou près de l'altitude maximale de croisière pour les conditions existantes. Si l'aéronef est plus lourd que ce qu'indique le devis de masse, l'aéronef pourrait être trop lourd pour l'altitude sélectionnée et la poussée requise pourrait être plus importante que celle disponible, ce qui signifierait une perte subite de vitesse. En conclusion, dans certaines conditions, la vitesse pourrait décroître jusqu'à atteindre le décrochage avant que le pilote automatique ne se déconnecte, les changements environnementaux significatifs pourraient également créer des situations où la poussée disponible sera insuffisante pour maintenir la vitesse à un niveau de vol déterminé.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] Document 9859, manuel de gestion de sécurité ; 3<sup>ème</sup> édition.
- [2] MSGS (manuel de système de gestion de sécurité) de Tassili Airlines.
- [3] U.S department of transportation, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION; ORDER 8000.369A; 2013 .
- [4] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, advisory circular No: 120-92, 2006.
- [5] Information Notice N°2255-I-00; Aide à la mise en place d'un système de gestion de sécurité, fourniture par EUROCOPTER d'une méthodologie de gestion de risque opérationnel ; 2013.
- [6] Mohamed MAZOUNI, Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine. Une meilleur approche du Management des Risques ; 2009.
- [7] International Business Aviation Council (IBAC), SMS tool, Montreal , January 2012.
- [8] document 9734, Manuel de la supervision de la sécurité.
- [9] Direction générale De l'aviation civile Plan d'action stratégique d'amélioration de la sécurité, HORIZON 2018.
- [10] Operator's flight safety handbook, issue 2, December 2001.
- [11] Towards a model of safety culture, article by M.D Cooper .Ph.D, Safety science 36, 2000.
- [12] Article par Heather Parker, sécurité du système d'aviation civile, Transport Canada ; 2007 (DEKKER, S.the field Guide to understand human error).
- [13] EDUARDO SALAS, MAURINO DAN, Human Factor in aviation , 2<sup>nd</sup> Edition , USA,2010.
- [14] Federal Aviation Administration, ANG-C1, 'Human Factors Acquisition Job Aid 'Acquisition Management systeme guidance, July 2013.
- [15] Safety culture definition and enhancement process, CANSO, 2013.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- [16] Kai-Hui Lee , Margaret Stewart , Li-Hua Kao, development of utilities to assess airline cabin safety culture.
- [17] Douglas A.wiegman , Hui Zhang , Terry von Thader , Gunjan Sharma and Alyssa Mitchell; a synthesis of safety culture and safety climate research , June 2002.
- [18] S.J.Cox, A.J.T.Chyne, Assessing safety culture in offshore environments, UK, 2000.
- [19] Rapport final d'accident de l'avion DC-9-83(MD83), exploité par Swift air ; approuvé le 22 Avril 2016.
- [20] Rapport final West Caribbean airways DC-9-82(MD82), 16 Août 2005.
- [21] EASA safety information bulletin, SIB N°2015/07; issue le 15 Avril 2015.
- [22] IATA guidance for environmental factors affecting Loss of control in flight, 1<sup>st</sup> Edition; 2016.

## **Sites web:**

**Web:** [http://www.caa.co.uk\(SafetyManagementSystem](http://www.caa.co.uk(SafetyManagementSystem), civil Aviation Authority; SMS evaluation tool.

**Web2:** <http://www.tc.gc.ca>,

**Web3:** Google

**Web4:** [http://lessonslearned.faa.gov/AirFlorida737/PT2\\_pop\\_up.htm](http://lessonslearned.faa.gov/AirFlorida737/PT2_pop_up.htm)