



**HAL**  
open science

# Articuler sécurité et performance : les décisions d'arbitrage dans le risque en aéronautique

Alexandre Di Cioccio

► **To cite this version:**

Alexandre Di Cioccio. Articuler sécurité et performance : les décisions d'arbitrage dans le risque en aéronautique. Psychologie. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2012. Français. NNT : 2012CNAM0784 . tel-01674153v2

**HAL Id: tel-01674153**

**<https://theses.hal.science/tel-01674153v2>**

Submitted on 10 Apr 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**ÉCOLE DOCTORALE ABBE GREGOIRE**

**Centre de Recherche sur le Travail et le Développement**

**THÈSE** présentée par :

**Alexandre DICIOCCIO**

soutenue le : 16 janvier 2012

pour obtenir le grade de : **Docteur du Conservatoire National des Arts et Métiers**

Discipline : Ergonomie

**Articuler sécurité et performance : les  
Décisions d'Arbitrage dans le risque en  
aéronautique**

**THÈSE dirigée par :**

**Mr. FALZON Pierre**

Professeur, CNAM

**RAPPORTEURS :**

**Mme. CHAUVIN Christine**

**Mme. CARAYON Pascale**

Professeur, Université de Bretagne Sud

Professeur, University of Wisconsin-Madison

**JURY :**

**Mr. DE TERSSAC Gilbert**

**Mr. AMALBERTI René**

Directeur de recherche, CNRS

Directeur scientifique, Prévention médicale

***A Sissi ...***

## Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier Pierre Falzon pour avoir cru en mon projet. Ta vision éclairée de nos premiers échanges a été un guide tout au long de ce travail de recherche. Ton suivi et l'usage parfois abusé de l'encre rouge ont été déterminant dans ma formation de chercheur.*

*Ce projet personnel n'aurait pas été possible sans le soutien de Christian Vernet, qui m'a ouvert le terrain de recherche et soutenu dans cette démarche.*

*Un grand merci à tous les techniciens qui ont participé honnêtement et activement à cette recherche. Une grande admiration pour ce travail extraordinaire que vous accomplissez chaque jour.*

*Merci à Christine Chauvin, Jean-Michel Hoc et Franck Ganier de m'avoir accueilli au sein du réseau PERGO et ainsi d'avoir rompu ma solitude de chercheur breton.*

*Egalement un grand merci à Gael Morel, pour tes échanges, tes remarques pertinentes et ta disponibilité.*

*Mes derniers remerciements vont à mes deux moitiés (Sissi et Flo), qui m'ont supporté et aidé tout au long de ces années merveilleuses.*

## Résumé

Cette recherche s'inscrit dans le domaine de la fiabilité des systèmes sociotechniques complexes et vise à développer une nouvelle approche des arbitrages entre performance et sécurité : l'ingénierie de la résilience. La capacité des systèmes à risques à résister aux perturbations dépend en dernière analyse des acteurs de ces systèmes. Ceux-ci doivent réaliser des arbitrages entre des critères qui peuvent entrer en conflit : critères économiques immédiats (assurer la performance commerciale, par exemple), critères de sécurité (renoncer à satisfaire l'objectif immédiat de production). La thèse porte sur l'activité d'opérateurs d'une compagnie aérienne, en charge de répondre en temps réel à des appels d'équipages d'avions qui signalent une plainte technique. Celle-ci peut-elle être traitée immédiatement ; est-elle bénigne, ou au contraire doit-elle conduire à l'annulation du vol concerné ?

La thèse défendue est que, dans un système ultra sûr et ultra réglé, les conflits entre performance et sécurité se produisent lorsque la « sécurité gérée » rentre en conflit avec la « sécurité réglée ». Pour défendre cette thèse, trois études empiriques ont été mises en œuvre. Ainsi, plusieurs méthodes ont été utilisées en combinaison : l'observation et l'analyse de l'activité, la simulation d'activité, les questionnaires et les autoconfrontations.

Les résultats obtenus ont permis dans un premier temps, d'objectiver les arbitrages entre performance et sécurité puis, dans un second temps d'identifier les critères qui président à ces arbitrages et d'explicitier les processus qui les sous-tendent.

Ces résultats permettent, d'une part de proposer des solutions acceptables telles que, le retour d'expérience par la confrontation des pratiques et d'assimiler la « sécurité gérée » comme un sous-ensemble de la « sécurité réglée » et, d'autre part, de dépasser notre vision négative des violations en les assimilant à une forme d'intelligence des opérateurs dans l'action.

**Mots clés :** Sécurité, Arbitrage, Résilience, Systèmes sociotechniques, Domaine maintenance des avions

## Résumé en anglais

This research is in the field of reliability of complex socio-technical systems and aims to develop a new approach to allow trade-offs between performance and safety: engineering resilience. The ability of systems to cope with disturbances ultimately depends on the operators of these systems. They must make trade-offs between criteria that may conflict: immediate economic criteria (i.e. to ensure business performance), safety criteria (i.e. give up to meet the immediate production objective). The thesis focuses on the activity of an airline's operators, in charge of assistance via telephone for aircrew who report a technical complaint. It can be treated immediately; is it benign, or conversely should it lead to the cancellation of the flight?

The thesis assumes that in an ultra-safe and ultra rule-based system, conflicts between safety and performance occur when the "rule-based safety" conflicts with "adaptative safety". To defend this thesis, three empirical studies have been implemented. Thus, several methods were used in combination: observation and activity analysis, simulation of activities, questionnaires and auto-confrontation.

The results obtained allowed at first to objectify the trade-offs between performance and safety, then in a second instance to identify the criteria governing such trade-offs and explain the processes that underlie them.

These results permit, on one hand, to propose acceptable solutions such as the feedback by comparing the practices and assimilate the "adaptative safety" as a subset of "rule-based safety", and on the other hand to overcome our negative view of violations by treating them as a form of operators' intelligence in action.

**Keywords :** Safety, Trade-offs, Resilience, Socio-technical systems, Aircraft maintenance field

# Table des matières

Remerciements .....	3
Résumé .....	4
Résumé en anglais .....	5
Table des matières .....	6
Liste des tableaux .....	14
Liste des figures .....	16
Liste des figures .....	16
Liste des annexes.....	18
Liste des annexes.....	18
<b>Introduction</b> .....	<b>19</b>
<b>Partie 1 Cadre théorique</b> .....	<b>22</b>
<b>Chapitre 1. La sécurité des systèmes à risques</b> .....	<b>23</b>
Introduction au Chapitre 1.....	23
1.1 Les modèles de gestion des risques.....	23
1.1.1 La gestion des risques : une approche sociotechnique.....	24
1.1.1.1 Le système sociotechnique.....	24
1.1.1.2 La complexité comme source d'accident .....	25
1.1.2 Les modèles d'accident à visée systémique .....	25
1.1.2.1 Le modèle de Reason (1990, 1997).....	27
1.1.2.2 Le modèle de la double migration.....	28
1.1.2.3 Le modèle FRAM : de la trajectoire aux fonctions et leurs performances .....	32
1.2 La gestion opérationnelle de la sécurité .....	33
1.2.1 Un outil de gestion des risques : le SMS.....	34
1.2.1.1 Le référentiel sécurité.....	34
1.2.1.2 Le SMS et les principes de la qualité .....	35
1.2.2 La gestion proactive de la sécurité .....	36
1.2.2.1 L'identification des dangers, l'évaluation des risques et les mesures de mitigation .....	36
1.2.2.2 Se préparer aux situations d'urgence .....	36
1.2.3 La performance en matière de sécurité .....	37
1.2.4 La gestion réactive de la sécurité .....	38
1.2.4.1 L'enquête incident et accident.....	38

1.2.4.2	L'impact de la culture de sécurité sur la gestion réactive de la sécurité .....	39
1.3	Les violations et la sécurité des systèmes sociotechniques.....	40
1.3.1	Les violations de la sécurité : un objet de recherche.....	41
1.3.2	Les violations : actes sûrs ou non sûrs pour la sécurité des systèmes sociotechniques ?.....	42
1.3.3	L'organisation et les violations .....	43
1.4	Questions relatives aux accidents.....	44
1.4.1	La responsabilisation et la responsabilité.....	44
1.4.2	Les modèles d'accidents permettront-ils de détecter le prochain ?.....	45
	Synthèse Chapitre 1.....	46
	<b>Chapitre 2. La résilience dans les systèmes sociotechniques complexes .....</b>	<b>47</b>
	Introduction au Chapitre 2.....	47
2.1	Cadre conceptuel de la résilience .....	48
2.1.1	Définition du concept de résilience .....	48
2.1.2	L'ingénierie de la résilience et la sécurité des systèmes sociotechniques.....	48
2.1.3	Sécurité et résilience.....	50
2.1.4	L'ergonomie et la résilience .....	51
2.2	Les arbitrages (Tradeoffs) .....	52
2.2.1	La Naturalistic Decision Making - NDM.....	52
2.2.1.1	La NDM : un objet la prise de décision des opérateurs en situation naturelle.	53
2.2.1.2	Le modèle « Recognition-Primed Decision » - RPD .....	54
2.2.1.3	La conscience de la situation.....	55
2.2.2	Sécurité vs performance .....	57
2.2.2.1	Les arbitrages entre performance et sécurité.....	57
2.2.2.2	La sécurisation : entre performance et sécurité.....	59
2.2.3	L'évaluation des risques par les opérateurs de première ligne.....	60
2.3	La Sécurité Réglée vs Sécurité Gérée .....	61
2.3.1	Le rôle de la prescription : la « sécurité réglée » .....	61
2.3.1.1	Définition .....	61
2.3.1.2	L'usage de la prescription .....	61
2.3.1.3	La dérive l'hyper-procéduralisation .....	62
2.3.2	Le rôle de le l'individu et de l'organisation : la « sécurité gérée » .....	63
2.3.2.1	Définition .....	63
2.3.2.2	La « sécurité gérée » : une trace de l'expertise des opérateurs .....	63

2.3.2.3	La « sécurité gérée » : le management un acteur essentiel.....	64
2.4	Questions relatives à la résilience .....	64
2.4.1	Réinjecter de la résilience .....	64
2.4.2	La compatibilité des deux formes de sécurité « gérée » et « réglée ».....	65
	Synthèse Chapitre 2.....	67
<b>Partie 2</b>	<b>Contexte de la recherche .....</b>	<b>68</b>
<b>Chapitre 3.</b>	<b>Le transport aérien mondial : un système sociotechnique ultra sûr .....</b>	<b>69</b>
	Introduction au Chapitre 3.....	69
3.1	Le niveau de sécurité du transport aérien : stabilisé sur un plateau .....	70
3.1.1	Le succès de la technologie .....	70
3.1.2	Le plateau de sécurité.....	71
3.1.3	Caractéristiques de ce système ultra sûr : entre sécurité et performance .....	73
3.2	L'aviation commerciale et le Système de Management de la Sécurité.....	74
3.2.1	Le SMS en aviation : une histoire récente.....	74
3.2.2	Un modèle de gestion opérationnelle de la sécurité.....	74
3.3	La maintenance des aéronefs : impact sur la sécurité et sur la prévention des incidents et des accidents .....	76
3.3.1	La maintenance des avions contributive aux accidents aériens .....	76
3.3.1.1	Un impact sur la sécurité.....	76
3.3.1.2	Une évaluation des conséquences difficiles à établir.....	77
3.3.2	La démarche facteurs humains dans la maintenance .....	77
	Synthèse Chapitre 3.....	79
<b>Chapitre 4.</b>	<b>La sécurité des vols par le maintien de la navigabilité.....</b>	<b>80</b>
	Introduction au chapitre 4 .....	80
4.1	Le concept de navigabilité.....	80
4.1.1	Une exigence réglementaire .....	80
4.1.1.1	Définition .....	80
4.1.1.2	Cadre d'exercice.....	81
4.1.2	La certification des avions de transport.....	82
4.1.3	Le suivi de la navigabilité .....	83
4.1.4	L'exploitation des aéronefs : le maintien de la navigabilité.....	83
4.1.4.1	Une responsabilité partagée .....	83
4.1.4.2	L'enregistrement des défauts .....	84
4.1.4.3	L'Approbation Pour Remise en Service - APRS .....	85

4.1.5	Le non maintien de la navigabilité et les accidents aériens.....	85
4.2	Une composante du maintien de la navigabilité : la maintenance des avions.....	86
4.2.1	La maintenance des avions de transport.....	86
4.2.2	La maintenance préventive.....	86
4.2.3	La maintenance curative : l'interaction de quatre systèmes.....	87
4.2.3.1	Rendre compte des défauts : le pilote.....	87
4.2.3.2	Assister les techniciens pour rendre l'avion rapidement apte au vol : le Maintenance Control Center .....	87
4.2.3.3	Réparer et remettre en service l'avion : la maintenance en ligne.....	88
4.2.3.4	Fournir et acheminer les matériels : la logistique .....	89
4.2.4	La maintenance prédictive et améliorative.....	89
4.3	L'usage des règles dans la maintenance des avions .....	89
4.3.1	La maintenance des avions : un ensemble de règles .....	89
4.3.2	La maintenance et les violations .....	90
	Synthèse Chapitre 4.....	91
	<b>Partie 3 Problématique et stratégies de recherche</b> .....	92
	<b>Chapitre 5. Problématique et stratégies de recherche</b> .....	93
5.1	Problématique.....	93
5.2	Stratégies .....	96
5.2.1	La recherche : une combinaison de méthodes.....	96
5.2.1.1	L'analyse de l'activité .....	97
5.2.1.2	La simulation.....	97
5.2.1.3	Les autoconfrontations .....	98
5.2.2	La place du chercheur cadre dans l'entreprise de transport aérien .....	98
5.2.2.1	Le chercheur responsable Facteurs Humains de la maintenance .....	98
5.2.2.2	Le chercheur expert dans le domaine.....	99
	<b>Partie 4 Recherche empirique / Résultats</b> .....	101
	Introduction à la Partie 4 .....	102
	<b>Chapitre 6. La Hot Line, une unité fonctionnelle d'une compagnie aérienne</b> .....	103
	Introduction au Chapitre 6.....	103
6.1	Le système sociotechnique de recherche : une compagnie aérienne régionale..	103
6.1.1	Une exploitation opérationnelle particulière : le concept de HUB .....	103
6.1.2	Les avions régionaux.....	104
6.2	Le terrain de recherche : l'assistance technique d'un avion en exploitation.....	105

6.2.1	La Hot Line : une composante majeure du Maintenance Control Center .....	105
6.2.1.1	Organisation du Maintenance Control Center.....	105
6.2.1.2	Cadre réglementaire d'exercice de l'assistance technique des avions .....	106
6.2.1.3	La population.....	106
6.2.1.4	Organisation du travail .....	108
6.2.1.5	Moyens techniques / Ressources.....	108
6.2.2	L'assistance technique.....	109
6.2.2.1	La Hot Line : décider de la poursuite ou de l'arrêt des vols .....	109
6.2.2.2	La décision d'action : enjeux pour la sécurité et économique .....	110
6.2.2.3	La décision d'action en situation dynamique.....	111
6.2.3	Traiter un défaut : un processus défini et formalisé.....	112
6.2.3.1	Différer le traitement du défaut : poursuivre les vols.....	112
6.2.3.2	Traiter le défaut : arrêter les vols .....	113
6.2.4	L'assistance technique : un ensemble de contraintes .....	114
6.2.5	La décision d'action et le statut de l'avion.....	116
<b>Chapitre 7.</b>	<b>Les Décisions d'Arbitrage .....</b>	<b>117</b>
	Introduction au chapitre 7 .....	117
7.1	Le pré-diagnostic : rechercher les traces des Décisions d'Arbitrage .....	117
7.1.1	Objectifs du pré-diagnostic .....	117
7.1.2	Méthode de recueil des données.....	118
7.1.3	Méthode d'analyse des données.....	118
7.1.4	Les résultats.....	118
7.1.5	Les hypothèses de recherche issues du pré-diagnostic.....	118
7.2	Le diagnostic : objectiver et quantifier les Décisions d'Arbitrage.....	119
7.2.1	Objectifs de l'analyse de l'activité.....	119
7.2.2	Méthodes de recueil et d'analyse des données : les Protocoles d'Assistance Technique .....	119
7.2.2.1	L'identification des variables caractéristiques d'une assistance technique ...	119
7.2.2.2	Le codage des Protocoles d'Assistance Technique.....	121
7.2.3	Expérimentation : le recueil et l'analyse des données.....	122
7.2.4	Les résultats de l'analyse des Protocoles d'Assistance Technique .....	122
7.2.4.1	Le prédicat <ACTION> : la trace des Décisions d'Action .....	122
7.2.4.2	Les <DIF> et les <ASU> : les traces de la Décision d'Arbitrage ? .....	123
7.2.4.2.1	Les <ASU> : décider de suivre l'évolution d'un défaut .....	124

7.2.4.2.2	Les <DIF> : décider de différer le traitement d'un défaut .....	124
7.2.4.2.3	Les THL et décider de différer le traitement d'un défaut .....	125
7.2.4.2.4	Les <DIF> et <ASU> : plainte non inscrite au Technical Log Book	126
7.2.4.3	Les techniciens Hot Line et les contraintes .....	126
7.2.4.4	Ne pas appliquer les règles un risque pour la sécurité ?.....	128
	Synthèse Chapitre 7.....	129
<b>Chapitre 8.</b>	<b>La simulation d'une assistance technique.....</b>	<b>132</b>
	Introduction au chapitre 8 .....	132
8.1	La simulation : les Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité.....	132
8.1.1	Objectifs de la simulation et hypothèses de recherche.....	132
8.1.2	Méthode d'élaboration du scénario .....	134
8.1.2.1	Critères de choix du scénario .....	134
8.1.2.2	Construction du scénario .....	134
8.1.2.2.1	Choix de la situation écologique de base .....	134
8.1.2.2.2	Modélisation de la Décision d'Arbitrage .....	135
8.1.2.2.3	Les variables indépendantes : le choix des contraintes .....	136
8.1.2.2.4	Indices de caractérisation de la poursuite des vols.....	137
8.1.2.2.5	Le scénario : le défaut d'un alti-secours à Nantes.....	138
8.1.2.2.6	Le scénario, la Décision d'Arbitrage et les conséquences .....	138
8.1.2.3	Méthode de recueil des données : les variables dépendantes.....	139
8.1.3	Méthode d'analyse des Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité .....	139
8.1.3.1	L'analyse macro .....	140
8.1.3.2	L'analyse micro.....	143
8.1.4	Déroulement des ESCA .....	145
8.1.5	Les résultats.....	147
8.1.5.1	Les Décisions d'Arbitrage en faveur de la performance.....	147
8.1.5.1.1	Le traitement de l'avion : production ou sécurité ?.....	147
8.1.5.1.2	Les effets de l'expérience : capacités à réagir, surveiller et anticiper .....	147
8.1.5.2	Les Techniciens Hot Line et les contraintes.....	149
8.1.5.3	La modélisation de la Décision d'Arbitrage .....	151
8.1.5.3.1	La Décision d'Arbitrage en faveur de la poursuite des vols .....	151
8.1.5.3.2	La Décision d'Arbitrage en faveur de la sécurité.....	152
8.1.5.4	Le jugement de sacrifice .....	153
8.1.5.5	La négociation entre le THL et le CDB .....	154

8.1.5.5.1	La négociation : durée et nombre d'interventions.....	154
8.1.5.5.2	La négociation sur le maintien de la performance : poursuivre les vols ....	155
8.1.5.5.3	La tentative de négociation du CDB pour le maintien de la performance .	157
8.2	Les techniciens Hot Line et les contraintes : évaluation par questionnaire .....	158
8.2.1	Objectifs du questionnaire.....	158
8.2.2	Méthode de construction du questionnaire.....	158
8.2.3	Le recueil des données .....	160
8.2.4	Analyse statistique.....	160
8.2.5	Résultats .....	160
8.2.5.1	Les types de contraintes et les classes des Techniciens Hot Line.....	160
8.2.5.2	Les vingt items du questionnaire et les Techniciens Hot Line.....	161
	Synthèse Chapitre 8.....	163
<b>Chapitre 9.</b>	<b>L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage et leurs dimensions.....</b>	<b>166</b>
	Introduction au chapitre 9 .....	166
9.1	Les autoconfrontations .....	167
9.1.1	Objectifs .....	167
9.1.2	Méthode de construction des autoconfrontations.....	167
9.1.3	Le recueil et la méthode d'analyse des données .....	168
9.1.4	Les résultats.....	169
9.1.4.1	Les critères d'acceptabilité d'un défaut : une évaluation subjective des risques par le THL.....	169
9.1.4.2	Le THL et le CDB : deux systèmes en interaction.....	171
9.1.4.3	L'usage des règles par les THL.....	173
9.1.4.4	Les Décisions d'Arbitrage : maintenir la performance en intégrant la dimension sécurité.....	174
9.2	Les cadres pilotes : l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage.....	176
9.2.1	Objectifs de l'évaluation de l'acceptabilité de la Décision d'Arbitrage .....	176
9.2.2	Méthode et recueil des données .....	176
9.2.3	Résultats .....	176
	Synthèse Chapitre 9.....	177
	Synthèse globale des résultats .....	180
	<b>Discussion / Conclusion.....</b>	<b>184</b>
	Introduction à la partie Discussion / Conclusion .....	185
10.1	La compagnie aérienne et les Décisions d'Arbitrage.....	186

10.1.1	La restitution des résultats.....	186
10.1.2	Pistes d'amélioration envisagées au niveau du management.....	186
10.1.2.1	L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage .....	186
10.1.2.2	Intégrer ces règles aux référentiels.....	188
10.1.2.3	La culture de sécurité de l'entreprise .....	189
10.1.3	Pistes d'amélioration envisagées au niveau des opérateurs .....	189
10.1.3.1	La gestion saine et responsable des Décisions d'Arbitrage .....	189
10.1.3.2	Le Retour d'Expérience par la confrontation des pratiques.....	190
10.1.3.3	Améliorer la « sécurité gérée » : la sécurité comme une activité de « sensemaking » .....	192
	Synthèse des pistes d'amélioration .....	193
10.2	Les Décisions d'Arbitrage : marqueur de résilience .....	194
10.2.1	Les Décisions d'Arbitrage : violation ou intelligence dans l'action ? .....	194
10.2.2	L'arbitrage raisonné dans un système sociotechnique ultra réglé.....	195
10.2.2.1	Décider de ne pas suivre la règle.....	195
10.2.2.2	Décider lorsqu'il n'y a pas de règle .....	196
10.2.2.3	L'arbitrage raisonné : un conflit de « sécurité ».....	196
10.2.3	Les Décisions d'Arbitrage : une nouvelle approche de la « sécurité réglée »	197
10.2.4	L'arbitrage raisonné des opérateurs : une réalité légitime probable ?.....	198
10.3	La Sécurité gérée et la Sécurité réglée : deux composantes de la sécurité des systèmes .....	200
10.3.1	La « sécurité gérée » : une composante de la sécurité aux multiples visages	200
10.3.2	La sécurité totale du système : bien plus qu'une simple addition de la « sécurité gérée » et de la « sécurité réglée » .....	201
10.3.3	Réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée » .....	204
	Perspectives de recherche.....	206
	<b>Bibliographie</b> .....	207
	<b>Annexes</b> .....	222
	Résumé .....	241
	Abstract .....	242

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1. Conditions latentes et défaillances actives</i> .....	28
<i>Tableau 2. Les quatre barrières, leurs fonctions et leur efficacité selon Hollnagel (1999)</i> ....	30
<i>Tableau 3. Comparatif du PDCA et des thèmes constitutifs d'un SMS (INERIS, 2006)</i> .....	35
<i>Tableau 4. Caractéristique de la naturalistic decision making vs recherches traditionnelles de prise de décision (d'après Randel et Pugh, 1996)</i> .....	54
<i>Tableau 5. Les composantes de la Sécurité selon la performance sécurité du système</i> .....	66
<i>Tableau 6. Classes d'expertise des THL</i> .....	108
<i>Tableau 7. Décisions d'Actions et conséquences commerciales</i> .....	111
<i>Tableau 8. Les huit variables de l'assistance technique</i> .....	120
<i>Tableau 9. Codage des situations d'assistance technique</i> .....	121
<i>Tableau 10. Extrait du tableau d'analyse des situations d'assistance technique du lundi 31 août 2009</i> .....	122
<i>Tableau 11. Distribution des arguments du prédicat &lt;ACTION&gt;</i> .....	122
<i>Tableau 12. Statut prescrit du &lt;DEFAULT&gt; et décision du THL</i> .....	123
<i>Tableau 13. Valeur des arguments des &lt;DIF&gt; et &lt;ASU&gt;</i> .....	124
<i>Tableau 14. Exemples de défauts ayant été différés</i> .....	129
<i>Tableau 15. Variables indépendantes de la simulation d'activité</i> .....	137
<i>Tableau 16. Les Décisions d'Arbitrage possibles, le traitement du défaut et les risques</i> .....	138
<i>Tableau 17. Variables dépendantes de la simulation d'activité</i> .....	139
<i>Tableau 18. Exemple de Codage d'Activités Élémentaires</i> .....	142
<i>Tableau 19. Les quatre Décisions d'Arbitrage, le traitement du défaut et les risques</i> .....	148
<i>Tableau 20. Décision d'Arbitrage des THL et utilisation de la MEL</i> .....	150
<i>Tableau 21. Expression du jugement de sacrifice du JE2</i> .....	153
<i>Tableau 22. Durée en secondes et nombre d'interventions des négociations CDB et THL</i> ..	154
<i>Tableau 23. Contre-arguments des JN et réaction du CDB</i> .....	155
<i>Tableau 24. Négociation du CDB pour poursuivre les vols</i> .....	157
<i>Tableau 25. Relation entre les items et les quatre niveaux de contraintes</i> .....	159
<i>Tableau 26. Score des items dont l'écart type est &gt; 0,9</i> .....	162
<i>Tableau 27. Objectifs et critères associés des autoconfrontations</i> .....	167
<i>Tableau 28. Guide d'autoconfrontation de l'AN5</i> .....	168
<i>Tableau 29. Décision d'Arbitrage des THL et utilisation de la MEL</i> .....	174
<i>Tableau 30. Bénéfices attendus de la Décision d'Arbitrage</i> .....	175

<i>Tableau 31. Acceptabilité Décisions d'Arbitrage par les cadres pilotes .....</i>	<i>177</i>
<i>Tableau 32. Définition de la « sécurité gérée » en fonction du niveau de sécurité du système sociotechnique et de la « sécurité réglée » .....</i>	<i>201</i>

## Liste des figures

<i>Figure 1. Représentation du système sociotechnique selon Rasmussen (1997)</i> .....	24
<i>Figure 2. Les trois catégories d'accidents majeurs</i> .....	26
<i>Figure 3. Le modèle de Reason (1990, 1997)</i> .....	28
<i>Figure 4. Le modèle de la double migration d'Amalberti (2000, 2001)</i> .....	29
<i>Figure 5. L'enveloppe de sécurité (Hale et al., 2007)</i> .....	31
<i>Figure 6. Unité opérationnelle élémentaire et les six fonctions</i> .....	32
<i>Figure 7. Le modèle FRAM (Hollnagel, 2004)</i> .....	33
<i>Figure 8. Les indicateurs sécurité "réactif et proactif" dans le contexte du modèle systémique de Reason (1993)</i> .....	37
<i>Figure 9. Le cadre macro-ergonomique des violations de sécurité Alper et Karsh (2009)</i> ....	41
<i>Figure 10. Le modèle d'évaluation proactif des défenses (Edkins, 1998)</i> .....	45
<i>Figure 11. Les quatre capacités d'un système résilient (d'après Hollnagel, 2010)</i> .....	49
<i>Figure 12. Modèle de la SA en situation dynamique (traduit de Endsley, 1995b)</i> .....	56
<i>Figure 13. Les deux modèles de sécurisation d'un système peu sûr (Morel, 2007)</i> .....	60
<i>Figure 14. Nombre global de décès de passagers par 100 millions de milles parcourus, opérations de transport commercial régulier (EASA, 2009)</i> .....	70
<i>Figure 15. Répartition géographique des accidents mortels en services réguliers survenus en 2009 et de l'activité aérienne (Rapport DGAC, 2010)</i> .....	72
<i>Figure 16. Évolution du nombre annuel d'accidents mortels en services réguliers dans le monde (Rapport DGAC, 2010)</i> .....	73
<i>Figure 17. Modèle SMS d'une compagnie aérienne (Dicioccio, 2011)</i> .....	75
<i>Figure 18. Représentation du système sociotechnique de maintien de la navigabilité selon Rasmussen (1997)</i> .....	82
<i>Figure 19. Processus de certification d'un aéronef (DGAC, 2008)</i> .....	83
<i>Figure 20. Histogramme de répartition pas âge (classe de 5 ans) des THL au 30/09/2009</i> .	106
<i>Figure 21. Histogramme de répartition par ancienneté à la Hot Line (classe de 5 ans) des THL au 30/09/2009</i> .....	107
<i>Figure 22. Histogramme d'ancienneté des THL au 30/09/2009</i> .....	107
<i>Figure 23. Traitement de remise en service d'un avion</i> .....	113
<i>Figure 24. Modèle des contraintes de l'assistance technique (d'après Sachon &amp; Paté-Cornell, 2000)</i> .....	115
<i>Figure 25. Modèle de l'assistance technique : statut du défaut et décision THL</i> .....	116

<i>Figure 26. Histogramme classes THL et &lt;DIF&gt; en fonction de la règle.....</i>	125
<i>Figure 27. Histogramme vacation THL1/THL2 et le nombre de &lt;DIF&gt; .....</i>	126
<i>Figure 28. Histogramme nombre d'avions en panne et &lt;DIF&gt; .....</i>	127
<i>Figure 29. Histogramme plages de HUB et DIF .....</i>	128
<i>Figure 30. Modèle théorique de la Décision d'Arbitrage d'un défaut NOGO .....</i>	136
<i>Figure 31. Schéma de la négociation langagière selon Roulet et al. (1985).....</i>	143
<i>Figure 32. Histogramme classes d'expertise THL et durée de l'ESCA en minutes.....</i>	146
<i>Figure 33. Histogramme classes d'expertise THL et décision prise.....</i>	147
<i>Figure 34. Histogramme classes d'expertise THL et temps de traitement du défaut .....</i>	148
<i>Figure 35. Processus de Décision d'Arbitrage en faveur de la production.....</i>	151
<i>Figure 36. Processus de Décision d'Arbitrage en faveur de la sécurité.....</i>	152
<i>Figure 37. Graphique des quatre types de contraintes et des quatre classes de THL.....</i>	160
<i>Figure 38. Score moyenné des 20 items .....</i>	161
<i>Figure 39. L'assistance technique : un système en interaction.....</i>	172
<i>Figure 40. Modèle de Décision d'Arbitrage raisonnée des opérateurs dans un système sociotechnique ultra réglé .....</i>	197
<i>Figure 41. Les zones d'arbitrages raisonnés et l'enveloppe de sécurité.....</i>	202

## Liste des annexes

Annexe 1. La transcription de l'ESCA N°1 .....	223
Annexe 2. Les codages « prédicats-arguments » .....	229
Annexe 3. Analyse macro de l'ESCA N°1 .....	231
Annexe 4. Analyse macro des ESCA des Jeunes Novices.....	233
Annexe 5. Analyse micro de l'ESCA N°1 .....	239

# **Introduction**

## Introduction

Cette thèse porte sur les arbitrages que doivent réaliser les techniciens de maintenance d'avions commerciaux, entre des critères qui peuvent rentrer en conflit et tout particulièrement la sécurité et la performance. Chaque année, environ 2,7 milliards de passagers prennent l'avion. Si les passagers recherchent les prix les plus bas pour voyager, le faible coût d'un billet ne doit pas se faire aux dépens de la sécurité. La sécurisation de cette industrie ultra sûre est devenue un objet politique, et une tendance croissante pour criminaliser les accidents aériens émerge.

Depuis une vingtaine d'années, le nombre d'accidents aériens ne baisse plus, faisant dire aux experts que le niveau global de sécurité a atteint un plateau (0,5 accident aérien par million de mouvements). Les recherches se sont naturellement portées vers les maillons faibles du système : le pilote puis le contrôle aérien. Le domaine de la maintenance n'a pas suscité un tel engouement de la part de la recherche. Ce retard semble de nos jours se combler. La stagnation du niveau de sécurité a conduit les autorités internationales de l'aviation civile à imposer la mise en œuvre de Système de Management de la Sécurité dans le contrôle aérien, les aéroports, puis au sein des compagnies aériennes et des organismes de maintenance.

D'une façon plus générale, ces problématiques de sécurité se retrouvent dans l'ensemble des systèmes sociotechniques et ceci quel que soit le niveau de sécurisation atteint. La tendance générale est de prendre comme modèle le transport aérien et à privilégier la voie de la procéduralisation en essayant d'intégrer la sécurité produite par l'opérateur. Ces deux composantes de la sécurité contribuent au niveau de sécurité du système. On peut raisonnablement penser que l'étude de ces deux composantes dans le domaine aérien peut servir de base pour interroger les modèles de sécurité.

La présente thèse s'inscrit dans cette perspective. Son objectif est de fournir, à partir de l'étude des arbitrages que doivent réaliser les techniciens de maintenance entre l'objectif de maintenir la performance (poursuivre les vols) et celui de sécurité (stopper les vols) pouvant rentrer en conflit, des éléments de compréhension sur les critères qui président à ces arbitrages. L'expression de la « sécurité gérée » dans un domaine ultra réglé peut servir de comparatif à celle observée dans d'autres domaines. La thèse défendue est que dans un

système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé les arbitrages se produisent lorsque la « sécurité réglée » entre en conflit avec la « sécurité gérée » et que les arbitrages raisonnés reposent sur la résilience des opérateurs qui permet de faire un écart aux règles ou de sacrifier la performance économique lorsque le risque d’opérer hors de l’enveloppe de sécurité existe.

La thèse s’articule autour de quatre parties.

La **première partie** de la thèse présente le cadre théorique de la recherche articulée autour d’une revue de questions. Dans le chapitre 1, la sécurisation des systèmes à risques sera abordée au travers des modèles d’accidents et d’une approche de la gestion opérationnelle de la sécurité. Le chapitre suivant exposera la nouvelle approche de la sécurité proposée par l’ingénierie de la résilience.

La **deuxième partie** de la thèse a pour objectif de présenter le cadre applicatif de la recherche. Les problématiques liées au plateau de sécurité atteint depuis 20 ans seront traitées sous l’angle de la maintenance des avions dans le chapitre 3. Le principe de la sécurité des vols par le maintien de la navigabilité sera abordé dans le chapitre 4.

La **troisième partie de la thèse** présentera la problématique de recherche et les stratégies de recherche. Un éclairage sur les orientations suivies, découlant des stratégies liées à la particularité du terrain naturel d’étude et les méthodes de recherche adoptées, sera réalisé en fin du chapitre 5.

La **quatrième partie** de cette thèse développera la recherche empirique et les résultats obtenus. Dans un premier temps, le terrain de recherche au niveau sociotechnique, puis au niveau de l’unité fonctionnelle choisie seront présentés dans le chapitre 6. Les trois études empiriques mises en œuvre, les analyses conduites ainsi que les principaux résultats seront développés dans les trois chapitres suivants. Le chapitre 7 présentera la première étude basée sur l’analyse des traces de l’activité de situations d’assistance technique et le codage en protocoles. Le chapitre 8 exposera la simulation d’activité réalisée sous la forme d’Entretiens Scénarisés Centrés sur l’Activité. Pour finir, le chapitre 9 présentera les entretiens d’autoconfrontation non consécutifs à la simulation d’une assistance technique et le questionnaire d’acceptabilité.

# **Partie 1**

## **Cadre théorique**

# Chapitre 1. La sécurité des systèmes à risques

## Introduction au Chapitre 1

La complexité croissante des systèmes de haute technologie comme l'aéronautique, le maritime, le nucléaire, la santé, l'industrie chimique et pétrolière, a généré de nouveaux modes de défaillance potentiellement désastreux et de nouvelles problématiques de sécurité. Ainsi, dans ces systèmes sociotechniques, il n'est plus possible d'appréhender la sécurité uniquement sous une approche centrée sur l'erreur humaine et/ou de la défaillance technique (Reason, 1990 ; Rasmussen, 1997). L'étude des accidents dans ces systèmes a longuement intéressé de nombreuses disciplines (psychologie, sociologie, sciences de l'ingénieur), qui ont développé des modèles d'accidents majeurs et des approches différentes d'analyse et de prévention des accidents. Par exemple, la sociologie des organisations a apporté une contribution significative à la sécurité en mettant l'accent sur l'aspect organisationnel des accidents. Deux courants ont suivi cette voie : la théorie de l'accident normal (Perrow, 1984 ; 1994) et « High Reliability Theory - H.R.O » (Weick, 1987 ; Roberts, 1990 ; La porte & Consolini, 1991). L'étude de la gestion des risques dans les situations de travail est un domaine en pleine expansion (Amalberti, 2004), dans lequel l'ergonomie trouve un vaste terrain d'investigation, allant du niveau d'analyse de l'opérateur aux grands systèmes politiques. La gestion opérationnelle des risques dans les systèmes sociotechniques s'est traduite par un engouement pour les Systèmes de Management de la Sécurité.

Le premier chapitre présente de façon non exhaustive la sécurisation des systèmes sociotechniques à risques ayant pour objectif de les protéger contre les accidents. Dans un premier temps, nous présenterons les modèles de gestion des risques qui nous paraissent pertinents pour rendre compte des accidents dans les systèmes sociotechniques. Puis dans un second temps, les Systèmes de Management de la Sécurité (SMS) seront abordés en tant que moyen de gestion proactive et réactive de la sécurité. Pour conclure ce premier chapitre, quelques pistes de questionnement seront évoquées.

### 1.1 Les modèles de gestion des risques

Pendant plus de cinq décennies, les scientifiques ont consacré des efforts considérables pour comprendre et expliquer les causes des accidents (Perrow, 1984 ; Reason, 1990 ; Rasmussen,

1997, Woods, 2004 ; Hollnagel, 2004). Selon Rasmussen (1997), l'étude de la gestion des risques et des accidents doit impliquer la mise en œuvre d'une analyse des systèmes sociotechniques et doit être guidée par un modèle de gestion des risques. Ces deux conditions constituent un préalable à une compréhension des mécanismes à l'origine d'un accident et/ou presque accident (i.e. incident).

### 1.1.1 La gestion des risques : une approche sociotechnique

#### 1.1.1.1 Le système sociotechnique

Comparée aux conditions stables du passé, la société actuelle a apporté des changements dans la gestion des risques industriels (Rasmussen, 1997). L'industrie a été transformée par l'évolution rapide des technologies, des systèmes d'information et de communication. Les sites industriels sont devenus de plus en plus conséquents et, de ce fait, le risque d'accident majeur a augmenté. Ainsi les organisations industrielles de la société moderne sont des systèmes sociotechniques complexes et dynamiques (Perrow, 1984 ; Rasmussen, 1997 ; Leveson, 2004) qui produisent un service ou un produit tout en devant gérer des risques.

Rasmussen (1986, 1997) a modélisé les « systèmes sociotechniques » (Figure 1) sous la forme de différentes strates variant selon le type d'industrie et allant des législateurs à l'organisation et son fonctionnement. Ainsi ce modèle décompose les systèmes sociotechniques selon ses dimensions technique, humaine et organisationnelle.

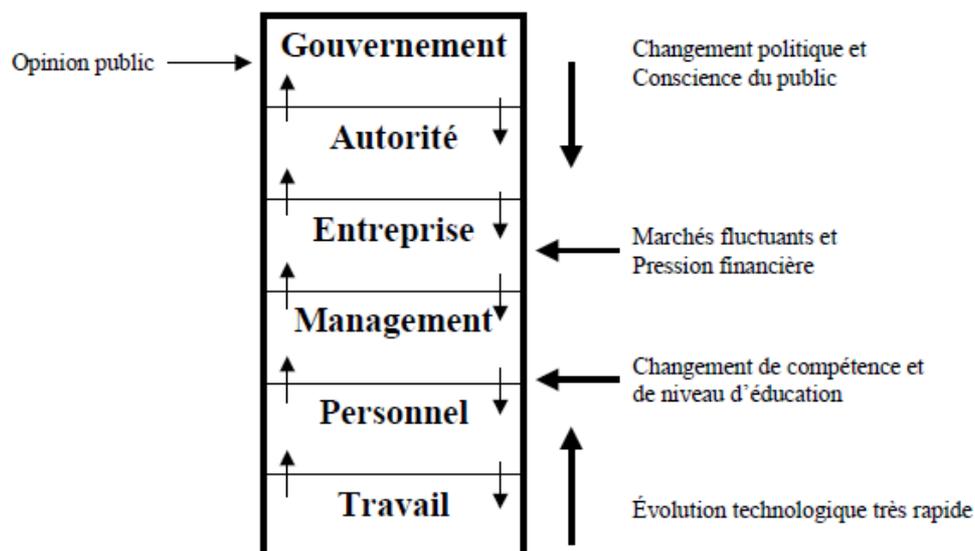


Figure 1. Représentation du système sociotechnique selon Rasmussen (1997)

L'analyse des systèmes sociotechniques permet donc d'identifier l'ensemble des contraintes au niveau de chacune des strates organisationnelles. Ces contraintes vont nécessairement impacter l'activité des opérateurs qui, pour y faire face, vont mettre en œuvre un ensemble de stratégies qui pourront, dans un certain nombre de cas, être à l'origine d'un accident.

#### 1.1.1.2 La complexité comme source d'accident

Les recherches menées dans le cadre de la gestion des risques se sont focalisées pendant des années sur l'opérateur de première ligne c'est à dire au niveau micro (« sharp end ») (Woods et al., 1994). Ainsi, les modèles se sont concentrés sur la compréhension de l'interaction homme-machine ou sur l'analyse de l'erreur humaine en étant centrés sur les opérateurs. Exprimer que l'erreur humaine est un facteur contributif dans 70 à 80 % des cas n'est pas suffisant pour expliquer un accident. La complexité des systèmes sociotechniques est source d'accident. Il faut donc étendre la réflexion sur l'analyse des accidents à la relation micro/macro (« blunt end »). Pour ce faire Rasmussen (1993, 1997) a proposé les premiers fondements sur l'approche systémique. L'étude des accidents se produisant dans les systèmes sociotechniques modernes nécessite de s'intéresser au système et à ses défenses plutôt qu'à l'opérateur. De la sorte, l'étude des incidents et des accidents doit avoir une visée systémique.

#### 1.1.2 Les modèles d'accident à visée systémique

Depuis les années 1930, les modèles d'accident majeurs ont largement évolué (Figure 2) et peuvent être classifiés en trois grandes catégories (Hollnagel, 2004) : linéaire, épidémiologique et systémique. L'accident a été dans un premier temps perçu comme l'aboutissement naturel d'une série d'événements et/ou de circonstances qui se produisent invariablement dans un ordre fixe et logique. Le modèle prépondérant de cette théorie est celui des « Dominos » d'Heinrich (1931) qui traduit la linéarité de propagation des liens de cause à effet. Cette vision est toujours d'actualité puisque l'arbre des causes, le nœud papillon, ou encore l'AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) sont des outils analytiques ancrés sur les bases du modèle d'Heinrich. Ces outils et modèles sont adaptés pour analyser des accidents simples qui surviennent dans des systèmes peu complexes.

A partir des années 1950, Gordon (1949) a proposé une approche épidémiologique pour caractériser les accidents domestiques et militaires. Il a découvert que les facteurs environnementaux semblent se combiner avec un événement déclencheur, et que l'accident est sans commune mesure avec cet événement. Quelques années plus tard, à partir de

nombreuses analyses d'accidents (i.e. la mine de Glamorgan en 1965), Turner (1978) a introduit un nouveau facteur : « la période d'incubation » pour distinguer les catastrophes et les accidents moins graves. Avec son modèle « Man-made Disasters », Turner (1978) est à l'origine de la première théorie moderne concernant la vulnérabilité de l'organisation face aux catastrophes. Il occupe par conséquent une part centrale dans les recherches sur les accidents. Ce modèle a fortement contribué à la compréhension théorique des catastrophes industrielles et des crises managériales et administratives dans les courants européens (i.e. Reason 1990) et américains (i.e. Perrow 1984 ; Vaughan 1990, 1996, 2005 ; Pidgeon & O'Leary, 2000).

Ces vues ont été progressivement élargies à une vision systémique, dans laquelle l'accident est le résultat d'interactions complexes entre les différentes composantes du système plutôt que d'une succession d'événements déterministes. En effet les systèmes complexes modernes sont composés d'opérateurs humains et d'artefacts techniques qui sont intégrés dans des structures sociales complexes, telles que les objectifs organisationnels, les aspects politiques et culturels, économiques, juridiques et environnementaux. Ainsi, l'étude des systèmes complexes modernes requiert une compréhension des interactions et des interrelations entre les aspects techniques, humains, sociales et organisationnelles du système. Pour ce faire, les modèles d'accidents séquentiels et épidémiologiques ne sont pas adaptés pour rendre compte des interactions dynamiques et non-linéaires des composants d'un système socio-économiques complexes. L'utilisation de modèles systémiques et par conséquent nécessaire (Hollnagel, 2004).

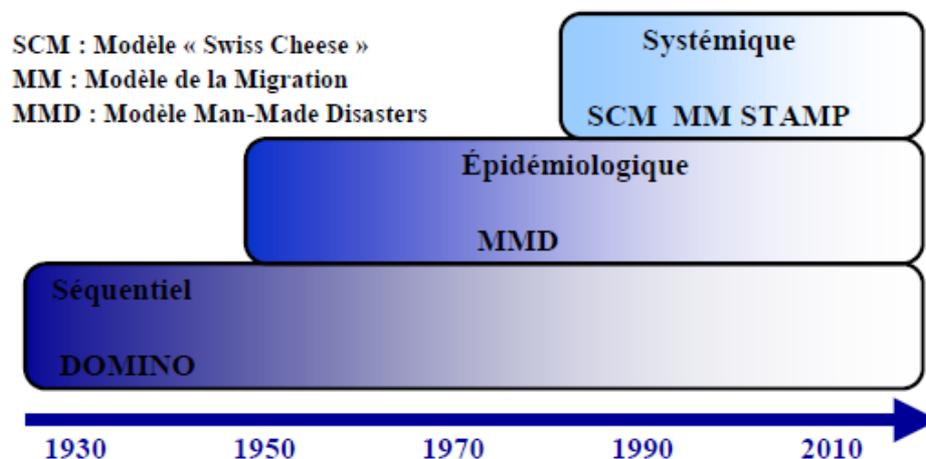


Figure 2. Les trois catégories d'accidents majeurs

### 1.1.2.1 Le modèle de Reason (1990, 1997)

Les accidents qui se produisent au sein des systèmes sociotechniques ne résultent pas d'une seule et unique défaillance. La plupart de ces accidents se caractérisent par un enchaînement de plusieurs petits échecs et de nombreux événements contributeurs qui, pris individuellement, sont insuffisants pour que l'accident survienne (Reason, 1990). Le modèle systémique développé par Reason (1990, 1997) est un dispositif heuristique explicatif permettant de rendre compte des interactions et des enchaînements qui se produisent dans un système complexe bien protégé lors d'un accident (Reason et al., 2006). Ce modèle traduit le fait qu'aucune défaillance, quelle soit humaine ou technique, n'est suffisante pour provoquer un accident. Ainsi, l'interaction et le cumul entre les conditions latentes et défaillances actives rendent l'accident multi-causal.

Cette distinction entre conditions latentes et défaillances actives traduit une distance par rapport à l'accident et souligne l'importance des facteurs organisationnels.

Les défaillances actives résultent d'actes non sûrs commis par les opérateurs de première ligne qui interagissent directement avec le processus de production au niveau « sharp end » (Woods et al., 1994), et c'est à ce niveau que les accidents se produisent.

Les conditions latentes peuvent résider, par exemple, dans les décisions prises au niveau des strates organisationnelles et managériales au niveau « blunt end ». Ces décisions sont généralement éloignées en distance et en temps du processus de production. Ces décisions sont relatives, par exemple, aux stratégies d'entreprise, aux choix de conception et d'organisation et à l'acquisition de nouveaux matériels ou celui de maintenir le matériel existant. Elles s'exercent dans un cadre contraint soumis aux pressions extérieures (autorité, public, client, etc.) avec pour objectif généralement des problématiques liées à la production. Les conditions latentes peuvent rester en « sommeil » pendant une longue période et n'être révélées ou activées que si d'autres conditions d'activation sont rencontrées.

Une condition latente n'est pas une des causes d'un accident, mais elle est nécessaire pour qu'un facteur causal ait un impact. Par exemple, l'oxygène est une condition nécessaire pour qu'il y ait un feu, mais la cause de l'incendie c'est la source d'ignition. Cette notion de conditions latentes permet de comprendre les causes d'un accident, en ne se limitant pas qu'aux opérateurs de première ligne (« sharp end »), mais en remontant jusqu'au niveau organisationnel (« blunt end ») en recherchant, par exemple, les décisions prises qui ont eu une incidence sur l'accident.

Tableau 1. Conditions latentes et défaillances actives

Conditions latentes	Défaillances actives
Organisation du travail / management Réglementation internationale et nationale / Pression de la production / Décisions opérationnelles, acquisition de matériel / Horaires de travail / Culture de sécurité / Gestion des risques	Opérateur <b>Facteurs individuels</b> Erreurs / Violations
Conception Environnement de travail / Aéronef / Tâches / Equipement de protection / Procédures / Formation	

Le modèle « swiss cheese » de Reason (1997) rend compte de la dynamique de genèse d'un accident. Ainsi, chaque tranche de gruyère (Figure 3) représente une barrière de défense à des niveaux d'organisation de plus en plus élevés (Reason, 1997). Les trous dans les barrières sont les traces des défaillances de ces dernières. Lorsque tous les trous sont alignés, une trajectoire accidentelle (Figure 3 flèche rouge) se développe au travers de l'ensemble des barrières. Lorsque la séquence accidentelle est arrêtée par une défense, il se produit alors un incident. Dans une organisation les décisions qui sont prises au niveau « Blunt end » et « Sharp end » peuvent avoir une incidence sur les accidents.

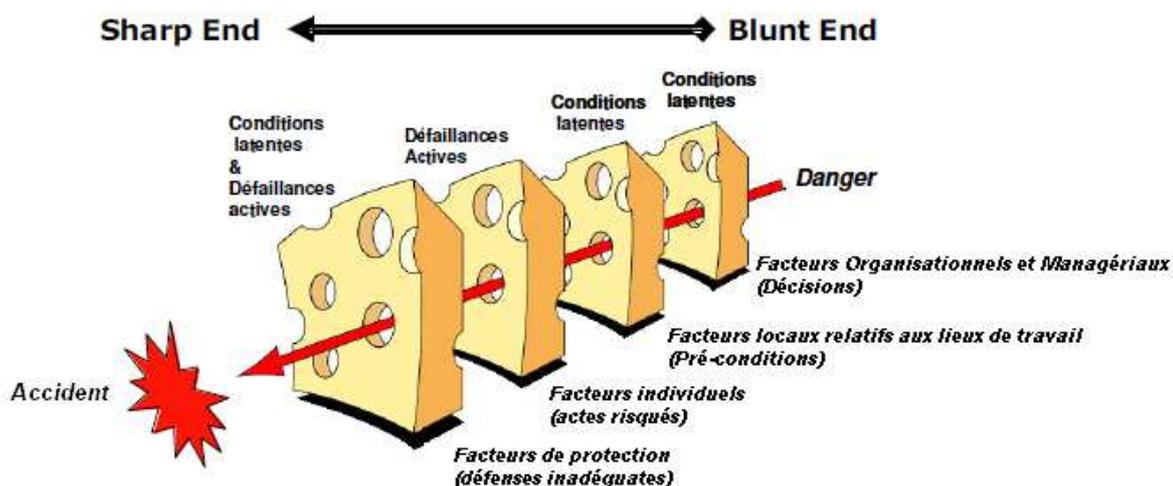


Figure 3. Le modèle de Reason (1990, 1997)

### 1.1.2.2 Le modèle de la double migration

La complexité et l'essor de nouvelles technologies ont conduit au développement de systèmes sociotechniques à hauts risques managés par des organisations complexes. Ces organisations opèrent dans un environnement agressif, dynamique et compétitif. Elles sont soumises aux

pressions commerciales, économiques et sociales, dans un cadre législatif de plus en plus contraint. Selon Rasmussen (1997), ces facteurs influencent les pratiques de travail et le comportement humain dans les systèmes sociotechniques complexes. Ainsi, l'espace de fonctionnement prescrit de ces systèmes a tendance à migrer vers un autre espace où la sécurité est moindre. De la sorte, l'accident ne résulte pas de la coïncidence de défaillances indépendantes, mais bien de cette migration systématique vers les limites de sécurité. L'analyse des accidents de Bhopal (1984) et de Chernobyl (1986), a mis en évidence ce mécanisme de migration systématique du comportement organisationnel (Rasmussen, 1997). De plus, dans cet environnement très contraint, les organisations sont amenées à prendre des décisions et à opérer des arbitrages portant sur l'allocation de ressources financières, humaines et/ou techniques, pour rester à l'intérieur de l'enveloppe de fonctionnement où les objectifs de sécurité et de performance restent acceptables.

Amalberti (2000, 2001) a complété le modèle de Rasmussen (1997) en introduisant une deuxième source de migration : la recherche de bénéfices individuels. Son modèle systémique (Figure 4) exprime le concept de la double migration entre performance du système d'une part et bénéfices individuels d'autre part. Ce modèle permet également d'établir les liens entre performance et sécurité.

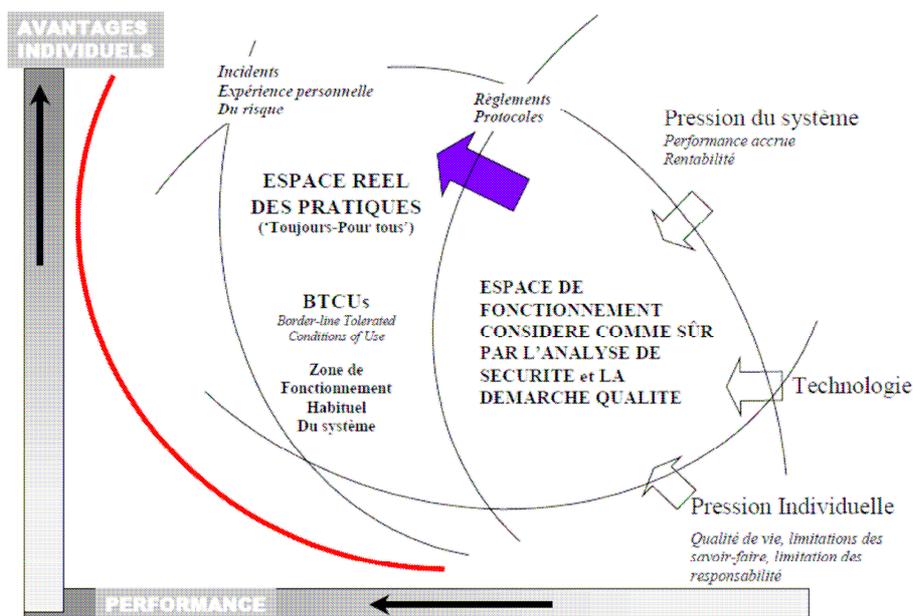


Figure 4. Le modèle de la double migration d'Amalberti (2000, 2001)

Dans ce modèle, l'espace de fonctionnement sûr est déterminé lors de sa conception et est délimité par trois frontières constituées par les règles sociales du marché et de sécurité. Sous

la pression de la recherche de performance et de bénéfices individuels, le système migre vers un espace proche des limites de sécurité (risque d'incident ou d'accident). Les premières transgressions sont toujours provoquées par la direction afin d'assumer une performance supérieure avec des moyens non adéquats. Ensuite, se produit une deuxième migration au bénéfice des individus en contre parti des efforts réalisés (Amalberti, 2001). Dans cette zone, le niveau de sécurité reste malgré tout acceptable. Il est cependant caractérisé par de nombreuses violations et déviances. Afin de contraindre cette migration naturelle, le système doit être protégé par un ensemble de défenses en profondeur : les barrières (Hollnagel, 1999, 2004 ; Amalberti, 2001).

Ce modèle renvoie donc à la notion de barrières de protection. Le concept de barrières (Haddon, 1973 ; Hollnagel, 1999) fait référence aux principes de défenses en profondeurs (Reason, 1990) pour la prévention des accidents. Ces barrières agissent de façon préventive afin de contraindre la migration. Hollnagel (1999, 2004) a décrit quatre types de barrières (Tableau 2) : matérielles, fonctionnelles, symboliques et immatérielles.

Type de barrière	Fonctions	Efficacité
<b>Matérielles</b>	<b><i>Protéger</i></b> Prévenir l'exécution d'actions dangereuses ou de limiter ou d'éviter les conséquences	<b><i>Très robuste</i></b> Demande une action de l'opérateur
<b>Fonctionnelles</b>	<b><i>Prévenir une action (logiciel, mécanique)</i></b> Rendre les actions risquées difficiles à réaliser en déterminant des conditions de réalisation	<b><i>Très robuste</i></b> Demande une action de l'opérateur
<b>Symboliques</b>	<b><i>Indiquer l'état du système ou des conditions</i></b> Informé par des alarmes visuelles ou audio des limites de fonctionnement	<b><i>Moyennement robuste</i></b> Demande une interprétation de l'opérateur sur la réponse à apporter
<b>Immatérielles</b>	<b><i>Se conformer, Etre conforme à</i></b> Contraindre l'activité de l'opérateur par des règles, normes, procédures ou instructions	<b><i>Peu robuste</i></b> Ne garanti pas que la sécurité est assurée Trop de règles rendent l'exécution de la tâche difficile (violations)

Tableau 2. Les quatre barrières, leurs fonctions et leur efficacité selon Hollnagel (1999)

Les barrières cèdent très rapidement (Amalberti, 1996). Selon cet auteur (2001), 20% des barrières immatérielles sont franchies dès la deuxième année de mise en service d'un système complexe, sous la pression de la « vraie vie ».

Plus récemment, l'idée d'une enveloppe (Figure 5) de fonctionnement sûr (Hale et al., 2007) a été introduite à partir des idées proposées dans le modèle de Rasmussen (1997). Cette enveloppe peut être définie comme un espace multidimensionnel dans lequel une activité se déroule sans que des dommages puissent se produire. Si les limites de cette enveloppe sont dépassées (zone de danger), les dommages sont inévitables. Cette enveloppe est bornée par plusieurs zones aux frontières évolutives. La première frontière interne (DOB) définit une zone de fonctionnement « souhaitable » garantissant des marges de sécurité, qui se font au détriment de la performance économique ou d'autres objectifs de l'entreprise. Par conséquent, il est rentable pour l'organisation d'opérer en toute sécurité aux limites de cette zone (Rasmussen, 1997). Ainsi, des marges de sécurité sont créées. Lors de la production, l'activité peut être amenée à pénétrer dans la zone de contrôlabilité où des mesures ou des circonstances fortuites la ramènent à l'intérieur de la zone de fonctionnement « souhaitable ». Par exemple, les compagnies aériennes définissent des critères d'approche stabilisée qui doivent être obtenus à 1000 ft ou 500 ft. Si l'aéronef n'est pas stabilisé et poursuit son approche, il rentre dans la zone de contrôlabilité. La remise de gaz ou la restabilisation de l'approche permet de regagner la zone de fonctionnement opérationnel définie par la compagnie aérienne. Si l'approche est poursuivie en étant non stabilisée, l'aéronef sort de son enveloppe d'exploitation sûre et le risque de CFIT\* ou de sortie de piste devient alors important (zone de danger).

\* Un accident CFIT (Controlled Flight Into Terrain) est un événement au cours duquel un aéronef en vol contrôlé entre en collision avec le relief, l'eau ou un obstacle.

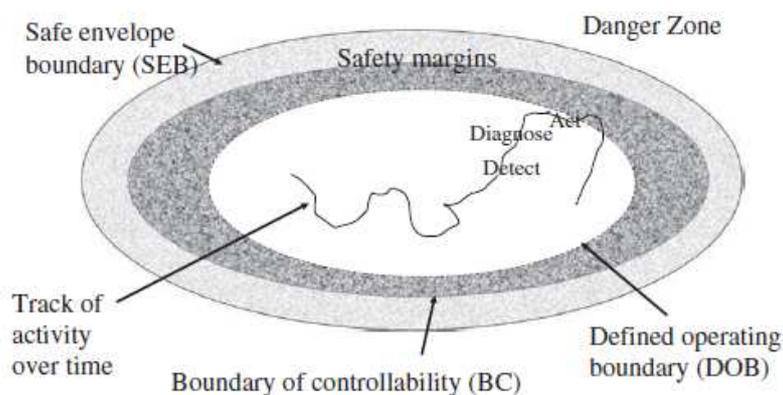


Figure 5. L'enveloppe de sécurité (Hale et al., 2007)

### 1.1.2.3 Le modèle FRAM : de la trajectoire aux fonctions et leurs performances

Les technologies modernes et l'automatisme ont considérablement changé la nature du travail humain. Les transformations de la nature des tâches (manuelles vers cognitives) ont généré de nouveaux problèmes de performances humaines (i.e. la charge de travail). Du courant « Cognitive Systems Engineering » (Hollnagel & Wood, 1983), un modèle d'accident a émergé : Functional Resonance Accident Model (FRAM) (Hollnagel, 2004).

Le modèle FRAM (Figure 7) examine la résonance fonctionnelle entre les différents composants du système en s'intéressant aux écarts critiques de ce dernier qui pourraient entrer en résonance de façon non désirée. Ce modèle tente de rendre compte de la dynamique du système sociotechnique à travers la modélisation des interactions non- linéaires du système et une représentation nouvelle de l'exécution des fonctions et des activités (Belmonte et al., 2011).

Ce modèle décrit le système sociotechnique en terme de fonctions nécessaires pour accomplir ses missions et des conditions qui peuvent affecter la variabilité de chaque fonction. Six aspects (Figure 6) sont retenus pour décrire les fonctions :

- entrées (inputs) de l'unité opérationnelle (i.e. la maintenance est une unité opérationnelle du système aviation civile) ;
- sorties (outputs) de l'unité opérationnelle (i.e. la maintenance livre l'avion à la compagnie aérienne) ;
- temps requis pour réaliser le processus par l'unité opérationnelle ;
- contrôles/contraintes régissent le processus de l'unité opérationnelle (i.e. procédures, méthodes) ;
- ressources nécessaires pour que le processus soit réalisé par l'unité opérationnelle (i.e. hangar, outillage) ;
- pré condition représente les éléments qui doivent être satisfaits avant que la fonction soit exécutée.

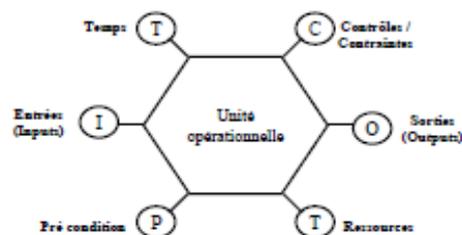


Figure 6. Unité opérationnelle élémentaire et les six fonctions

Chaque fonction est couplée avec une ou plusieurs fonctions au travers de sa sortie (output) constituant pour d'autres fonctions une entrée (input). Les unités opérationnelles peuvent être le système technique, humain ou organisationnel.

Pour l'auteur, l'activité de chaque fonction peut varier selon les conditions de performance (i.e. la communication, la formation et l'expérience) des autres fonctions liées. La variabilité de l'activité humaine ou de l'organisation, phénomène normal pour Hollnagel (2004), est au cœur du modèle FRAM. Pour expliquer les accidents, il utilise le concept de la résonance fonctionnelle issu de la physique en l'appliquant de la sorte à l'analyse de la sécurité. En fonctionnement nominal, le signal est de faible amplitude dans la mesure où les variations qui résultent des activités individuelles ont peu d'impact sur les performances globales du système. Sous l'effet de conditions défavorables (perturbations, événements imprévus), la variabilité de la performance va augmenter. Ainsi, les fonctions du système sociotechnique peuvent entrer en résonance et engendrer des situations de perte de contrôle et par conséquent la survenue d'un accident majeur.

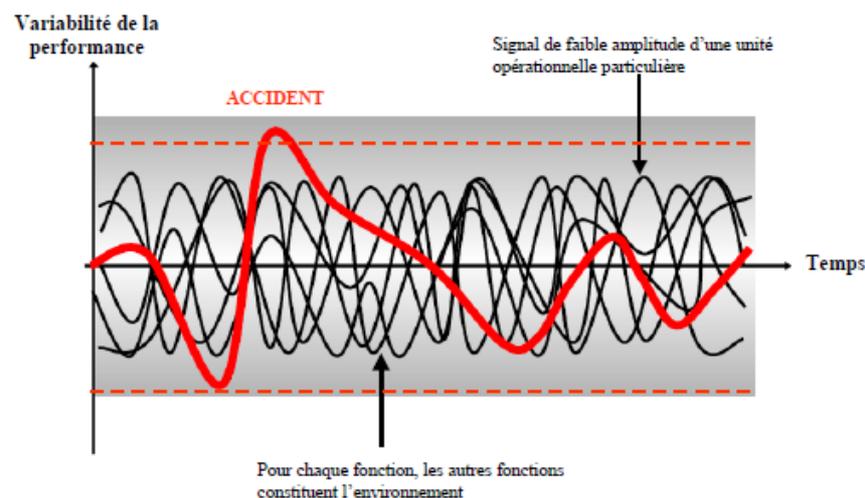


Figure 7. Le modèle FRAM (Hollnagel, 2004)

*La résonance fonctionnelle est le signal détectable (en rouge) qui émerge de l'interaction involontaire de la variabilité normale de nombreux signaux. Ainsi la résonance fonctionnelle ne dépend pas d'une source inconnue mais des couplages fonctionnels du système.*

## 1.2 La gestion opérationnelle de la sécurité

Dans les systèmes sociotechniques complexes, les sources de danger, les exigences de leur contrôle et les sources de perturbation changent fréquemment. La gestion de la sécurité doit par conséquent comporter trois modes de gestion des risques : 1. Proactif (anticipation des risques) ; 2. Opérationnelle (maintien de la sécurité) ; 3. Réactif (investigation sécurité en cas

d'incident ou d'accident). Les systèmes de management de la sécurité (SMS) adoptés par les industries intègrent ces trois modes de gestion des risques.

### 1.2.1 Un outil de gestion des risques : le SMS

Les méthodes traditionnelles de gestion des risques basées sur une approche réactive de la sécurité ne sont pas efficaces pour diminuer les risques à un niveau acceptable (ICAO, 2009). La recherche d'un haut niveau de sécurité a conduit les entreprises à changer de paradigme en procédant à l'identification des dangers et à gérer les risques qui menacent leurs activités. Pour piloter leur démarche, les entreprises ont utilisé le « cadre » des SMS pour mettre en œuvre une gestion proactive, opérationnelle et réactive de la sécurité. Un SMS n'est qu'une approche systématique et explicite pour gérer la sécurité. Par exemple, en aéronautique, le manuel de Management de la Sécurité de l'OACI (ICAO Doc 9859-AN/460, 2009) précise que cette approche comporte les structures organisationnelles nécessaires, les responsabilités, les politiques sécurité ainsi que les procédures. Ainsi, cet outil de pilotage formalise l'ensemble des processus sécurité qui renvoient à l'ensemble des risques.

#### 1.2.1.1 Le référentiel sécurité

Depuis une vingtaine d'année, le concept des systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail (OHSMS) a donné lieu au développement d'une variété de standards et de directives. Les entreprises disposent de trois principaux standards internationaux pour définir les spécifications d'un OHSMS : la BS 8800 (British Standard Institution, 1996, 1999), OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety management System, version 2007), et ILO-OSH (version 2001). Le premier standard, la BS 8800 est un guide de recommandations des Systèmes de Management de la Sécurité et de la Santé au Travail (SMSST) publié par le British Standard Institution. Le deuxième standard, l'ILO-OSH 2001, adopté dans un cadre triparti pouvoirs publics, employeurs et travailleurs, a été publié par le Bureau International du Travail (BIT). Ce guide comporte les principes directeurs et des recommandations pour les états et les entreprises. Le troisième standard, l'OHSAS 18001 référentiel international dédié au management de la santé sécurité au travail est construit sur la trame des normes ISO 9001 et 14001. Ce référentiel s'est imposé comme la référence actuelle au niveau international (même si l'état français a fait le choix de privilégier l'ILO-OSH en le ratifiant).

La norme ISO 31000 propose une approche du management des risques sans préconiser les moyens opérationnels de mise en œuvre ni la méthode de déploiement. Cette norme permet

cependant d'établir un dialogue entre les secteurs d'activité en proposant un vocabulaire et un cadre commun (Motet, 2009).

Dans le secteur de l'aviation commerciale, le manuel du Management de la Sécurité (ICAO Doc 9859-AN/460, 2009) est le référentiel qui permet de guider les compagnies aériennes dans la mise en œuvre du SMS.

### 1.2.1.2 Le SMS et les principes de la qualité

Le référentiel OHSAS 18001 reprend globalement le principe de l'amélioration continue imagé notamment par la roue de DEMING et le « PDCA » (Tableau 3), structure de base des référentiels de management de la qualité (ISO 90001) (INRIS, 2006). Les principes du « PDCA » sont les suivants:

- Planification (Plan) ou comment établir les objectifs et processus nécessaires à la fourniture de résultats en accord avec la politique sécurité de l'organisme ;
- Mise en oeuvre (Do) ou comment mettre en oeuvre les processus ;
- Vérification (Check) ou comment piloter et mesurer les performances du système de management (i.e. vérifier si les objectifs fixés dans le cadre de la politique sécurité sont atteints ou non) ;
- Amélioration (Act) ou comment mener des actions pour améliorer de façon continue la performance du système de management de la sécurité.

Tableau 3. Comparatif du PDCA et des thèmes constitutifs d'un SMS (INERIS, 2006)

PDCA	THEMES
Engagement	Politique
P - Planification	Analyse des risques
	Réglementation
	Objectifs
	Planification - Programme/Plan d'actions
D – Mise en œuvre	Organisation/ Responsabilité
	Compétence - Habilitation/qualification
	Formation/Sensibilisation
	Communication
	Maîtrise opérationnelle
	<b>Intervention sur site</b>
	<b>Sous-traitance</b>
	Situation d'urgence
Système documentaire	
C - Contrôle	Surveillance
	Analyse des accidents et retour d'expérience
	Non conformité, actions préventives et actions correctives
	Audit
A - Amélioration	Revue de direction
	Amélioration continue

## 1.2.2 La gestion proactive de la sécurité

La nouvelle approche proactive de la sécurité (Rasmussen & Svedung, 2000), consiste à intervenir sur les processus qui présentent des risques et peuvent conduire à l'accident. Cette gestion proactive de la sécurité nécessite d'identifier les dangers latents et visibles et d'analyser les risques. Le terme proactif s'entend, au sens de Rasmussen et Svedung (2000), « avant un accident ».

### 1.2.2.1 L'identification des dangers, l'évaluation des risques et les mesures de mitigation

D'après les standards internationaux (i.e. ILO-OH, 2001), l'analyse des risques consiste en une utilisation systématique de l'information disponible pour identifier les dangers et pour évaluer les risques pour les individus, les populations, la propriété et l'environnement.

Le risque est une notion complexe qui est évaluée selon la combinaison d'un couple de deux composantes probabilité/gravité, afin de pouvoir se prononcer sur son acceptabilité. Pour ce faire, il faut être en mesure de le positionner sur une échelle et ainsi il faut recourir à l'utilisation de matrices de risques. Les échelles de probabilité et de gravité peuvent comporter un certain nombre de points, néanmoins les matrices dites 5 x 5 (5 niveaux de probabilité et 5 niveaux de gravité) sont les plus couramment utilisées. Trois zones de risque (« acceptable », « aussi faible que raisonnablement réalisable - As Low As Reasonably Practicable » et « inacceptable ») permettent de déterminer les mesures à mettre en œuvre. Par exemple, si le risque est évalué « inacceptable », l'entreprise doit mettre en œuvre des actions de protection et /ou de prévention et/ou de mitigation qui visent à réduire la gravité et/ou la probabilité. Par exemple, si le risque de sortie de piste pour une compagnie aérienne est évalué comme inacceptable, la mise en place d'entraînement spécifique du personnel navigant commercial constitue une mesure de mitigation visant à réduire les conséquences d'une évacuation d'urgence des passagers.

### 1.2.2.2 Se préparer aux situations d'urgence

Afin de se préparer et anticiper les situations d'urgence, l'Etat et les entreprises doivent avoir des plans d'urgence afin de répondre efficacement à un événement majeur. L'identification et l'analyse des situations d'urgence ont pour objectif d'identifier les mesures de prévention, de protection et d'interventions adéquates afin de prévenir les accidents avérés ou potentiels et, lors de leur survenue, de limiter leurs conséquences. Par exemple, au niveau national français, la troisième génération du concept ORSEC est l'élément fondateur du dispositif global d'organisation inter-service permettant de faire face à tous types d'événements majeurs

(Ministère de l'intérieur, 2011). Face à tous types d'événements majeurs, cet instrument permet d'adapter de façon souple la réponse collective aux attentes de la population. Dans le domaine de l'aéronautique (les aéroports, le contrôle aérien et les compagnies aériennes), le plan d'urgence doit permettre une transition des opérations normales vers une situation d'urgence, le retour ensuite aux opérations normales et lors de la situation d'urgence une coordination avec les organisations externes pertinentes (ICAO Doc 9859-AN/460, 2009).

### 1.2.3 La performance en matière de sécurité

Le contrôle et la surveillance du système sont des éléments clés dans le processus de maintien de la sécurité. La mesure de la « performance sécurité » est réalisée au travers d'indicateurs. Ils ont pour objectifs d'indiquer le statut de la sécurité, ou en d'autres mots les risques relatifs à la sécurité (Morano et al., 1999). Les indicateurs sécurité peuvent avoir trois usages différents : surveiller le niveau de sécurité de l'entreprise, décider où et comment prendre des actions si le niveau de sécurité n'est pas suffisant et motiver les décideurs à prendre les actions nécessaires (Hale, 2009). Ils sont intégrés dans des tableaux de bord qui permettent de piloter la performance en matière de sécurité, en fournissant des valeurs quantitatives (nombre ou un ratio). On peut distinguer deux dimensions (Figure 8) dans les indicateurs de sécurité : 1. Les indicateurs de sécurité des personnes versus indicateurs sécurité du processus ; 2. les indicateurs réactifs (« lag ») et proactifs (« lead »).

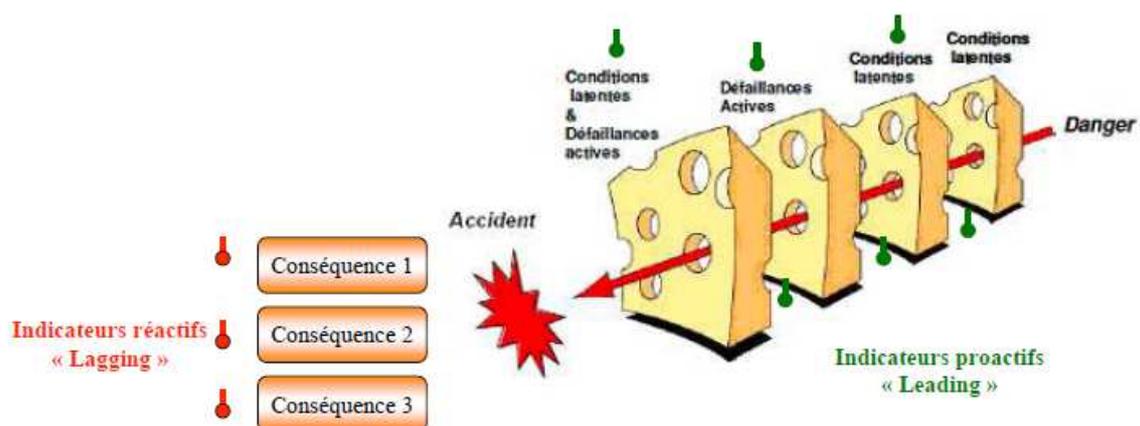


Figure 8. Les indicateurs sécurité "réactif et proactif" dans le contexte du modèle systémique de Reason (1993)

Si la première dimension est relativement claire, la deuxième est beaucoup plus problématique. Ceci a donné lieu à un débat entre chercheurs dans un numéro spécial de « Safety science » (Hale, 2009). Les indicateurs réactifs (« lag ») mesurent les événements qui

se sont produits tandis que les indicateurs proactifs (« lad ») sont supposés mesurer les causes sous-jacentes et les facteurs contributifs (tels que la formation, la supervision, etc.) à des événements accidents qui ne se sont pas encore produits. Ils fournissent ainsi des alertes précoces susceptibles de limiter la propagation d'une séquence accidentelle donnée.

Les indicateurs de « performance sécurité » constituent par conséquent un élément central du SMS. Ceci implique l'implémentation et le suivi de la politique de la compagnie, les critères d'acceptation et les objectifs relatifs à la sécurité.

Par exemple, le secteur du transport par rail utilise des indicateurs relatifs aux accidents, aux incidents et aux « presque » accidents, sur les conséquences des accidents, sur les infrastructures et sur le management de la sécurité (Directive Européenne 2004/49/EC). Ce type d'indicateurs existe pour tous les modes de transports (route, air, mer) et dans les industries à risque (nucléaire, chimie, etc.).

#### 1.2.4 La gestion réactive de la sécurité

L'aviation civile a une longue tradition d'investigations des accidents qui a contribué à faire de l'avion un des moyens de transport le plus sûr. Cette approche réactive consiste à : 1. Analyser l'accident afin de déterminer les causes racines ; 2. Identifier les facteurs contributifs ; 3. Prendre des mesures destinées à éviter la récurrence de ce type d'accident. Cette gestion réactive de la sécurité est une composante essentielle des SMS.

##### 1.2.4.1 L'enquête incident et accident

Depuis des décennies, les représentations graphiques des flux de causalité des accidents ont été des outils très largement utilisés dans la gestion des risques industriels (Svedung & Rasmussen, 2002). Pour ce faire, les arbres de causalités (i.e. le Fault Tree Analysis), les arbres d'événements et les graphiques de causes-conséquences (i.e. le modèle « nœud papillon ») ont été des aides dans l'analyse des accidents en matérialisant la cartographie des flux d'événements accidentels. Par exemple le modèle « nœud papillon » décrit comment un événement critique peut avoir plusieurs précurseurs et plusieurs conséquences (Delvosalle et al., 2005). Ainsi, dans le cadre de la gestion des risques et, pour prévenir l'occurrence d'incidents et/ou d'accidents, deux types de réponses peuvent être apportés : prévenir et protéger (Hollnagel, 2008). Selon cet auteur, ces deux principales mesures impliquent l'utilisation de barrières. Les barrières de prévention agissent sur la probabilité d'occurrence de l'événement redouté, tandis que les barrières de protection agissent sur la gravité des effets

suite à la survenue de l'événement redouté. La protection du système passe donc par le renforcement des barrières.

Afin de décrire la structure du système sociotechnique lors d'un accident, d'indiquer les pré-conditions, les fonctions des différents niveaux du système et comment ils ont contribué au développement de l'accident, Svedung et Rasmussen (2002) ont développé un outil d'analyse des accidents : l'« AcciMap ». Ce dernier constitue à la fois une description horizontale de la séquence accidentelle et une description verticale qui retrace les facteurs systémiques ayant participé à la genèse de l'accident (Morel, 2007).

Une représentation graphique AcciMap est une compilation de données associées à un accident et présentées dans le contexte de la structure multicouche de Rasmussen (1997). Plutôt que d'illustrer un processus de cause à effet, la représentation AcciMap présente l'ensemble des faits contributifs à l'accident et sur l'ensemble des strates du système : de « blunt end » vers le « sharp end ».

#### 1.2.4.2 L'impact de la culture de sécurité sur la gestion réactive de la sécurité

L'efficacité d'un système de management de la sécurité dépend de la façon dont celui-ci imprègne les différentes couches de l'organisation et de la façon dont les activités sont réalisées afin qu'une culture de sécurité positive soit générée et maintenue (Gilla & Shergill, 2004). Les défaillances actives et les conditions latentes sont influencées par la culture de sécurité de l'organisation (Flin, 2007). Cette dernière constitue un facteur causal explicatif d'un nombre important d'accidents où l'organisation a été défaillante (i.e. la navette Challenger, Vaughan, 1990).

Ce concept de culture de sécurité a donné lieu à un débat considérable quant à la définition et la différenciation entre culture de sécurité et le climat de sécurité (Zohar, 1980). Guldenmund (2000) s'est attaché à étudier l'ensemble des définitions proposées par les chercheurs depuis les années 80.

Selon Guldenmund (2000) et Flin (2007), la définition de la culture de sécurité la plus largement acceptée vient de l'industrie nucléaire (ACSNI, 1993). Dans le champ de l'ergonomie, la culture de sécurité s'entend comme « l'ensemble des pratiques développées et répétées par les principaux acteurs concernés, pour maîtriser les risques de leur métier » (Simard & Dianellou, 2010). Selon ces auteurs, ce sont les pratiques des acteurs qui font la culture de sécurité d'une entreprise qui est construite par les acteurs collectifs, et non pas les

messages ou les règles. A côté des acteurs, l'engagement de la direction en matière de sécurité est un pilier essentiel au développement d'une culture de sécurité au sein de l'entreprise.

Selon Reason (1997), une organisation possède une culture de sécurité si les sept caractéristiques suivantes sont présentes :

- Fonctionne, quelles que soient les contraintes économiques et la personnalité des responsables ;
- Préserve les outils et les défenses mis en place ;
- Fait circuler l'information, même en l'absence d'incidents graves ;
- Garantit un bon report des événements ;
- A réussi à déployer une « culture juste » ;
- Autorise une certaine « dose » d'adaptation ;
- Permet à la structure d'apprendre, en tirant les bonnes leçons de ses propres incidents et des incidents des autres.

Ces caractéristiques renvoient à la notion de « retour d'expérience » qui est sous-tendue par la « culture juste ». Pour Reason (1997) cette dernière est une atmosphère de confiance dans laquelle les personnes sont encouragées, voire récompensées, à reporter les informations relatives à la sécurité, tout en connaissant la ligne de démarcation entre les comportements acceptables et inacceptables. Ces personnes savent que la négligence ou les infractions délibérées ne sont pas tolérées et dans certaines circonstances, l'organisation peut recourir à des mesures punitives.

Ainsi la culture de sécurité influence directement le retour d'informations sécurité remontées par les opérateurs ainsi que leur comportement sécurité. Quand dans une organisation le taux d'accidents ou de blessés reste stable, la culture de sécurité devient d'après Reason (2000), un vecteur décisif pour améliorer la sécurité.

### 1.3 Les violations et la sécurité des systèmes sociotechniques

Dans son modèle de la double migration, Amalberti (2000, 2001) réserve une place importante aux violations, en définissant un espace réel des pratiques dans lequel elles s'opèrent. En migrant, le système sociotechnique fonctionne en dehors de son enveloppe de fonctionnement sûr (construit lors de la conception du système) du fait des violations routinières.

Le terme de violation véhicule une connotation négative dans l'esprit des managers et des opérateurs. Ceci pourrait s'expliquer par un manque de compréhension de ce concept et de la

non recherche des causes qui ont conduit aux violations. Les différentes définitions des violations proposées par Reason (1990) et Reason et al. (1995, 1998) impliquent l'existence : 1. De règles ou de normes ; 2. Une action volontaire contrainte à ces règles ou normes. Pourtant, il peut être utile de porter un autre regard sur ces violations résultant de pressions visant à un accroissement de la performance globale du système, où la règle est présumée comme étant le « droit » et le contrevenant le « mauvais » (Reason, 1997).

### 1.3.1 Les violations de la sécurité : un objet de recherche

Les violations ont été un objet de recherche dans les différents modes de transports et dans le milieu de la santé. Dans ce cadre, Alper et Karsh (2009) ont listé les différentes méthodes employées par les chercheurs et les principaux résultats concernant les variables permettant de prédire les violations. L'étude des violations se fait au travers de questionnaires d'enquêtes, d'entretiens, d'observations et d'étude de rapport. Le domaine aéronautique (civil et militaire) est caractérisé par un ensemble de rapports d'événements à caractère obligatoire, le plus connu étant l'Air Safety Report (ASR, 2011) ; ce qui facilite l'étude des violations par l'analyse de ces événements.

A partir des variables identifiées dans les différentes études, Alper et Karsh (2009) ont défini un cadre macro-ergonomique des violations en lien avec la sécurité (Figure 9). Face à des facteurs influents et liés au contexte, l'opérateur est confronté à un choix : se conformer à la règle ou commettre une violation. Ces facteurs sont regroupés dans quatre catégories liées à l'individu (i.e. âge, attitudes), à la situation de travail (i.e. les demandes liées à la tâche, temps, objectifs du service), aux facteurs organisationnels (i.e. politique, les règles, les objectifs) et l'environnement externe (i.e. règles, influence sociale).

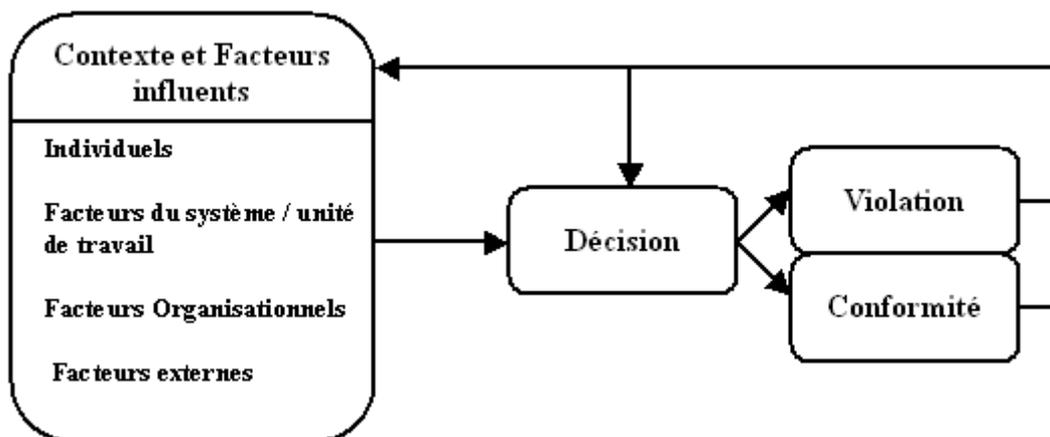


Figure 9. Le cadre macro-ergonomique des violations de sécurité Alper et Karsh (2009)

### 1.3.2 Les violations : actes sûrs ou non sûrs pour la sécurité des systèmes sociotechniques ?

Les recherches menées dans le cadre des violations se sont attachées à évaluer leurs conséquences sur la sécurité des systèmes et tout particulièrement en terme d'accident.

Pour certains chercheurs les violations sont des actes non sûrs conduisant à l'accident. Dans différentes études, il a été montré (Reason et al., 1990 ; Ozkan & Lajunen, 2005 ; Ozkan et al., in press ) que les violations routières sont potentiellement dangereuses et peuvent provoquer des accidents. Dans son analyse de la catastrophe de Chernobyl, Reason (1987) a identifié, sur les sept actions considérées comme causales, que cinq sont des violations délibérées des règles et instructions écrites. L'analyse d'accidents dans des industries (Mason, 1997) a révélé que les violations des règles et des procédures sont contributives à hauteur de 70% du total des accidents. Fort heureusement, l'ensemble des violations non pas toutes des conséquences négatives pour la sécurité.

D'autres chercheurs appréhendent différemment les violations en les assimilant à des actes pour maintenir la sécurité des systèmes. Au niveau du système sociotechnique, les violations peuvent être des marqueurs du niveau élevé de sécurité parce qu'elles ont besoin de contraintes et de défenses pour exister (Amalberti et al., 2006). Les violations existent parce qu'il existe des règles pour régir le fonctionnement du système sociotechnique (Lawton, 1998). Lorsque les organisations anticipent les menaces qui auraient un effet direct sur leurs activités, les violations peuvent être considérées comme des micro-niveaux de résilience (Hollnagel et al., 2006). Elles seraient alors perçues comme faisant partie intégrante des mécanismes d'adaptation des systèmes (via les collectifs de travail) ; adaptation nécessaire pour faire face à la survenue d'une perturbation (Hollnagel et al., 2006 ; Morel et al., 2008, 2009).

Au niveau « sharp end », les violations constituent les traces de l'intelligence et de la flexibilité des opérateurs de première ligne. Cette acception s'inscrit dans l'approche française de la théorie de l'adaptation issue des travaux de Piaget, qui a donné lieu à de nombreuses études qui se sont attachées à comprendre comment les opérateurs adaptent les procédures pour répondre aux exigences du travail. Besnard et Greathead (2003) les qualifient de violations sûres à la condition qu'elles soient basées sur un modèle mental précis. Dans ce cas, la sécurité du système est néanmoins maintenue et ces violations démontrent la capacité d'adaptation des opérateurs. De plus, lorsque les règles ne sont pas adaptées, elles augmentent la sécurité du système (Amalberti et al., 2006). Lorsque ces violations sont raisonnées, elles peuvent prévenir l'apparition d'un accident de sécurité concernant un patient ou d'en atténuer son impact (Taylor-Adams, 2002).

Les violations ont donc deux visages (Amalberti & Hourlier, 2006). D'une part, elles se produisent fréquemment sans conséquences sur la sécurité avec parfois un impact positif et, d'autre part, elles sont la source de comportements dangereux. Cette dualité doit être prise en compte dans leurs appréhensions en terme de conséquences sur la sécurité.

### 1.3.3 L'organisation et les violations

Face à deux acceptions opposées de la violation, il est important de s'interroger sur la façon dont les systèmes sociotechniques doivent les appréhender, non pas en essayant de les justifier ou même en délimitant la frontière entre ce qui relève de la sanction ou pas, mais en terme de compréhension et de sécurité pour le système. Blâmer et former l'opérateur ne doivent pas être les réponses uniques de l'organisation aux violations. Elle doit s'intéresser à comprendre et à analyser la situation (Reason et al., 1998), les circonstances particulières (Hobbs & Williamson, 2002) et aux systèmes dans lequel les opérations sont réalisées (Hart, 2004). C'est dans ce cadre que la culture de sécurité va favoriser des analyses constructives.

Ainsi l'organisation est face à un challenge important : maintenir son système dans l'espace de sécurité qu'elle a elle-même défini ou qui est contraint par des réglementations nationales ou supra-nationales. Pour ce faire, l'organisation doit :

- surveiller la survenance des violations (Rasmussen, 1997 ; Amalberti, 2001 ; Woods, 2006) afin d'avoir une vision globale de la migration. Visualiser la migration demeure très difficile, ainsi que de situer l'espace réel de fonctionnement des systèmes sociotechniques ;
- ne pas augmenter les règles : plus il y a des règles, plus il y a des violations (Amalberti, 2001 ; Nyssen, 2008) ;
- observer les bonnes pratiques ;
- adopter une culture juste de sécurité (Amalberti, 2001) ;
- rendre les frontières de sécurité explicites pour les opérateurs (Stoop & Dekker, in press). Identifier les frontières de sécurité n'est pas chose aisée pour les opérateurs (Rasmussen, 1997) ;
- développer des habiletés d'adaptation des opérateurs à opérer aux frontières de sécurité (Rasmussen, 1997 ; Stoop & Dekker, in press).

Et ceci, afin de permettre aux violations de se produire en toute sécurité quand elles sont nécessaires et de les rendre « normales » si elle relève d'une inadéquation de la règle.

## 1.4 Questions relatives aux accidents

La perception sociétale de l'accident a fortement évolué depuis l'accident de Tenerife en 1977, du fait de la réduction progressive de l'acceptabilité du risque par nos sociétés. La performance de certains systèmes à risques peut avoir fait naître une croyance de la société en leur infaillibilité et d'une intolérance à l'échec (Amalberti, 2001). Cette croyance de « risque zéro » par le grand public, fait que lorsqu'un accident survient, l'annonce de la recherche du « responsable » précède la nécessaire compréhension de l'événement. De plus, il peut être intéressant de s'interroger sur la capacité des modèles d'accident à détecter le prochain accident.

### 1.4.1 La responsabilisation et la responsabilité

En aviation, à la suite d'incidents ou d'accidents les opérateurs de premières lignes (pilotes, mécaniciens et contrôleurs aériens) ont fait l'objet de poursuites au pénal dans la plupart des pays européens, aux Etats Unis, Taiwan ainsi que d'autres pays (Dekker, 2011). Ce phénomène n'est pas propre à l'aviation car il touche de nombreux autres domaines : le médical, le maritime, la chimie et la construction. Depuis 1956, où un commandant de bord a été condamné pour homicide involontaire suite à l'accident de son DC-6 qui causa la mort de 56 passagers, ce phénomène s'est développé d'une manière alarmante depuis une quinzaine d'années (Esler, 2011). Par exemple, en 2007, quatre dirigeants du contrôle aérien suisse ont été reconnus coupables d'homicides involontaires. Cette condamnation fait suite à la collision en vol d'un Tupolev Tu-154 et d'un Boeing 757 en 2002 près d'Uberlingen (Allemagne) et du lac de Constance qui a fait 71 morts. De plus, un des deux contrôleurs impliqués dans l'accident a été tué deux ans plus tard, par un homme qui avait perdu sa femme et ses deux enfants dans la catastrophe (Brooker, 2008). Plus récemment, dans l'accident du vol AF447 qui a coûté la vie à 228 personnes au large du Brésil, à partir des premières conclusions du Bureau d'Enquêtes et d'Analyses, la juge d'instruction a mis en examen Air France et Airbus (Air Journal, 2011).

Ce phénomène de criminalisation questionne l'entreprise au niveau des comportements acceptables ou inacceptables de l'opérateur et également de la responsabilisation de l'opérateur. La mise en place des SMS dans les systèmes sociotechniques comporte la dimension de culture de sécurité qui comprend différentes composantes : culture juste, culture du rapport, culture d'information et flexible (Reason, 1997). Celui-ci définit la culture juste comme une atmosphère de confiance dans laquelle les personnes sont encouragées (voir récompensées) à fournir les informations essentielles relatives à la sécurité, mais ils ont une

vue claire sur la limite entre les comportements acceptables et inacceptables. Pourtant face à deux dimensions essentielles de la culture de sécurité (culture juste et du retour d'information), l'opérateur peut être dérouté. Encouragé et protégé par un cadre légal (non punitif) pour notifier les événements (erreur ou violation), il se retrouve donc face au risque d'être sanctionné si les faits qu'il reporte sont inacceptables. Ceci peut avoir des effets sur la notification d'événements et sur la responsabilité des opérateurs qui vont ne plus reporter ces événements et se contenter de ne faire que ce qui est prescrit par les règles.

#### 1.4.2 Les modèles d'accidents permettront-ils de détecter le prochain ?

La compréhension sur la façon dont les accidents se produisent dans les systèmes sociotechniques s'est fortement améliorée et pourtant les mesures de sécurité mise en œuvre n'empêchent pas la survenue d'un nouvel accident. Identifier de façon proactive un accident possible afin qu'il ne se produise est très difficile, surtout si ce type d'accident ne s'est jamais produit (Sonnemans & Körvers, 2006).

Une des pistes proposées est, à partir de scénarii d'accidents, d'identifier les précurseurs, en déterminant les conditions latentes qui peuvent négativement affecter les barrières de défense ou ne pas être protégées par une barrière (Edkins, 1998 ; Sonnemans, 2010). Cette piste trouve son acception dans l'idée défendue dans le modèle de Reason (1990). Lors du programme de sécurité proactif des compagnies aériennes INDICATE (Identifying Needed Defences In the Civil Aviation Transport Environment), Edkins (1998) a développé un modèle proactif d'évaluation des défenses (Figure 10) à partir du modèle systémique de Reason (1997).

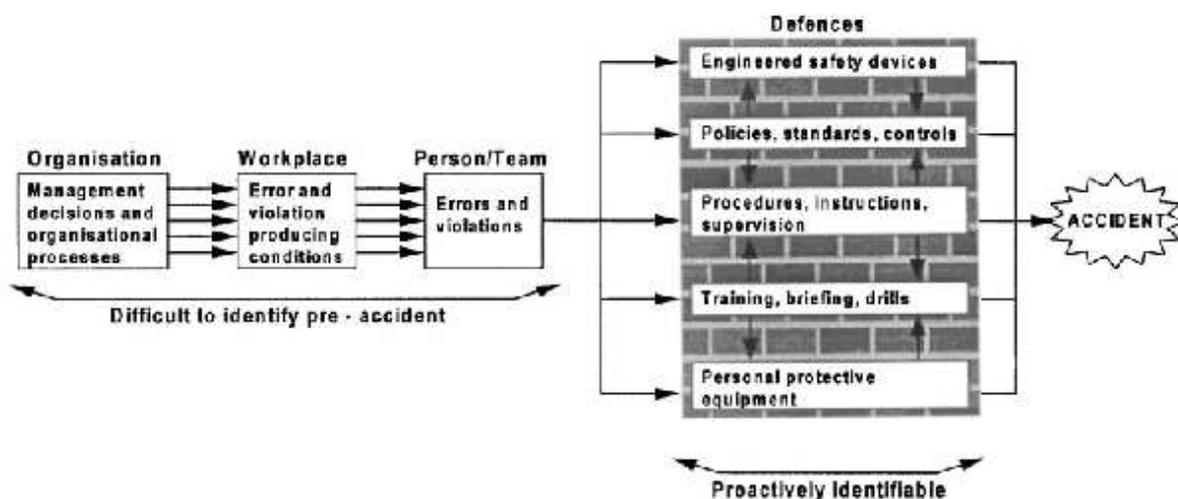


Figure 10. Le modèle d'évaluation proactif des défenses (Edkins, 1998)

Selon cet auteur, les défaillances actives (erreurs et violations) et certaines conditions latentes (décisions du management et processus organisationnel) sont difficiles à identifier avant que l'accident survienne, il faut donc évaluer les barrières de défenses.

## Synthèse Chapitre 1

L'intérêt de l'approche systémique est d'offrir un cadre pour aborder les thématiques sécurité dans les systèmes sociotechniques complexes. Toute approche de la gestion des risques dans ces systèmes requiert l'utilisation de modèles d'accidents majeurs à visée systémique. Ces modèles guident la manière dont l'analyse des accidents va être conduite (mode réactif) et va permettre de gérer les risques (mode proactif et opérationnel). De nos jours, pour produire de la sécurité, il faut recourir à un modèle opérationnel permettant de faire ressortir les pressions qui s'appliquent au système et plus particulièrement les arbitrages réalisés par les décideurs d'une part (niveau « blunt end ») et les opérateurs de première ligne (niveau « sharp end ») d'autre part. Les modèles de Woods et al., (1994), de Reason (1990, 1997) et d'Amalberti (2000, 2001) répondent à ce besoin, en offrant un cadre pertinent pour l'étude des prises de décisions.

De plus, si l'on considère que « produire » de la sécurité c'est à la fois être proactif (avant), être capable aussi de gérer un système de management (pendant), de répondre en cas de menace ou de survenue d'un accident et d'apprendre (après), alors on peut dire que ces quatre points constituent les quatre piliers de la définition de la résilience proposée par Hollnagel (2010) : 1. Anticiper (i.e. proactif) ; 2. Gérer (i.e. manager les risques et les performances de sécurité) ; 3. Répondre (i.e. réactif) ; 4. Apprendre (i.e. travailler sur le retour d'expérience, le reporting et plus largement sur l'amélioration continue des performances de sécurité).

Le chapitre suivant se propose de montrer en quoi le concept de résilience peut être intéressant pour traiter de la question de la sécurité des systèmes sociotechniques complexes.

## **Chapitre 2. La résilience dans les systèmes sociotechniques complexes**

### Introduction au Chapitre 2

Concept d'origine physique, la résilience a conquis ces dernières années une large place dans les sciences humaines (Leplat, 2007). Après un détour par l'écologie et un transfert en psychologie et en économie, ce concept a touché l'ergonomie et tout particulièrement le domaine de la sécurité. Lors de ces transferts entre les sciences, le concept se diversifie et devient polysémique (Colin, 2007). De son origine latine signifiant « rebondir », ce terme à aujourd'hui différentes acceptions. En physique, il désigne la capacité d'un objet à retrouver son état initial après un choc ou une pression continue. Chez l'individu, la résilience évoque avant tout la récupération après un traumatisme unique ou multifactoriel, mais ne se réduit pas seulement à l'intégration ou au dépassement du traumatisme (Anaut, 2009). Elle fait référence à la capacité humaine de se confronter à des expériences aversives, de les intégrer et d'être transformée par elles. Ce concept s'applique non seulement à l'individu mais aussi aux groupes familiaux et sociaux. La résilience écologique correspond à l'aptitude d'un écosystème à revenir à l'état d'équilibre après une perturbation (Colin, 2007). La dimension temporelle est essentielle. Selon cet auteur la résilience est un outil stratégique et opérationnel de gestion des risques et des catastrophes naturelles. Pour les économistes la résilience peut prendre deux formes : réactive qui est assimilable à la résilience écologique ou mécanique et proactive qui renvoie à des notions d'apprentissage et d'anticipation. Woods et Hollnagel (2006) ont proposé une nouvelle perspective de la résilience dans le domaine de la sécurité industrielle sous la forme d'ingénierie de la résilience et c'est cette approche que nous allons aborder dans ce chapitre.

Le chapitre 2 est composé de quatre sections. Dans la première section, le cadre conceptuel de l'ingénierie de la résilience sera présenté. Dans la seconde section ce cadre sera mis en relation avec la prise de décision, qui peut dans un contexte particulier, conduire à une décision de sacrifice entre performance économique et sécurité. Ensuite, dans la troisième

section, les notions de « sécurité gérée » et « sécurité réglée » seront abordées. Pour terminer, certains points de questionnement relatifs à la résilience seront examinés.

## 2.1 Cadre conceptuel de la résilience

### 2.1.1 Définition du concept de résilience

Le concept de résilience a évolué depuis ses origines physiques dans différentes branches scientifiques et tout particulièrement dans les recherches ergonomiques menées dans le champ de la sécurité. L'ingénierie de la résilience est un paradigme pour le management de la sécurité qui se concentre sur deux visions (Morel et al., 2009). La première vision définit la résilience comme « la capacité des organisations à conserver et à recouvrer rapidement un état stable, lui permettant de poursuivre ses activités durant et après un accident majeur ou bien en présence de pressions continues et importantes » (Hollnagel, 2006 ; Woods, 2006 ; Wreathall, 2006). Ainsi, cette vision comprend la propriété d'éviter les échecs et les pertes, mais aussi la propriété pour répondre efficacement après qu'ils se sont produits (Costella et al, 2009). La seconde vision définit la résilience comme « la capacité d'une organisation à manager de lourdes pressions et des conflits entre la sécurité et la performance (Flin, 2006 ; Hale & Heijer, 2006). Cette vision se concentre plus sur la question des arbitrages entre performance et sécurité effectués par l'organisation et les managers. Cette seconde vision sera traitée dans le chapitre suivant.

### 2.1.2 L'ingénierie de la résilience et la sécurité des systèmes sociotechniques

L'ingénierie de la résilience représente une nouvelle approche de la sécurité qui diffère des approches traditionnelles de management des risques basées sur des approches componentielles (Dekker et al., 2008) : l'erreur humaine, les violations, l'analyse des risques, le renforcement des barrières de défense. Dans cette approche, l'accident n'est plus perçu comme un dysfonctionnement des fonctions du système, mais il représente la défaillance du système pour s'adapter à la complexité du monde réel. Ainsi, le système ne doit pas chercher à éviter ou à résister aux perturbations, mais il doit chercher à s'adapter à ces dernières. Le succès réside donc dans la capacité des organisations, des collectifs et des individus à maintenir leurs niveaux de performance malgré la présence de perturbations importantes. La compréhension de l'échec passe, pour l'organisation, par comprendre non seulement ce qui n'a pas fonctionné mais surtout ce qui a fonctionné et les conditions du succès. D'un point de vue méthodologique et empirique, le positionnement de la résilience (et de l'ingénierie de la

résilience) s'oppose à celui de l'approche par la vulnérabilité, en se focalisant sur les aspects positifs du comportement des individus, collectifs ou organisationnels (Le Coze, 2009). Ce positionnement a été aussi adopté depuis longtemps par l'ergonomie centrée sur l'activité qui a vu en l'homme un facteur de fiabilité (Faverge, 1967).

Depuis ses premiers fondements (2006), Hollnagel (2010) a proposé une nouvelle définition de la résilience : « capacité intrinsèque d'un système pour ajuster son fonctionnement, avant, pendant et après les changements ou perturbations, de telle sorte qu'il puisse maintenir ses activités requises face à des conditions attendues ou inattendues ». Cette définition intègre les relations de dépendance entre la sécurité et la production du système et montre la voie pour améliorer la sécurité. Désormais, l'ingénierie de la résilience se focalise sur l'augmentation du nombre de succès plutôt que sur la réduction du nombre d'échecs. La question qui se pose est : « comment introduire de la résilience dans un système ? ». Pour qu'un système soit résilient, il doit posséder quatre capacités (Figure 11) concrètes et nécessaires (Hollnagel, 2010) : 1. Capacité de répondre aux événements, en ayant préparé un ensemble de mesures pour faire face aux perturbations ; 2. Capacité de surveiller les évolutions de la situation, en surveillant l'environnement et le système ; 3. Capacité d'anticiper les futures menaces et les opportunités, par l'analyse proactive des futurs changements, pressions et opportunités ; 4. Capacité d'apprendre des échecs du passé, comme des succès, en se basant sur l'analyse réactive de dysfonctionnement.

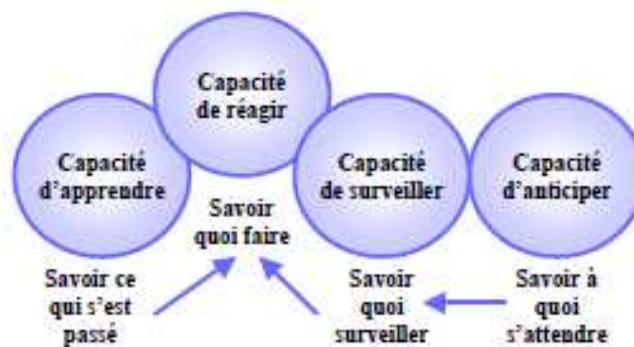


Figure 11. Les quatre capacités d'un système résilient (d'après Hollnagel, 2010)

Cette approche pratique s'est peu intéressée à la capacité des organisations à arbitrer et faire des compromis entre les objectifs de sécurité et de performance économique. La sécurité est désormais, pour l'ingénierie de la résilience, la capacité de réussite quels que soient les conditions rencontrées et non plus un niveau élevé en dépit de l'existence de fortes pressions

de production. Pourtant, des Décisions d'Arbitrage sur des objectifs de performance à court terme sont prises régulièrement dans les systèmes sociotechniques comme le nucléaire, l'industrie pétrolière, l'aéronautique et la médecine, mais aussi, plus simplement dans la conduite automobile (Cowing et al., 2004 ; Becker, 2007 ; Gomes et al., 2009 ; Nascimento & Falzon, 2009). Dans ces systèmes, l'accident ne résulte pas uniquement d'une combinaison malheureuse de facteurs ou de causes, mais aussi des multiples arbitrages réalisés dans toutes les couches du système, depuis sa conception jusqu'à sa réalisation et à son fonctionnement (Cuvelier & Falzon, 2010). Ces Décisions d'Arbitrage doivent faire l'objet d'études afin de comprendre les mécanismes et les critères qui les sous-tendent dans leur contexte de survenance.

### 2.1.3 Sécurité et résilience

Un système sociotechnique est considéré comme étant sûr lorsque le nombre d'accident a atteint un niveau acceptable. Le niveau de sécurité est donc relatif à une mesure comptable du nombre d'événements, qui se traduit par une classification de ces systèmes : de système ultra performant mais peu sûr (niveau de sécurité faible) à l'ultra sûr (Amalberti, 2006). Selon cet auteur, la résilience est une propriété stable d'un système professionnel donné, dont les caractéristiques dépendent du niveau de sécurité atteint. Dans les systèmes moyennement sûrs, comme le médical (Amalberti, 2006 ; Cuvelier & Falzon, 2010) ou peu sûrs comme la pêche maritime (Morel et al., 2009), il existe une forme de résilience spontanée qui repose sur l'expertise des opérateurs. A l'opposé, dans les systèmes ultra sûrs où la sécurité est la priorité, la résilience repose sur les responsables sécurité et la supervision des autorités nationales ou supra-nationales. Plus le système est sûr, moins la résilience repose sur les « professionnels » de la sécurité. Mais cette acception d'un lien linéaire entre sécurité et résilience trouve ses limites. Un système peut être sûr sans être résilient (i.e. le transport ferroviaire) et à l'inverse il peut être résilient tout en ayant un nombre important d'accidents (i.e. le transport routier) (Hale & Heijer, 2006). Pour ces auteurs, dans le chemin de fer la sécurité et la résilience sont relativement indépendantes les unes des autres. Une autre limite de cette acception apparaît lors du renforcement classique de la sécurisation des systèmes : plus les systèmes sont sûrs, plus ils sont vulnérables par un manque de résilience (Van Daele & Ait Ameer, 2010). Donc, la sécurité progresse au détriment de la résilience du système. En diminuant sa capacité d'adaptation, le système éprouvera des difficultés à faire face (Coping) à la survenue de perturbations.

Ainsi, si la sécurité n'est pas une propriété du système (Hollnagel & Woods, 2006) et que la résilience est une capacité du système (Hollnagel, 2010), alors sécurité et résilience peuvent être de nature différente selon le système.

#### 2.1.4 L'ergonomie et la résilience

Pour l'ergonomie, l'apport de la résilience dans le champ de la sécurité ne semble pas relever d'un « changement révolutionnaire » (Cuvelier & Falzon, 2010). Pour ces auteurs, l'ingénierie de la résilience propose un changement basé sur : 1. La distinction entre le travail prescrit et le travail réel ; 2. La variabilité de la performance ; 3. Les régulations et les savoir-faire développés par les opérateurs. Ces éléments de changement constituent déjà des fondements de l'ergonomie « centrée sur l'activité » (Daniellou, 1996 ; Guérin et al., 1997).

L'ergonomie s'est intéressée depuis les années cinquante (Ombredane & Faverge, 1955) à décrire les écarts entre le travail prescrit et le travail réel. Ces travaux pour affiner cette différence ont été poursuivis par de nombreux chercheurs (i.e. Leplat & Hoc, 1983 ; De Terssac, 1992 ; Wisner, 1995). Pour Leplat (1997) la tâche prescrite (quel que soit le mode de prescription) et la tâche effective (i.e. l'activité ou travail réel) ne coïncident pas toujours. Relever ces écarts constitue l'essence même de l'ergonomie francophone. Depuis l'émergence du courant de l'ingénierie de la résilience, les recherches menées dans ce domaine révèlent un besoin de comprendre la différence entre les procédures et les règles (le prescrit) et le travail qui est effectivement réalisé par les opérateurs de première ligne (le réel) (McDonald, 2006 ; Pettersen, 2006 ; Pettersen & Aase, 2008). Pour ces auteurs, l'écart entre prescrit et réel est qualifié de « zone grise cachée », alors que pour l'ergonomie cet écart est une réalité qu'il faut analyser en situation réelle. Ainsi, l'approche de la gestion des risques par la résilience remet au centre des préoccupations l'observation du travail réel prônée par l'ergonomie francophone depuis de nombreuses années ( Neyns et al., 2010).

Pour l'ingénierie de la résilience, la variabilité de l'activité est considérée comme normale et nécessaire (Hollnagel, 2010). La variabilité de l'activité, des conditions et des composantes, découle de la nature même d'un système complexe. Par exemple, dans le domaine de l'anesthésie, la variabilité de l'activité s'exprime dans deux zones distinctes (potentielle et impensée), en fonction de situations envisagées ou non par l'anesthésiste avant l'intervention (Cuvelier & Falzon, 2010). Pour l'ergonomie, la prise en compte de la variabilité est un « invariant » de la démarche scientifique. Les ergonomes distinguent la variabilité industrielle (liée aux conditions de production, aux objets, etc.) et la variabilité individuelle (liée à la diversité individuelle et aux variations de l'état fonctionnel d'un individu) (Guérin et al.,

1997). L'approche centrée sur la résilience peut opérer un rapprochement entre l'ergonomie francophone et anglophone. Chaque approche apporte des éléments complémentaires. Par exemple, l'ergonomie peut fournir des données considérables sur l'activité réelle et le travail. La mobilisation des compétences et des savoir-faire des opérateurs a un lien avec la fiabilité des systèmes techniques (De Terssac & Leplat, 1990). Ces connaissances et savoir-faire leur permettent de faire face aux différentes formes de variabilités industrielles (Garrigou et al., 1998). L'opérateur est au centre de l'approche ergonomique. Dans son étude sur la pêche maritime, Morel (2007) a montré que les pêcheurs utilisent de multiples stratégies d'expertise pour réduire les risques et sont donc des professionnels particulièrement résilients. Le changement proposé par l'ingénierie de la résilience s'inscrit donc dans certains fondements de l'ergonomie, et cette dernière peut apporter en retour sa nécessaire contribution.

## 2.2 Les arbitrages (Tradeoffs)

En 2006, Woods a exprimé le besoin de procéder à de nouvelles recherches afin de comprendre les décisions de sacrifice prises par les opérateurs et les organisations. Ce besoin émerge du fait, que les recherches antérieures sur ces décisions ont montré que la décision de privilégier la production au détriment de la sécurité est implicite et méconnue (Flin, 2006). Ces décisions de sacrifice doivent être étudiées dans leur contexte, c'est-à-dire dans les situations réelles de travail. Ce constat est réaffirmé aujourd'hui en Europe, dans le champ de la Psychologie Cognitive Ergonomique ou de la théorie de l'activité et, en Amérique, dans le cadre de la Naturalistic Decision Making (NDM) (Anceaux & Chauvin, 2010). Cette approche est bien adaptée pour rendre compte de la complexité des situations de travail, non seulement centrée sur l'opérateur, mais également sur le système sociotechnique. La NDM fournit un cadre pour étudier les Décisions d'Arbitrage et les stratégies des opérateurs en situation naturelle, et c'est cette approche que nous allons aborder dans ce chapitre.

### 2.2.1 La Naturalistic Decision Making - NDM

En 1989, lors de la conférence de Dayton, environ trente chercheurs (i.e. Klein, Orasanu, Calderwood et Zsombok), qui travaillaient hors du paradigme traditionnel des recherches sur la prise de décision, ont donné naissance au courant de recherche de la NDM. En 1993, cette conférence a fait l'objet du premier ouvrage de référence (Klein et al., 1993) de la NDM. Ce courant a suscité un fort intérêt dans le domaine militaire (i.e. Army Research Institute ou US Navy dans l'analyse de l'incident du Vincennes) et dans l'industrie civile (i.e. le nucléaire et

l'aviation) afin de développer des programmes de formation, des systèmes d'aide à la prise de décision ou pour restructurer les équipes et les organisations. La NDM met plus l'accent sur les mécanismes de reconnaissance de situations connues et d'inférence immédiate que sur la mise en œuvre systématique de résolution de problème (Hoc, 2007).

Cette approche a proposé plusieurs modèles : 1. Le modèle de la prise de décision, avec le modèle RPD (Recognition-Primed Decision) de Klein (1997) qui permet de décrire la façon dont les personnes utilisent leur expérience pour prendre une bonne décision sans avoir à comparer les avantages et inconvénients d'un cours d'action alternatif ; 2. Le modèle de la conscience de la situation qui constitue dans la plupart des cas le fondement de la prise de décision (Zsombok, 1997 ; Klein, 1997), avec le modèle SA (Situation Awareness) de Endsley (1988 ; 1995) ; 3. Le modèle de sensemaking qui se réfère à un ensemble de processus destinés à essayer d'améliorer la compréhension de la situation, souvent en réponse à une surprise (Klein et al., 2007). Le « sensemaking » est le processus de création de la conscience de la situation et de compréhension dans des situations de grande complexité ou d'incertitude, afin de prendre des décisions (Klein, 2006). Le « sensemaking » est un concept relativement récent avec des sens parfois divergents. Il est associé à Weick (1995) et ses travaux sur le comportement organisationnel et à Klein (2006) dont les travaux sont centrés sur l'individu.

#### 2.2.1.1 La NDM : un objet la prise de décision des opérateurs en situation naturelle

Les études menées dans le cadre de la NDM portent sur la manière dont les opérateurs expérimentés, travaillant en groupes ou individuellement, dans des environnements dynamiques, incertains et évoluant souvent rapidement, identifient et évaluent la situation, prennent des décisions et réalisent des actions dont les conséquences sont significatives pour eux et l'organisation au sein de laquelle ils opèrent (Zsombok, 1997). Les recherches conduites par le courant de la NDM ont montré que les processus et les stratégies de décisions en situation naturelle diffèrent de celles des recherches traditionnelles. Huit facteurs clés caractérisant la NDM ont été identifiés. Ils s'opposent au paradigme des approches traditionnelles (Tableau 4). Ces huit facteurs représentent certaines caractéristiques des systèmes sociotechniques dans lesquels les opérateurs sont amenés à prendre quotidiennement des décisions. Ces opérateurs doivent respecter les objectifs et les normes fixées par l'organisation et prendre des décisions individuelles ou collectives pouvant avoir un effet direct et important sur eux et sur la production. Par exemple, les pilotes d'avions commerciaux sont des experts qui doivent faire face à des objectifs changeant et pouvant

entrer en compétition : poursuivre l'approche non stabilisée ou interrompre l'approche en remettant les gaz. Une nouvelle présentation présente un risque commercial : les passagers en correspondance peuvent manquer leur vol. Ces décisions présentent des risques pour la sécurité des vols (Source DGAC : les approches non stabilisées sont contributives dans les accidents survenant à l'atterrissage) et sont prises sous pression temporelle avec des données manquantes ou ambiguës.

En s'intéressant explicitement aux opérateurs experts et à leur activité, l'approche de la NDM est bien adaptée pour étudier les arbitrages de sécurité réellement opérés par les opérateurs en situation naturelle.

Naturalistic decision making	Approche traditionnelle
1. Problèmes mal définis	1. Problèmes bien définis
2. Environnements dynamiques incertains	2. Environnements relativement stables
3. Objectifs changeant, mal définis ou en compétition	3. Objectifs uniques et bien définis
4. Boucles d'action / rétroaction	4. Événement unique de décision
5. Contraintes de temps	5. Décisions réfléchies
6. Résultats à forts enjeux	6. Recherches moins intéressées par les résultats
7. Plusieurs acteurs	7. Un décideur unique
8. Objectifs & normes de l'organisation	8. Préférences individuelles

*Tableau 4. Caractéristique de la naturalistic decision making vs recherches traditionnelles de prise de décision (d'après Randel et Pugh, 1996)*

#### 2.2.1.2 Le modèle « Recognition-Primed Decision » - RPD

Dans l'approche de la prise de décision en situation naturelle, Klein (1997) a développé un modèle permettant de rendre compte de la prise de décision des experts : le Recognition-Primed Decision (RPD). Selon cet auteur, le modèle permet de rendre compte de ce que les personnes font dans des conditions où le temps manque, les informations sont ambiguës, les buts non clairement définis et les conditions changeantes. Klein (1997) montre que les experts ne réalisent pas de comparaisons formelles entre diverses options, mais ils utilisent leur expérience pour générer une solution plausible et satisfaisante. La décision est prise

rapidement et de manière satisfaisante par ces experts parce qu'ils relient les caractéristiques de la situation avec une situation générique.

Le modèle RPD se compose de trois fonctions, étiquetées :

- « Simple match » (simple appariement) : représente le cas dans où le décideur identifie la situation et réagit en conséquence. Dans cette situation les objectifs sont évidents, les indices critiques sont identifiés, les attentes envers les états futurs sont formées et un cours d'action typique est reconnu.
- « Diagnose the situation » (diagnostic de la situation) : cette fonction qui a été rajouté au modèle originel (Klein, et al., 2007) est une tentative de l'individu de lier les éléments clés observés de la situation à des facteurs de causalité.
- « Evaluation course of action » (évaluation du déroulement de l'action) : est un cas plus complexe que les deux précédents dans lequel l'individu effectue des simulations mentales pour évaluer les différentes actions possibles. Il comprend la situation mais ne connaît pas l'action qu'il faut lui associer.

Ainsi, ce modèle est adapté pour rendre compte des décisions prises par les experts en situation naturelle, comme Chauvin et Lardjane (2008) l'ont montré dans leur étude sur les stratégies d'anti-collision en mer.

### 2.2.1.3 La conscience de la situation

L'essor du concept de « Situation Awareness - SA » trouve son origine dans le domaine des processus dynamiques et à risques, comme par exemple l'aéronautique civile et militaire. Un pilote d'avion doit réactualiser en permanence les éléments de son environnement et intégrer de plus en plus d'informations. Ce pilote doit avoir conscience de la position des autres avions, des communications avec le contrôle aérien, de la météorologie ou des conditions sur le terrain de destination tout en étant conscient de la configuration de son avion et des modes du pilote automatique engagés.

Cet engouement pour la SA a largement dépassé le domaine aéronautique pour toucher l'industrie nucléaire, le transport routier et le domaine médicale. En 1988, Endsley a défini la SA comme « la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps ou d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans un futur proche ». La conscience de la situation est cruciale pour réaliser des tâches dans un environnement dynamique complexe comme par exemple la conduite automobile (Endsley, 1995a). Pour se déplacer dans l'environnement et éviter un accident, le conducteur doit identifier les informations pertinentes dans le trafic routier (i.e. sa distance par rapport aux

autres véhicules) et être prêt à réagir aux évènements qui peuvent survenir (i.e. une voiture qui change brusquement de direction).

La conscience de la situation a pour fonctions principales de donner cohérence aux événements de la situation, de créer des attentes et d'orienter la prise d'information, de servir d'ancrage aux décisions et actions ultérieures, de permettre l'anticipation de la situation et des effets d'actions envisagées (Mundutéguy & Darses, 2007).

Pour Endsley (1997), avoir « conscience de la situation » signifie avoir atteint l'un des trois niveaux hiérarchiques : 1. Perception des éléments dans l'environnement. 2. Compréhension de la situation actuelle en relation avec les objectifs. 3. Projection des états futurs.

Le modèle d'Endsley (1988 ; 1995a) relie la SA à la prise de décision et intègre les concepts d'attention, de mémoires (sensoriel, travail et à long terme) et d'expertise (habileté, expérience et formation). Dans ce modèle, les prises de décision et les actions en situation dynamique sont directement déterminées par la conscience de la situation.

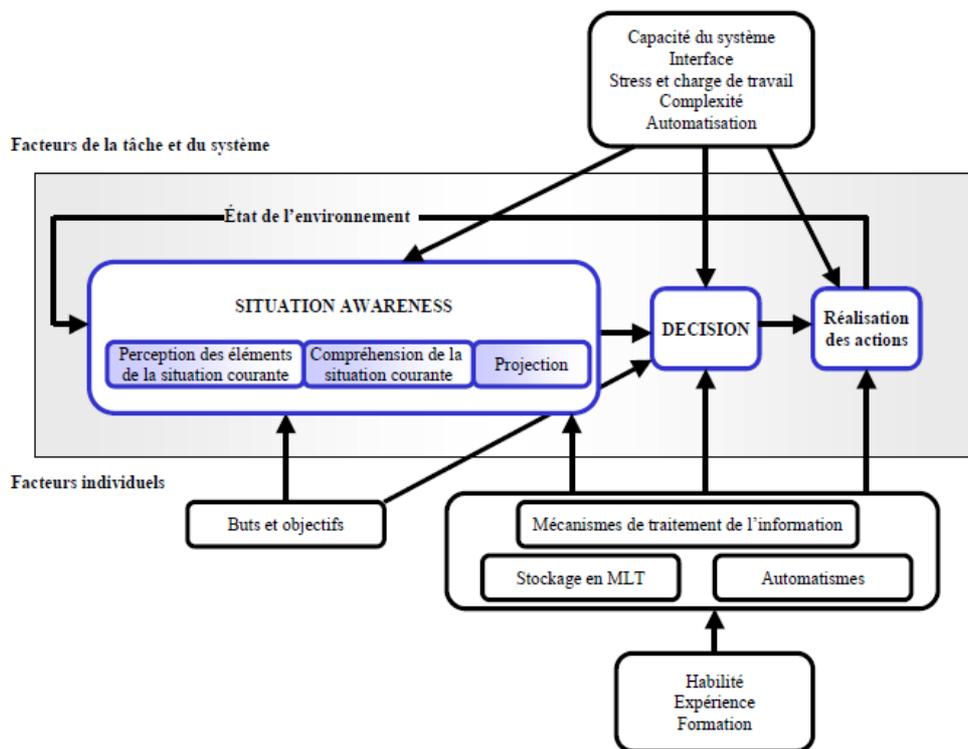


Figure 12. Modèle de la SA en situation dynamique (traduit de Endsley, 1995b)

La perte de la conscience de la situation est un facteur majeur contributif dans les accidents, incidents ou dérives. Ce fait a été observé dans le domaine de l'aviation où la perte de la conscience de la situation est un facteur contributif dans 88% des accidents aériens qui ont pour origine une erreur humaine (Endsley, 1995b). Dans le domaine de l'anesthésie, un défaut

de conscience de la situation apparaît dans 80% des causes de dérive (écart par rapport à une norme) et provient principalement d'un déficit de l'anticipation des données et une mauvaise reconnaissance et/ou compréhension du problème (Neyns et al., 2010).

### 2.2.2 Sécurité vs performance

D'après Reason (1990), « *Toutes les organisations doivent allouer des ressources dans deux buts distincts : la performance et la sécurité* ». Cette acception est toujours d'actualité, dans certains systèmes sociotechniques complexes à risques. Les opérateurs et les managers y sont convaincus que, la sécurité et la production sont les objectifs les plus importants que l'entreprise doit atteindre simultanément (Huber et al., 2009). Ces objectifs sont souvent dictés par des pressions externes (i.e. l'Autorité, le client, le grand public) et sont internalisés par l'ensemble des employés des organisations opérant dans ces systèmes. Ceci n'est pas sans conséquences sur l'ensemble des acteurs de l'entreprise, qui doivent s'adapter aux changements et de la sorte arbitrer entre des objectifs conflictuels (Marais et al., 2004 ; Dekker, 2006 ; Flin, 2006 ; Woods, 2006 ; Marais & Saleh, 2008 ; Aase et al., 2009). Ces arbitrages, nécessaires pour faire face à un environnement imprévisible, constituent une source de risques et parfois une source d'accidents (Flin, 2006). De plus, ces décisions sont implicites et non reconnues (Woods, 2006) ; il est donc important de les étudier afin d'évaluer leurs impacts sur la sécurité et sur la performance.

#### 2.2.2.1 Les arbitrages entre performance et sécurité

L'ingénierie de la résilience vise à comprendre les articulations entre les activités et les contraintes des opérateurs, et les enjeux de l'organisation, afin d'aider l'ensemble des personnels à équilibrer leurs Décisions d'Arbitrage entre les buts « aigus » (production, efficacité) et les buts « chroniques » (sécurité) (Woods, 2006). Ces arbitrages entre sécurité et performance sont une réalité observée dans les systèmes à risques comme par exemple dans l'industrie nucléaire et pétrolière, dans l'aviation civile et la médecine, et plus simplement dans la conduite automobile (Cowing et al., 2004 ; Becker, 2007 ; Gomes et al., 2009 ; Nascimento & Falzon, 2009). Ces Décisions d'Arbitrage sont appelées « jugement de sacrifice » parce que les objectifs de production et les buts relatifs à l'efficacité du système sont momentanément sacrifiés afin d'éviter au système de migrer vers les limites de la sécurité (Woods, 2006). Selon cet auteur, ces arbitrages existent à tous les niveaux de l'entreprise, du niveau organisationnel (« Blunt end ») jusqu'aux opérateurs (« Sharp end »), mais également à tous les niveaux de la société. Les décisions prises au niveau stratégique du

système peuvent impacter les décisions prises au niveau opérationnel, et vice versa (Woods, 2006). L'accident de la navette Challenger s'est produit parce que la décision de maintenir le lancement a été prise malgré les interrogations liées aux conditions météorologiques (température extérieure) et l'enveloppe de résistance des joints (O-rings) des propulseurs à poudre en conditions « basse température ». Cette décision, prise par des cadres supérieurs, est le fruit d'une politique de la NASA visant à privilégier la production et l'efficacité en maintenant le programme de lancement sous les pressions politiques et commerciales (Vaughan, 1990, 1996). Lorsque la rémunération est liée à l'activité (heures de vol), certains pilotes d'hélicoptère opérant sur des plates-formes pétrolières, oublient la « sécurité » dans l'objectif de voler plus (Gomes et al., 2009). Les vibrations hors tolérances ou de défauts d'équipements de l'hélicoptère sont reportés officiellement par le pilote à la maintenance uniquement lorsque celui-ci a fini sa période d'activité. Ainsi, il maintient son activité de vol et surtout sa rémunération !!! Chez les manipulatrices en radiothérapie les conflits entre « santé » et « sécurité » sont observés lors de l'analyse de conformité réalisée avant la séance (Nascimento & Falzon, 2009). Si toutes les conditions ne sont pas réunies (i.e. les accords nécessaires pour valider le plan de traitement n'ont pas été délivrés), et que les manipulatrices ne peuvent pas récupérer la situation, elles arbitrent entre réaliser ou annuler la séance. Cet arbitrage constitue un compromis entre le risque pour le patient et le bénéfice pour le patient. Certains problèmes relatifs aux décisions de sacrifice émergent (Dekker, 2006) :

1. Pour les managers ces arbitrages ont un sens et sont difficiles à prendre : ces décisions sont d'autant plus difficiles à prendre par les managers et les opérateurs, parce que rétrospectivement le sacrifice n'était pas nécessaire du fait que rien ne s'est produit (Flin, 2006 ; Woods, 2006). Résoudre les conflits entre performance et sécurité leurs est difficile parce que les issues potentielles pouvant affecter la sécurité sont incertaines, ambiguës, voire impensables. Ainsi, la conscience de la situation est un élément important pour évaluer les arbitrages entre performance et sécurité (Hollnagel & Woods, 2005 ; Hale et Heijer, 2006). Le manager ou l'opérateur doit donc collecter les informations nécessaires, leur donner du sens et prévoir comment la situation actuelle peut se développer avant d'arbitrer. Mais, certains opérateurs peuvent ne pas être pleinement capables de comprendre les conséquences de leurs arbitrages (Woods, 2006) et de la sorte avoir une conscience partielle de la situation. Il est donc important d'évaluer comment les managers et les superviseurs agissent et réagissent face à ces décisions de sacrifice (Flin, 2006 ; Woods, 2006). Cette évaluation devient difficile lorsque ces décisions sont devenues une habitude et ancrées dans les pratiques, car elles sont généralement oubliées. Identifier les critères pris en compte par les opérateurs dans le

contexte de la situation peut fournir des données intéressantes permettant de comprendre pourquoi des Décisions d'Arbitrage sont prises et comment les opérateurs s'adaptent à leur environnement imprévisible.

2. Les décisions sont un élément de dérive : dans les systèmes sociotechniques, il est important d'établir les relations dynamiques et les tendances à long terme de dérives qui se cachent derrière l'échec du système (Dekker, 2006). Selon cet auteur lorsque la sécurité et l'efficacité sont mises en balance et que les managers prennent des décisions à court terme basées sur les éléments du contexte, les décisions de sacrifice constituent un élément de dérive. Cette dérive au travers des frontières de sécurité augmente le risque d'accidents et constitue une source de risques lorsque ces décisions sont ancrées dans les normes institutionnelles ou organisationnelles. Celle-ci est sournoise, car elle est perçue par l'ensemble des personnels comme le travail normal, réalisé dans les conditions habituelles de pression, d'attentes et de demandes. Selon Dekker, (2006), détecter cette dérive avant qu'un incident se produise constitue un objectif majeur pour l'ingénierie de la résilience. Mais établir un lien entre les arbitrages réalisés au niveau micro (individu) et macro (organisation) constitue un challenge pratique et théorique.

Comprendre comment les conflits entre les objectifs multiples de l'organisation émergent et comprendre comment les managers et les opérateurs de première ligne les résolvent constituent un défi pour l'ingénierie de la résilience. Il faut donc se focaliser sur les relations entre ces arbitrages et la sécurité, en terme de négociation, sur le processus d'apparition et sur l'établissement de critères permettant de distinguer les bons et les mauvais compromis (Gilbert et al., 2007). Et ceci afin d'établir des stratégies robustes permettant de faire de bons compromis entre performance et sécurité qui n'altèrent pas la sécurité du système.

#### 2.2.2.2 La sécurisation : entre performance et sécurité

Les arbitrages entre des buts conflictuels, réalisés à tous les niveaux de l'organisation, renvoient à la problématique du maintien ou de l'amélioration du niveau de sécurité, et de la sécurisation des systèmes peu sûrs. Deux formes de sécurisation de ces systèmes existent : 1. Ajouter de la sécurité sans toucher au niveau de performance ; 2. Ajouter de la sécurité en abaissant systématiquement le niveau de performance (Morel, 2007). Pour cet auteur, ces deux formes de sécurisation renvoient à deux modèles qui s'opposent (Figure 13).

1. Dans le modèle de rigidité du fléau, toute augmentation du niveau de sécurité ou de performance se fait au détriment de l'autre. Ainsi il est impossible de prioriser en même

temps la sécurité et la performance (Marais et al., 2004) mais aussi de les maximiser (Hollnagel, 2009) ;

2. Dans le modèle idéal de flexibilité du fléau, la performance est préservée et le niveau de sécurité est amélioré. Mais ces gains en sécurité sont faibles car ils dépendent des moyens investis par l'organisation pour aider les personnes dans leur décision en augmentant la résilience du système.

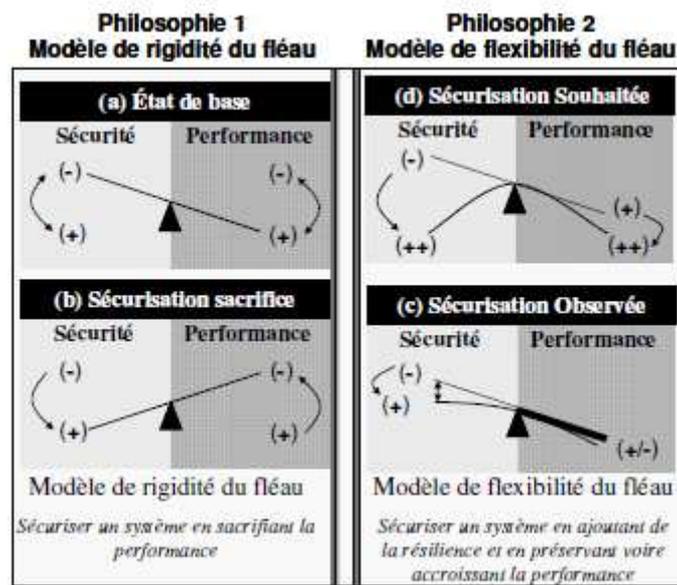


Figure 13. Les deux modèles de sécurisation d'un système peu sûr (Morel, 2007)

Ces modèles ne nous renseignent pas sur la sécurisation d'un système sûr (comme le médical) ou ultra sûr (comme l'aéronautique) dont l'état de base est différent : niveaux de sécurité et de performance élevés.

### 2.2.3 L'évaluation des risques par les opérateurs de première ligne

Pour Dekker (2006), les opérateurs de première ligne peuvent ne pas être capables de complètement comprendre les conséquences de leurs arbitrages. Ce constat pose la question sur la mise en œuvre ou non d'une évaluation des risques par ces opérateurs lors d'arbitrages entre performance et sécurité. Quelque soit la définition du mot « risque », celle-ci implique une notion d'issue défavorable ou un impact négatif potentiel d'un événement futur et que la survenance de cet événement ait une certaine probabilité. Si une évaluation des risques est réalisée par les opérateurs de première ligne, cela sous-tend qu'ils évaluent les impacts potentiels en terme de sécurité pour chaque arbitrage réalisé, et qu'ils identifient les Décisions d'Arbitrage qui sont à l'extérieurs de l'enveloppe de performance sûre. Ces deux points sont des composants des concepts de la résilience (Ferreira et al., 2010). Les recherches menées

dans l'aide médicale d'urgence par Ait Ameer et Van Daele (2008) ou Marc et Amalberti (2002) attestent que les opérateurs gèrent les risques inhérents à leur activité.

Dans la gestion d'une double panne moteur due à une ingestion d'oiseaux, les pilotes du vol 1546 US Airways ont réussi un amérissage d'urgence sur le fleuve Hudson. Le traitement de la double panne a été une succession de décisions de sacrifice (Pariès, 2010a). Le choix de se poser sur l'Hudson montre que les pilotes ont intégré le risque de dommages aux tiers (personnes ou infrastructures au sol) en cas de tentative de retour sur l'aéroport de départ. Mais qu'en est-il pour les arbitrages réalisés dans le contexte normal de l'activité quotidienne ? Un pilote qui régulièrement arbitre en faveur de la performance, en poursuivant une approche non stabilisée et dont les atterrissages se finissent toujours sur la piste, ne doit plus avoir présent à l'esprit le risque de sortie de piste ou de dommages avions.

## 2.3 La Sécurité Réglée vs Sécurité Gérée

L'ingénierie de la résilience intègre sous le concept unique de « résilience », les notions de « sécurité réglée » et de « sécurité gérée » (Morel, 2007 ; Cuvelier & Falzon, 2010) et leur articulation avec les objectifs de performances du système (Morel et al., 2008 ; Daniellou et al., 2010). Les travaux d'Amalberti ont montré que la sécurité d'un système à risques ne peut être obtenue que par la combinaison de ces deux formes de sécurité (Daniellou et al., 2010). L'articulation de la « sécurité réglée » et de la « sécurité gérée » fait actuellement l'objet d'un intérêt particulier de recherche en ergonomie dans le champ de la résilience (Morel, 2007 ; Morel et al . 2008).

### 2.3.1 Le rôle de la prescription : la « sécurité réglée »

#### 2.3.1.1 Définition

La « sécurité réglée » (Sr) vise à éviter toutes les défaillances prévisibles par des formalismes, règles, automatismes, mesures et équipements de protection, formations aux « comportements sûrs », et par un management assurant le respect des règles (Daniellou et al., 2010). La Sr permet d'anticiper les situations dangereuses et apporte des réponses pertinentes à des scénarii construits sur des connaissances expertes. Ces réponses prennent surtout la forme de barrières immatérielles telles que des prescriptions.

#### 2.3.1.2 L'usage de la prescription

L'organisation génère des règles pour garantir la stabilité et la sécurité du système (Largier & Lot, 2010). La prescription est une injonction de faire, émise par une autorité (Daniellou,

2002), qui a pour objectif de définir le mode opératoire, de canaliser et de standardiser l'activité des opérateurs et d'imposer dans une situation donnée une réponse définie. La prescription revêt différents visages : règles, procédures, normes, référentiels, consignes, instructions, etc.

Suivre ces ordres formels sont dans de nombreuses situations des gages de sécurité pour les opérateurs et les organisations (Largier & Lot, 2010). Se conformer aux règles et aux instructions sans déviance pendant l'exécution constitue une logique de sécurité (Amalberti, 2001). En tant que principes opératifs, les règles de sécurité permettent d'assurer la sécurité (Leplat, 1998). Par exemple, un équipage d'avion confronté à une panne se réfère et applique à la lettre les actions prévues par le constructeur et la compagnie et contenues dans le Quick Reference Handbook (QRH). Lorsqu'une règle n'est pas suivie, soit involontairement (erreur, défaillance) ou avec un degré de négligence délibérée (violation) un accident ou un incident peut se produire (Molesworth et al., 2011). Pourtant dans des situations d'urgence suivre la règle peut conduire à l'accident et ne pas suivre la règle peut permettre de sauver les personnes. Dans l'exemple de l'amerrissage sur l'Hudson, au moment de l'action, l'équipage du vol US Airways n'a pas suivi les procédures d'urgence, mais les a interprétées et adaptées (Pariès, 2010a) et a sauvé les 155 personnes présentes à bord de l'avion. Le MD11 de Swissair a connu une fin plus tragique. Confronté à un feu à bord, les pilotes ont appliqué les procédures « à la lettre »... procédures qui ont retardé une prise de décision de déroutement qui aurait sauvé l'avion et ses passagers (Amalberti, 2009). Pourtant les enregistrements ont montré que le copilote voulait ne pas suivre les règles et se poser le plus rapidement possible (Carley, 1999). Alors héros ou être humain ? Ce qui fait la différence se sont les conséquences et l'image du grand public. Que serait devenue cette image de héros dans le cas où l'amerrissage de l'airbus A320 se serait mal passé en sachant que l'avion avait assez d'énergie pour revenir se poser sur son aéroport de départ (Pariès, 2010a) ?

### 2.3.1.3 La dérive l'hyper-procéduralisation

Afin de renforcer ou de maintenir le niveau de sécurité, les systèmes sociotechniques ont tendance à renforcer et/ou à rajouter de nouvelles règles. Cette hyper-procéduralisation, se traduit par : 1. Des conséquences négatives sur les opérateurs (Largier & Lot, 2010) ; 2. Des violations (Amalberti, 2001) ; 3. L'impossibilité de déterminer quelle règle est effectivement efficace dans le niveau de sécurité obtenue (Amalberti, 2000).

1. Ce renforcement des règles n'est pas sans effets négatifs pour l'opérateur. Ceci se traduit par différentes conséquences observées : tendance à la « déresponsabilisation » des acteurs,

rigidité dans le travail, éloignement de l'acteur vis-à-vis du système, freins à l'apprentissage, distanciation des services les uns des autres et tendance au désengagement des acteurs.

2. Les règlements deviennent de plus en plus difficiles à appliquer. En réaction, les opérateurs détournent ces règles. Cette problématique a été abordée dans le chapitre 1.3.

3. Bien souvent les réponses à un accident se traduisent par l'introduction de nouvelles règles ou de modifications de celles existantes, aux niveaux international et national et au niveau du système sociotechnique. Comme il est très difficile de retirer une règle existante, le système les accumule sans être capable de mesurer ses effets sur la sécurité. Par exemple, sur un système comme l'aéronautique, il faudrait 10 ans d'observations réelles pour affirmer qu'un nouveau jeu de règles a effectivement apporté une amélioration de 10% de la sécurité (Amalberti, 2001).

Simplifier et nettoyer les règles accumulées pour ne garder que celles vraiment contributives (Amalberti, 2003) sont des solutions qui relèvent du défi dans les systèmes sociotechniques à risques. La participation des opérateurs aux processus de construction des règles peut contribuer à une meilleure adhérence et à leur appropriation visant de la sorte à les responsabiliser (Daniellou et al. 2010). Cette co-construction des règles est une des voies suivies à la SNCF (Largier & Lot, 2010).

### 2.3.2 Le rôle de le l'individu et de l'organisation : la « sécurité gérée »

#### 2.3.2.1 Définition

La « sécurité gérée » (Sg) est la capacité d'anticiper, de percevoir et de répondre aux défaillances imprévues par l'organisation (Hollnagel & Woods, 2006 ; Morel et al., 2008, 2009). La Sg repose sur l'expertise humaine, la qualité des initiatives, le fonctionnement des collectifs et des organisations, et sur un management attentif à la réalité des situations et favorisant les articulations entre différents types de connaissances utiles à la sécurité. Alors que la Sr vise à « prévoir le mieux possible », la Sg est « une présence face à l'imprévu » qui permet de traiter en temps réel les situations qui n'ont pas été anticipées par l'organisation en apportant une réponse appropriée.

#### 2.3.2.2 La « sécurité gérée » : une trace de l'expertise des opérateurs

La « sécurité gérée » repose sur les stratégies de maîtrise des risques des opérateurs, que ce soit au niveau de l'individu, du collectif ou du management et qui se manifeste dans les situations de travail quotidiennes. En radiothérapie, la « sécurité gérée » dépend des

connaissances que les opérateurs possèdent à propos de l'organisation et des situations, mais également des connaissances qu'ils ont à propos de leurs collègues et du contexte de la réalisation de leurs tâches. (Nascimento, 2009). Cette forme de « sécurité gérée » repose donc sur l'expertise des opérateurs qui est assimilable à une résilience spontanée (Amalberti, 2006). Dans un système peu sûr comme la pêche maritime, la « sécurité gérée » assure la performance du système, mais n'est pas suffisante pour lui procurer un grand niveau de sécurité (Morel et al., 2009). Les opérateurs sont donc confrontés au quotidien par des conflits entre performance et sécurité qu'ils doivent négocier sous la forme de Décisions d'Arbitrage basées sur leur expertise. Ainsi, la « sécurité gérée » peut être définie comme la capacité des opérateurs à arbitrer entre deux buts conflictuels en apportant une réponse appropriée basée sur leur expertise.

### 2.3.2.3 La « sécurité gérée » : le management un acteur essentiel

La « sécurité réglée » prépare les systèmes sociotechniques à des situations prévues et joue un rôle majeur dans la capacité à y faire face (Daniellou et al., 2010), mais le formalisme ne prépare pas à l'imprévu. Face à des situations qui n'ont pas été anticipées, la réponse dépend bien évidemment des opérateurs, mais également du management qui doit être très attentif sur les arbitrages entre sécurité et performance réalisés par les opérateurs. Souvent, ces arbitrages sont décidés localement et sans interaction avec le management.

Face aux différents enjeux de l'organisation, le rôle du management est de produire des compromis parfaitement acceptables entre les exigences de sécurité et d'excellentes performances économiques. A ce titre, le management ne doit pas seulement s'assurer du respect des règles mais doit participer à l'articulation entre la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée » (Daniellou et al., 2010). Ce nécessaire besoin renvoie à la question de la culture de sécurité qui est la capacité du management à faire travailler tous les acteurs à cette articulation. La mise en place d'un Système de Management de la Sécurité peut être l'occasion lors de la mise en place de formations, d'ouvrir le débat sur les règles et les procédures et des conflits sous-jacents.

## 2.4 Questions relatives à la résilience

### 2.4.1 Réinjecter de la résilience

La résilience présente un intérêt croissant pour les systèmes sociotechniques dans leur quête d'amélioration de la sécurité et tout particulièrement dans la gestion des aléas. Deux solutions

existent pour appréhender la résilience dans les entreprises : la résilience organisationnelle ou la résilience basée sur les opérateurs. La résilience organisationnelle se rencontre de plus en plus dans les entreprises (Amalberti, 2009). Elle consiste à réduire l'autonomie des opérateurs en imposant des règles de sécurité et à déplacer les capacités d'adaptation de l'entreprise au niveau de son comité stratégique.

Il existe souvent une résilience spontanée qui repose sur l'expertise des opérateurs (Amalberti, 2006). Afin de la renforcer, l'autre solution consisterait à rendre de l'autonomie aux opérateurs, à développer leur savoir-faire et développer des aptitudes décisionnelles pour gérer les perturbations (Morel & Chauvin, 2010). Cette autonomie doit donner de la souplesse et de la flexibilité dans l'activité afin que les opérateurs répondent efficacement aux variations. Mais cela passe par un réajustement des règles afin d'ouvrir un nouvel espace de responsabilités aux opérateurs. Ceci n'est pas sans risques, car dès que les opérateurs récupèrent l'autonomie cela devient plus dangereux dans les systèmes très sûrs (Amalberti, 2009). Former les opérateurs sur à des situations « futures probables » ou favoriser les actions de retour d'expérience afin de partager les compétences est un vecteur pour développer des savoir-faire de résilience. Savoir gérer des compromis relève d'un apprentissage particulier, qu'il faut renforcer chez les opérateurs (Amalberti, 2001). Des formations spécifiques permettront de développer les nécessaires aptitudes décisionnelles des opérateurs pour arbitrer les conflits entre performance et sécurité.

#### 2.4.2 La compatibilité des deux formes de sécurité « gérée » et « réglée »

La sécurité industrielle (totale ou observée) est la somme des deux formes de sécurité « réglée » et « gérée » ou résilience (Morel, 2007 ; Daniellou et al., 2010), matérialisée par la formule suivante :

$$\textit{Sécurité Industrielle} = \textit{Sécurité réglée} + \textit{Sécurité gérée}$$

Les valeurs de ces deux composantes dépendent du niveau de sécurisation du système. Plus le système est sûr, plus la composante de la « sécurité réglée » est importante (et inversement). Moins le système est sûr, plus la composante de la « sécurité gérée » est importante (et inversement). La sécurité totale est proportionnelle au niveau de sécurisation du système. Ces relations sont présentées dans le tableau 5.

<b>Système</b>	<b>« Sécurité réglée »</b>	<b>« Sécurité gérée »</b>	<b>Sécurité totale</b>
<b>Peu sûr</b> <i>Pêche maritime</i>	<b>Sr</b>	<b>Sg</b>	<b>St</b>
<b>Sûr</b> <i>Rail</i>	<b>Sr</b>	<b>Sg</b>	<b>St</b>
<b>Ultra sûr</b> <i>Radiothérapie *</i>	<b>Sr</b>	<b>Sg</b>	<b>St</b>
<i>Anesthésie</i>	<b>Sr</b>	<b>Sg</b>	<b>St</b>
<i>Aéronautique civile</i>	<b>Sr</b>	<b>Sg</b>	<b>St</b>

*Tableau 5. Les composantes de la Sécurité selon la performance sécurité du système*

*\* En radiothérapie la Sécurité totale dépend également de la Qualité « gérée » et de la Qualité « réglée » (Nascimento, 2009)*

Dans son étude sur la radiothérapie, Nascimento (2009) a constaté que la « sécurité gérée » est de nature différente de celle observée dans la pêche maritime par Morel (2007). Ce constat s'explique par la nature de la « sécurité réglée » où le niveau de contrainte par les règles est différent. En effet dans le système de pêche maritime, la « sécurité réglée » est quasiment inexistante et la sécurité totale repose en grande partie sur les patrons pêcheurs donc sur la « sécurité gérée ». La sécurisation dans le domaine du « rail » est marquée par une réponse réglementaire à chaque incident/accident survenu. On assiste aujourd'hui à la SNCF (au travers du projet NOAS), à une réintroduction de la « sécurité gérée » (Morel et al., 2011) par un processus organisationnel de conception des règles de sécurité accordant de l'autonomie aux opérateurs. Dans le domaine de l'anesthésie (Cuvelier, 2011), la tendance est à vouloir augmenter les règles afin d'améliorer la sécurité des patients. Pour gérer les imprévus au bloc opératoire, la sécurité « prescrite » est conçue par les pairs et nourrie par la réalité du terrain de telle sorte qu'elle n'étouffe pas la « sécurité gérée ». Tout en renforçant les règles, la « sécurité gérée » est préservée et le niveau de sécurité totale est très élevé. Le système aéronautique civil est ultra réglé et il n'y a pas, aujourd'hui, de données de recherches permettant de caractériser la « sécurité gérée » dans ce système ultra sûr.

## Synthèse Chapitre 2

Le premier chapitre a apporté un éclairage sur les questions de sécurité et des modèles, avec une ouverture sur l'approche de la résilience pour traiter la gestion des risques dans les systèmes sociotechniques qui diffère des approches traditionnelles (Dekker et al. 2008). Cette ouverture a été traitée dans le chapitre 2. Dans sa seconde vision, l'ingénierie de la résilience apporte un éclairage sur la question des arbitrages entre performance et sécurité, effectués par l'organisation et les managers (Morel, 2007). Cette vision ne constitue plus aujourd'hui un des piliers de la résilience, bien que ces arbitrages soient une réalité observée à tous les niveaux de l'organisation (Cowing et al., 2004 ; Becker, 2007 ; Gomes et al., 2009 ; Nascimento & Falzon, 2009), et qu'ils peuvent affecter la sécurité (Flin, 2006). L'étude en situation naturelle des arbitrages, basée sur une approche ergonomique, est une voie à suivre afin de comprendre comment ils sont réalisés par les opérateurs de première ligne (« sharp end ») lors de l'exécution de leurs tâches. Ce concept de résilience intègre les notions de « sécurité réglée » (éviter toutes les défaillances prévisibles par des formalismes, des règles, des équipements) et « sécurité gérée » (anticiper, percevoir et répondre aux défaillances imprévues grâce à l'expertise humaine, aux comportements d'initiative etc.), dont la comptabilité nécessitent des arbitrages lorsque ces deux formes de sécurité entrent en contradiction (Cuvelier & Falzon, 2010).

La partie 2 de cette thèse se propose, à partir des constats généraux dressés, de les aborder dans le contexte de la recherche : l'aviation civile commerciale.

# **Partie 2**

## **Contexte de la recherche**

## **Chapitre 3. Le transport aérien mondial : un système sociotechnique ultra sûr**

Le cadrage théorique réalisé dans la première partie a fait ressortir deux points importants concernant les modèles systémiques et la résilience : 1. Les modèles de Reason (1990, 1997) et d'Amalberti (2000, 2001) sont adaptés pour traiter de la question de la gestion des risques dans les systèmes sociotechniques ; 2. Le concept de résilience permet d'aborder la question des arbitrages entre performance et sécurité et celles entre sécurité « gérée » et « réglée ». L'état des connaissances dans ce domaine requiert de nouvelles études qui doivent se dérouler en situation naturelle.

La partie 2 comporte deux chapitres. Le premier va aborder au niveau macro le contexte général de la recherche. Pour cette thèse, le choix du domaine de recherche s'est porté sur la maintenance des aéronefs. Ce domaine est largement délaissé par les chercheurs (Endsley & Robertson, 2000 ; Krulak, 2004 ; Hobbs, 2008). Cependant, il présente des caractéristiques particulières d'arbitrage dans le maintien de la navigabilité d'un avion en exploitation. Dans la maintenance, sous une contrainte de coordination opérationnelle stricte, s'enchaînent des processus nécessitant un flux continu de décisions impliquant non seulement des techniciens mais également les utilisateurs (i.e. les pilotes). Le second chapitre va exposer le concept de maintien de la navigabilité qui constitue une des pierres angulaires de la sécurité dans le domaine du transport aérien.

### **Introduction au Chapitre 3**

L'avion n'est pas un simple moyen de transport, c'est aussi un objet de réflexion (Gras & Dubey, 2009). Le transport aérien a servi de référence conceptuelle à de nombreuses recherches, à cause de la fascination qu'il suscite entre Icare ou la délivrance de la pesanteur et les conséquences de l'objet qui tombe du ciel et anéanti toute la part du rêve.

Le chapitre 3 comporte trois sections. Dans la première, nous aborderons le système sociotechnique du transport aérien et, tout particulièrement, son niveau de sécurisation dit ultra sûr ainsi que les problématiques associées. Dans la seconde section, le Système de Management de la Sécurité dans le transport aérien sera présenté sur un plan pratique à l'aide

d'un modèle de gestion opérationnelle de la sécurité. La dernière section se propose de faire un focus sur une composante de ce système sociotechnique : la maintenance des aéronefs et son impact sur la sécurité.

### 3.1 Le niveau de sécurité du transport aérien : stabilisé sur un plateau

#### 3.1.1 Le succès de la technologie

Les progrès technologiques dans le design des avions, des matériels et des processus de fabrication ont significativement réduit le taux d'accidents entre 1959 et 1970 (Figure 14), alors que ceux attribués aux performances humaines n'ont pas connu le même taux de changement (Hart, 2004). Deux directions ont été suivies : 1. Améliorer la technique pour réduire la fréquence des pannes, puis pour empêcher le survenue d'erreurs humaines ; 2. Développer le retour d'expérience pour mieux estimer le risque de défaillance et prendre des mesures pour que les défaillances observées ne se reproduisent plus (Amalberti, 2001). Dans les années 80, les automatismes et les systèmes d'aide ont envahi les postes de pilotage, chassant de la sorte le troisième homme : l'officier mécanicien navigant (OMN) remplacé par quelques boîtes... L'avion n'a pas échappé au règne de la technologie : systèmes de diagnostics automatiques, interactions multiples et dialogues entre systèmes et sous-systèmes. Ceux-ci présentent de vastes interactions avec l'homme qui doit exercer différentes tâches : surveillance, pilotage, exploitation de dispositifs complexes et maintenance.

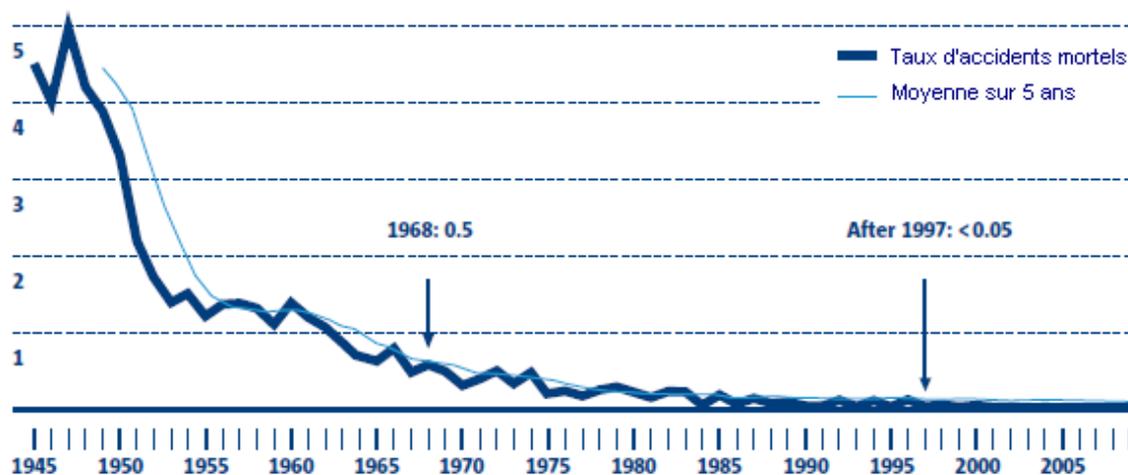


Figure 14. Nombre global de décès de passagers par 100 millions de milles parcourus, opérations de transport commercial régulier (EASA, 2009)

Avec un taux de 75% des causes d'accidents imputables aux facteurs humains, l'homme est devenu l'élément de non fiabilité et l'objet de nombreuses recherches. Ainsi les accidents causés par des défaillances structurales ou des problèmes de design avion ont disparu pour faire émerger les « Controlled Flight Into Terrain – CFIT ». Ce terme a été inventé par les ingénieurs de Boeing dans les années 70. Il s'applique aux accidents dont l'avion qui est apte au vol et sous le contrôle de l'équipage, vient percuter le sol, une montagne, l'eau ou un obstacle. En 2008, les CFIT étaient les accidents aériens les plus meurtriers (DGAC rapport sur la sécurité aérienne, 2008).

### 3.1.2 Le plateau de sécurité

Depuis les années 80, le niveau de sécurité ne progresse plus et stagne sur le chiffre magique de 0,3 accident par millions de mouvements. De 1990 à 2003, le trafic de passagers a augmenté en moyenne de 2,7 % par an en nombre de passagers et de 2,8 % par an en nombre de vols. Entre 2002-2007, le nombre d'avions commerciaux a progressé de 16% (875) aux Etats Unis et de 27% pour le reste du monde (IATA, 2007). En 2009, le transport aérien a confirmé sa qualité de mode de transport très sûr. Le nombre d'accidents mortels de passagers survenus dans le monde en 2009 en services réguliers a été égal à 8. Le nombre de passagers tués dans ces accidents (579) a néanmoins augmenté de plus d'un tiers comparé à 2008. Quels que soient les ratios utilisés (0,3 accident mortel de passagers par million de vols ou 0,14 passager tué par milliard de Passagers Kilomètre Transporté), ces données font du transport aérien un système ultra sûr (DGAC rapport sur la sécurité aérienne, 2010).

Avec le même niveau de sécurité depuis 30 ans, cette augmentation du nombre de mouvements des avions commerciaux implique-t-elle un accroissement du nombre d'accidents ? L'expansion croissante du transport aérien ne s'est pas accompagnée d'une augmentation du nombre d'accidents. En 1996, les responsables de Boeing prévoyaient que « *Si le taux d'accidents restait constant par rapport au niveau de 1996, ... la croissance prévue du trafic pourrait conduire à un accident grave chaque semaine d'ici 2015* » (Mineta, 1997). Ces prédictions peuvent sous-estimer le problème, parce qu'elles supposent que le taux d'accidents est indépendant de la densité du trafic (O'Leary, 2002).

Si l'on considère le nombre de passagers victimes d'un accident mortel par 100 millions de milles parcourus, on constate qu'il a fallu environ 20 ans (de 1948 à 1968) pour permettre de diviser ce chiffre par 10 et passer ainsi de 5 à 0,5. Ce chiffre s'est encore amélioré et a de nouveau pu être divisé par 10 en 1997, soit près de 30 ans plus tard, lorsque le taux est tombé en dessous de 0,05. Pour l'année 2008, on estime que ce taux est tombé à 0,01 passager

victime d'un accident mortel par 100 millions de milles parcourus (EASA rapport sur la sécurité aérienne, 2008).

Ce plateau n'est pas le reflet du niveau de sécurité de chaque région du monde : le taux diffère d'une région à l'autre. L'Afrique et l'Amérique latine/Caraïbes ne présentent pas le même niveau de sécurité que d'autres régions dans le monde (Figure 15). En 2009, les exploitants aériens d'une région du monde – le Moyen-Orient – ont enregistré un nombre d'accidents mortels de passagers très supérieur à leur contribution à l'activité aérienne mondiale, en raison, notamment, de deux accidents ayant impliqué des compagnies iraniennes. La situation de l'Europe au sens de l'OACI (c'est-à-dire Turquie et Etats de l'ex-URSS inclus) apparaît stable par rapport aux années précédentes, avec une part d'accidents mortels en proportion avec sa contribution à l'activité aérienne totale (DGAC rapport sur la sécurité aérienne, 2010). Alors, au-delà de la technique, les efforts menés depuis les années 80 n'ont pas été vains.

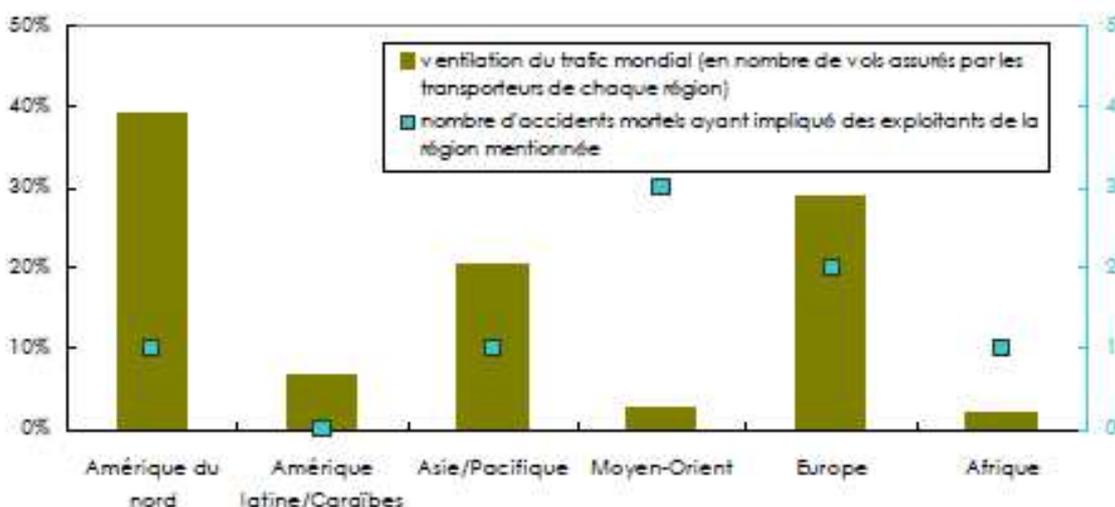


Figure 15. Répartition géographique des accidents mortels en services réguliers survenus en 2009 et de l'activité aérienne (Rapport DGAC, 2010)

Au cours des 10 dernières années, le nombre annuel d'accidents mortels de passagers semble suivre une tendance globalement orientée à la baisse, indépendamment des évolutions – croissance ou décroissance – du trafic sur la période (Figure 16). Ces 10 années se composent toutefois de deux périodes successives : une première période de baisse du nombre annuel d'accidents mortels, puis en 2005 une soudaine remontée de leur nombre et, depuis une nouvelle baisse (DGAC rapport sur la sécurité aérienne, 2010).

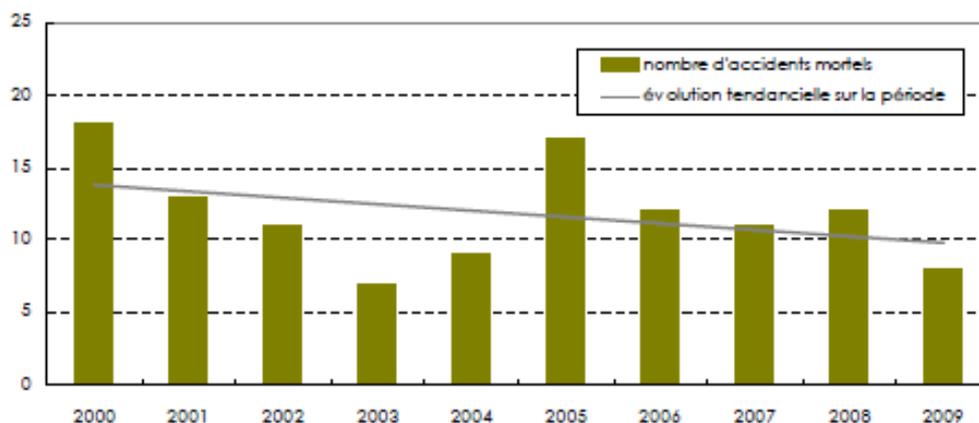


Figure 16. Évolution du nombre annuel d'accidents mortels en services réguliers dans le monde (Rapport DGAC, 2010)

### 3.1.3 Caractéristiques de ce système ultra sûr : entre sécurité et performance

Les systèmes ultra sûrs, comme l'aviation commerciale, ont des caractéristiques spécifiques dont la sécurisation tend à devenir politique plutôt qu'un objet scientifique (Amalberti, 2001). Ce système est encadré par un ensemble de règles internationales (OACI, américaines FAA et européennes EASA), nationales (DGAC) et internes (procédures compagnies), ce qui en fait un système ultra-réglémenté. Selon Dekker (2003), suivre les règles est un gage de sécurité et ne pas suivre les règles conduit à des situations non sûres. Dans ce système, la sécurité est une priorité principale à tous les niveaux du système et lui-même un objet d'action (Amalberti, 2006). Les accidents sont rares et il est difficile pour ce système d'apprendre de l'accident. De plus, lorsque l'accident se produit, il y a une intolérance du grand public et des familles des victimes au risque résiduel. Ceci a pour conséquence de déplacer l'analyse des causes en une recherche de responsabilités, par des actions en justice et une politique de réparation. Ce système est performant sur le plan commercial malgré une très forte concurrence interne (i.e. Compagnies aériennes à bas coûts - Low cost) et des autres moyens de transports (i.e. en France le rail) et, l'envolée des coûts liée au kérosène. La note en carburant des compagnies aériennes devrait représenter en 2011, 29% des coûts opérationnels totaux, contre 14% en 2003 (IATA Impact du fuel sur les coûts opérationnels, 2011). La performance économique est bonne (+ 36% de passagers en 10 ans) mais le niveau de sécurité reste stable depuis 30 ans ; dans ce contexte les arbitrages se font au profit de la performance commerciale au détriment de la sécurité (Amalberti, 2000).

Ainsi l'aviation civile est un système sociotechnique complexe ultra sûr et ultra réglé, intégré au sein d'un environnement fortement compétitif, où la sécurité est un des buts majeurs, mais pas le seul.

## 3.2 L'aviation commerciale et le Système de Management de la Sécurité

### 3.2.1 Le SMS en aviation : une histoire récente

Le 23 novembre 2006, l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale, dans l'annexe 6, a demandé aux Etats membres d'établir un programme de sécurité et aux compagnies aériennes qu'elles mettent en œuvre un SMS pour le 1<sup>er</sup> janvier 2009. Ces exigences imposées aux compagnies aériennes sont déjà un standard pour les services de la navigation aérienne et pour les aéroports depuis l'année 2005. Ces exigences internationales sont traduites dans des règlements européens et nationaux. Le 28 décembre 2008, par un arrêté relatif à la mise en œuvre des systèmes de gestion de la sécurité, l'Autorité française a reporté cette exigence au 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour les compagnies aériennes et les organismes de maintenance.

### 3.2.2 Un modèle de gestion opérationnelle de la sécurité

Le modèle de gestion opérationnelle de la sécurité (Figure 17) se décline en quatre pôles majeurs. Au sommet se trouvent la stratégie et la politique de sécurité qui comprend également les objectifs de sécurité de la compagnie aérienne et les responsabilités de sécurité de l'ensemble des acteurs du SMS. La définition des responsabilités en matière de sécurité est une obligation réglementaire liée à la mise en place du SMS. Elle répond à l'absence de formalisation dans la réglementation européenne (EU-OPS) des responsabilités en matière de sécurité des Responsables Désignés (Opérations Aériennes, Opérations au Sol, Maintenance). Au centre de ce modèle se trouve le cœur du SMS : la gestion des risques. L'objectif principal du SMS est d'intervenir de façon proactive sur les processus susceptibles de générer des risques pour l'activité de transporteur aérien. La gestion des risques repose sur l'identification des dangers, l'analyse et l'évaluation des risques par l'utilisation de matrices, et la mise en place de mesures destinées à protéger le système contre ces risques. L'évaluation des risques est un concept nouveau pour les compagnies aériennes et difficile à mettre en œuvre. Si la notion de danger est évidente dans l'industrie, l'identification des dangers en aviation se révèle plus délicate.

La zone inférieure gauche est la zone opérationnelle de l'activité de transporteur aérien et d'organisme de maintenance. Lorsque le système est sous contrôle et le processus de gestion

des risques mis en œuvre, il faut surveiller au quotidien les activités, afin d’avoir une image claire de la performance sécurité. Pour ce faire, toutes les données disponibles doivent être exploitées : analyse des vols, rapports de vol (ASR), rapports qualités, Retour d’Expérience (REX) anonymes. Ces données alimentent également en continue le processus de gestion des risques. Pour surveiller en continue la performance sécurité, il faut recourir aux indicateurs de sécurité qui doivent être basés sur les objectifs de sécurité définis par l’entreprise. Actuellement, les compagnies aériennes disposent d’un ensemble d’indicateurs réactifs et pas d’indicateurs proactifs. Lorsqu’un événement sécurité survient, une enquête et une analyse doivent être conduites par du personnel formé à la conduite d’enquête sécurité. Les recommandations sont suivies d’actions sécurité. De plus, les données d’analyses alimentent le processus de gestion des risques : risque connu ou nouveau ? Risque déjà évalué ? Barrières qui ont fonctionné ou qui ont été défaillantes ? Lorsqu’un changement intervient dans l’activité (i.e. nouveau type d’avion , nouvelle procédure), le processus de gestion des risques doit être mis en œuvre afin de déterminer l’impact futur sur l’activité. Un plan d’urgence permet à la compagnie aérienne à se préparer à répondre en cas d’accident ou d’incident grave et de revenir à son activité normale en toute sécurité lorsque la crise est terminée.

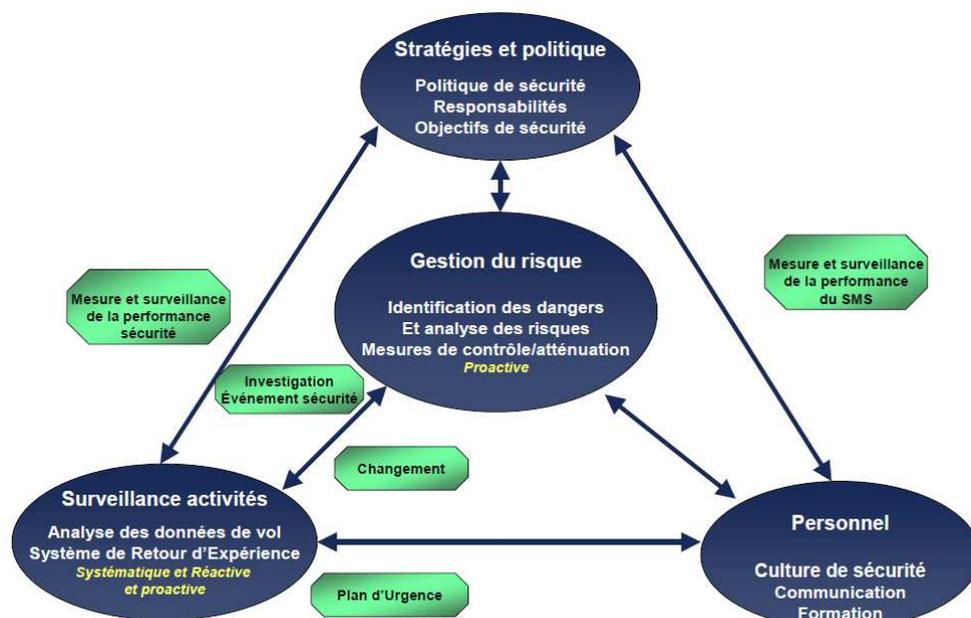


Figure 17. Modèle SMS d'une compagnie aérienne (Dicioccio, 2011)

La zone inférieure droite est la zone du personnel. Elle comprend la culture de sécurité construite par l’entreprise, la communication et la formation des personnels à la sécurité. Plusieurs études suggèrent une corrélation entre la formation des personnels, la culture de

sécurité et la mise en oeuvre du SMS (Bottani et al., 2009). La communication vise à diffuser les messages critiques et positifs sur la sécurité, à expliquer le « pourquoi » de la mise en oeuvre de certaines mesures et changements ou l'introduction de nouvelles procédures, à diffuser les performances en matières de sécurité et à faire un retour d'expérience sur les événements sécurité significatifs.

Lorsque le SMS est effectivement mis en oeuvre il faut s'assurer de l'efficacité du système. Ceci passe par des audits et une surveillance au travers d'indicateurs de performance SMS (i.e. nombre d'analyse de sécurité conduite).

Au travers de ce modèle, nous retrouvons les quatre capacités d'un système résilient définies par Hollnagel (2010) : 1. *Surveiller* : zone surveillance de l'activité au quotidien ; 2. *Suivre l'évolution en cours* : zone surveillance de l'activité en lien avec les objectifs de sécurité ; 3. *Anticiper les futures menaces et les opportunités* : zone gestion des risques et plan d'urgence ; 4. *Apprendre des échecs et des succès du passé* : zone gestion des risques et zone personnel.

### 3.3 La maintenance des aéronefs : impact sur la sécurité et sur la prévention des incidents et des accidents

#### 3.3.1 La maintenance des avions contributive aux accidents aériens

##### 3.3.1.1 Un impact sur la sécurité

La plupart des erreurs significatives de maintenance ont un impact direct sur la sécurité des vols. Pour l'aviation commerciale internationale, il est estimé que l'entretien déficient des avions est contributive à 12% des accidents d'avion et à 50% des retards et des vols annulés (Patankar & Taylor, 2004 ; Rapport Safety in Norwegian, 2005). Selon Patankar et Taylor (2004), 50% des retards de vol concernent des erreurs de maintenance sur les moteurs. L'entretien et les inspections déficientes des avions pourraient représenter la deuxième menace pour la sécurité juste après les Controlled Flight Into Terrain CFIT (Hobbs, 2004).

Bien qu'il existe peu de données sur l'impact des erreurs de diagnostic, la probabilité de la survenue d'incidents augmente, lorsqu'un avion entreprend le prochain vol avec une panne de système toujours présente (Endsley, 2000). Ces statistiques laissent entrevoir une augmentation des accidents ayant pour origine la maintenance. Boeing a montré que la maintenance est la cause principale dans 6% de tous les accidents aériens depuis 10 ans ; cette valeur n'était que de 3,4% au cours des 40 dernières années (Rankin, 1999). Les erreurs de maintenance entraînent la remise en service chaque année de 48000 avions avec un statut de

non navigabilité (Marx, 1999). Une étude aux Etats-Unis a démontré que les facteurs de maintenance sont des contributeurs dans 18% de l'ensemble des accidents (Phillips, 1994).

### 3.3.1.2 Une évaluation des conséquences difficiles à établir

Les événements ayant pour origine la maintenance sont généralement détectés lors de l'exploitation de l'aéronef. De plus, il est difficile d'évaluer la gravité d'un événement de maintenance. Un accident ou un incident ayant pour origine la maintenance, ne se manifeste en général, lors de combinaisons de pannes multiples ou d'une réaction inadéquate de l'équipage. La réponse des équipages aux événements de maintenance, qui se traduit par la défaillance d'un système, est codifiée par des procédures. Les équipages appliquent alors une check-list destinée à gérer la défaillance et à déterminer la conduite à tenir. Mais, bien souvent face à des erreurs de maintenance, ces procédures se révèlent inadaptées. Les procédures sont des réponses aux défaillances possibles résultant d'analyses logiques des systèmes qui n'intègrent pas l'ensemble des erreurs possibles. Par exemple, l'erreur de montage (absence d'un axe de fixation) d'un équipement sur la cinématique de commandes de vol n'a pas de procédure applicable. Les équipages utiliseront la procédure liée aux messages d'alarme résultant des conséquences du défaut.

Ces événements ont des conséquences importantes pour la productivité et l'efficacité de la compagnie aérienne ainsi que pour les passagers : retour au parking (Quick Return Parking - QRP) ou retour vers le terrain de départ (Quick Return Flight - QRF), déroutement vers un autre terrain de destination (Diversion - DIV), retard (Delay - DL). Par exemple le rapport d'accident d'un Boeing B747-200 de China Airlines a mis en évidence que cet accident impliquait de nombreux items liés aux risques maintenance et que ceux-ci avaient le potentiel de dégrader la sécurité du vol (Aviation Safety Council, 2005). La réparation structurale en 1980, suite à un « tail strike » à Hong Kong, n'a pas été réalisée en concordance avec la documentation du constructeur (Boeing).

### 3.3.2 La démarche facteurs humains dans la maintenance

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale les recherches en facteurs humains se sont attachées à étudier les pilotes et les tâches qu'ils réalisent, ainsi que le contrôle aérien et les questions de sécurité en cabine (Hobbs, 2008). Jusque dans les années 1990, les personnels de maintenance ont été délaissés par la communauté facteurs humains. Une attention insuffisante a été portée sur les erreurs humaines dans le domaine de la maintenance des aéronefs (Endsley & Robertson, 2000). Bien qu'il existe une littérature considérable qui décrit le rôle des

facteurs humains dans les incidents concernant les pilotes d'avions, il y a une relative pénurie d'informations concernant les incidents liés aux facteurs humains dans la maintenance des aéronefs (Krulak, 2004). Quelles que soient les raisons, ce n'est pas parce que la maintenance est insignifiante.

La transposition des concepts facteurs humains (Cockpit Resource Management - CRM) dans le domaine de la maintenance a été beaucoup plus tardive. Elle résulte en grande partie de l'accident d'un avion d'Air Ontario (Dryden, 1989). Peu avant le décollage, le Fokker 28 roulait vers la piste de décollage. Il y avait une quantité considérable de neige sur les ailes, et bien qu'un personnel navigant de cabine (PNC) et deux pilotes de ligne d'une compagnie aérienne voyageant comme passagers aient remarqué cet état de fait, les pilotes n'ont jamais été informés de la situation. La PNC, qui a été le seul membre d'équipage à survivre, a plus tard témoigné qu'elle avait des inquiétudes à propos de la neige mais, puisque par le passé dans des situations similaires, elle avait déjà essuyé des rebuffades par d'autres pilotes, elle avait décidé de ne pas aller avertir les pilotes. En 2002, le concept « Maintenance Ressource management - MRM » apparaît dans la réglementation et s'impose dans la communauté facteurs humains (FAA, Advisory Circular, 2002). Le MRM est un processus qui vise à l'amélioration de la communication, de l'efficacité et de la sécurité dans les opérations de maintenance des avions. Un des objectifs est d'impacter la culture de sécurité de l'organisme de maintenance en établissant une attitude positive envers la sécurité. En France, la mise en place de la démarche facteurs humains dans la maintenance est récente. En 2004, un groupe de travail composé de représentations professionnelles, d'organismes d'entretien, de syndicats de mécaniciens et de spécialistes facteurs humains, a élaboré un fascicule sécurité / facteurs humains (P54-45) afin d'aider les organismes d'entretien PART 145 dans la compréhension et la mise en œuvre des mesures associées.

La réglementation européenne a fixé la limite de la mise en application de la démarche facteurs humains au 28 septembre 2006. Cette démarche s'articule autour de trois axes. Le premier concerne la prise en compte des facteurs humains dans la planification et la rédaction des procédures. Le second traite de la mise en place d'un système de Retours d'Expérience REX et de notification des erreurs. Et pour terminer, la formation initiale facteurs humains de tout le personnel de maintenance (et non plus que les opérateurs de première ligne) et la formation récurrente constituent le dernier axe de la démarche.

## Synthèse Chapitre 3

Le système sociotechnique aéronautique est l'un des plus complexes mais aussi l'un des plus sûrs au monde, caractérisé aujourd'hui par un haut niveau de sécurité qui ne progresse plus (plateau de sécurité). La perpétuelle recherche qui vise à améliorer son niveau de performance sécurité s'est traduite récemment par l'introduction du Système de Management de la Sécurité. Le SMS semble permettre le développement des quatre capacités de la résilience proposées par Hollnagel (2010). La maintenance des aéronefs est un composant critique de l'ensemble de ce système pour assurer sa sécurité (McDonald et al., 2000). Ce composant a un impact sur la sécurité des vols Mais les conséquences sont difficiles à établir car elles sont détectées lors de l'exploitation de l'avion et la gravité dépend de la combinaison de pannes multiples ou d'une réaction inadéquate de l'équipage. La sécurité de la maintenance repose sur la navigabilité, concept dont le chapitre suivant se propose d'approfondir.

# Chapitre 4. La sécurité des vols par le maintien de la navigabilité

## Introduction au chapitre 4

Le chapitre 3 a apporté un éclairage sur un système sociotechnique complexe qu'est l'aéronautique et plus précisément sur l'une de ses composantes : la maintenance des avions commerciaux. Le chapitre 4 se propose d'expliquer en quoi la navigabilité des aéronefs joue un rôle essentiel dans la sécurité du transport aérien.

Ce chapitre 4 comporte trois sections. Dans la première, le concept de navigabilité sera abordé et son cadre d'application sera présenté. Puis dans la seconde, ce concept sera détaillé dans le champ de la maintenance des avions. Pour terminer ce chapitre, la dernière section portera un regard sur l'usage des règles dans la maintenance et les déviations aux règles assimilées à des violations.

## 4.1 Le concept de navigabilité

### 4.1.1 Une exigence réglementaire

#### 4.1.1.1 Définition

Pour un avion ou un composant de l'avion, la navigabilité est la possession des conditions nécessaires pour voler dans des conditions de sécurité, à l'intérieur des limites admissibles (De Florio, 2006). La navigabilité des avions de transport sanctionne l'aptitude administrative à transporter des passagers. Ce concept s'applique tout au long de la vie de l'avion : de sa conception à son exploitation. La certification de l'avion repose sur un ensemble de règles de conception et de fabrication couplées à des analyses de sécurité et de fiabilité qui s'achèvent lors des essais en vol. Le maintien de la navigabilité regroupe l'ensemble des processus destinés à veiller à ce qu'à tout moment de sa vie utile, l'aéronef respecte les exigences de navigabilité en vigueur et soit en état d'être exploité de manière sûre (EASA, 2003). Pour assurer la sécurité des vols l'exploitant (le transporteur aérien) doit maintenir la navigabilité des aéronefs qu'il exploite.

#### 4.1.1.2 Cadre d'exercice

Les pays européens ont depuis longtemps cherché à harmoniser leurs procédures et leurs normes en matière de sécurité aérienne et ce notamment par le biais des Joint Aviation Authorities (JAA). Les JAA ont été instaurées par la Communauté Economique de l'Acier et du Charbon (dont elles sont une instance associée) et ont commencé leur activité en 1970, par édicter des recommandations. Malgré d'importantes avancées en la matière, des différences subsistaient quant à la mise en oeuvre des règles des JAA par leurs Etats membres. C'est pourquoi la Communauté s'est substituée aux autorités nationales de chacun des Etats membres de l'Union Européenne, afin de produire des règles communes en matière de navigabilité et de protection de l'environnement. Le 30 juin 2009 les JAA ont cessé d'exister (JAA, 2011).

Depuis le 28 septembre 2003, les aéronefs font l'objet d'une certification unique par l'Agence Européenne pour la Sécurité Aérienne (EASA). Ce système a été demandé par les constructeurs d'avion de l'Union européenne. Pierre angulaire de la sécurité aérienne en Europe, l'EASA procède à la certification des aéronefs et équipements et délivre des agréments aux organisations assurant la conception, la fabrication et l'entretien des produits aéronautiques en centralisant les tâches de certification jusqu'alors exercées par les Etats. Cette fonction est une source d'économies considérables car, désormais, un nouvel aéronef est certifié une seule fois, au niveau de l'Union, et non plus par chaque Etat membre.

En France, le ministre chargé de l'aviation civile a en charge le contrôle de la navigabilité des aéronefs. En son nom, la Direction du Contrôle de la Sécurité (DCS), au sein de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), est chargée du contrôle de la conception de la production et de l'entretien, ainsi que l'exploitation des aéronefs.

L'Organisme pour la Sécurité de l'Aviation Civile (OSAC) a pour mission de contrôler les procédures, méthodes et organisations nécessaires à la délivrance et au maintien des différents agréments et certificats de navigabilité. Cet organisme a repris en 2010 les missions exercées auparavant par le Groupement de Sécurité de l'Aviation Civile (GSAC). Cependant, la délivrance des certificats et des agréments relève de la responsabilité de la DGAC.

Le système sociotechnique du maintien de la navigabilité peut être représenté (Figure 18) selon le modèle de Rasmussen (1997). Les strates varient des législateurs (niveau européen - EASA et national - DGAC), à la compagnie aérienne et son organisation interne.

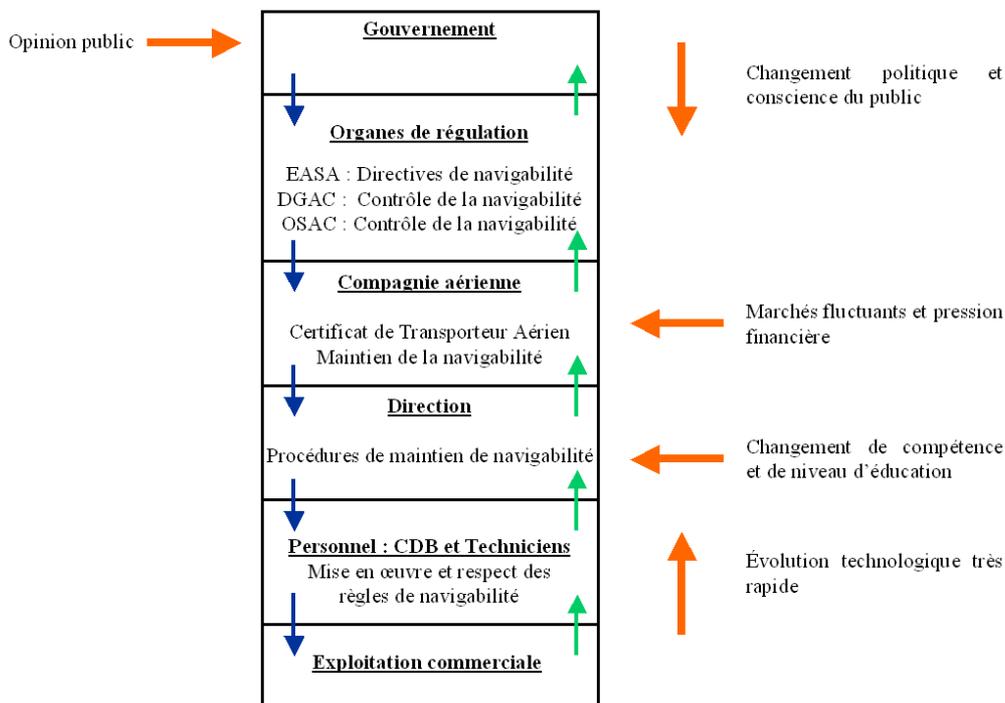


Figure 18. Représentation du système sociotechnique de maintien de la navigabilité selon Rasmussen (1997)

#### 4.1.2 La certification des avions de transport

La vie des aéronefs est contrôlée dès le stade de la conception avec la délivrance d'un « certificat de navigabilité de type » par l'administration de l'aviation civile. La production des aéronefs en série fait ensuite l'objet d'une longue surveillance, à l'issue de laquelle chaque appareil se voit délivré un « certificat de navigabilité individuel ». La délivrance de ces certificats est subordonnée à la démonstration de la conformité au type.

La certification d'un avion est subordonnée, entre autres, à la conformité de son design aux règlements de sécurité (Certification Specifications for Large Aeroplanes CS-25), à la définition d'exigences de maintenances périodiques destinées à garantir le maintien du niveau de sécurité et l'établissement d'une Master Minimum Equipment List (MMEL). Durant la conception (en vue d'obtenir la certification de type), des analyses de sûreté de fonctionnement des systèmes sont menées. Ces analyses sont destinées à rechercher tout ce qui pourrait conduire l'avion à être dans une situation dégradée pouvant éventuellement porter atteinte à l'équipage, aux passagers ou à toute personne dans le périmètre de l'appareil (Romain, 2009). Une fois sortie d'usine, l'aéronef voit son exploitation et son entretien suivis de près. Un certificat de transport aérien (CTA), est délivré aux entreprises de transport public. Il s'agit d'une autorisation couvrant à la fois les aspects portant sur la mise en oeuvre

et l'utilisation/entretien des aéronefs, et sur les équipages qui mettent en oeuvre ces matériels. L'entretien de ces aéronefs doit également être effectué par un organisme agréé.

La certification est liée au développement de l'avion (Figure 19). Son coût spécifique représente une part non négligeable (17%) du coût total de développement (Rapport PIPAME, 2009).



Figure 19. Processus de certification d'un aéronef (DGAC, 2008)

#### 4.1.3 Le suivi de la navigabilité

Le suivi de la navigabilité représente l'ensemble des tâches à accomplir pour s'assurer que les conditions qui ont donné lieu à la délivrance d'un certificat de type continuent d'être remplies pendant toute la durée de validité de celui-ci. C'est un processus continu qui intègre le retour d'expérience des événements et des incidents en exploitation dont la survenance n'a pas été complètement anticipée lors de la certification. L'objectif est de corriger les défauts et implique les constructeurs d'avions et les équipementiers, les exploitants et l'autorité (DGAC). En France, la Direction du Contrôle de la Sécurité organise la certification des aéronefs et le suivi du contrôle technique tout au long de la vie des avions (DGAC, 2011).

#### 4.1.4 L'exploitation des aéronefs : le maintien de la navigabilité

##### 4.1.4.1 Une responsabilité partagée

Le maintien de la navigabilité et de la sécurité des vols des aéronefs effectuant du transport aérien commercial est de la responsabilité de l'exploitant de l'aéronef tout au long de la chaîne d'exploitation (opérations en escale, en vol et en entretien).

Par délégation, cette responsabilité est partagée par les pilotes (le Commandant de Bord - CDB) et les techniciens. Ainsi, les deux interagissent au quotidien avec l'aéronef dans son exploitation mais dans des circonstances différentes.

Au travers de la documentation de bord appelée Compte-Rendu Matériel (CRM) de l'exploitant (composée du Technical Log Book - TLB - et de la Hold Item List - HIL -), le CDB s'assure de la situation effective de navigabilité de l'aéronef avant d'entreprendre sa visite pré-vol. Le CRM contient pour chaque aéronef les informations relatives à chaque vol afin de garantir la continuité des vols et le certificat de remise en service de l'aéronef (Approbation Pour Remise en Service - APRS). Lors de ce contrôle de la documentation, le CDB vérifie que l'APRS est en cours de validité. La visite pré-vol, effectuée par l'équipage, a pour objectif de s'assurer du maintien de la navigabilité de l'aéronef par la vérification des équipements opérationnels et de secours. A compter de cet instant, le contrôle de la documentation et la visite pré-vol effectués, toute nécessité d'intervention des techniciens de maintenance est subordonnée à la décision du CDB par délégation formelle de l'exploitant.

Les techniciens ont pour objectif la remise aux normes officiellement reconnues, de tout défaut ou dommage affectant la sécurité de l'exploitation. Lorsqu'un technicien prononce l'Approbation pour remise en service (APRS) d'un aéronef, il certifie (par écrit sur le TLB) que tous les travaux de maintenance exigés ont été effectués de façon complète et satisfaisante conformément aux normes de navigabilité applicables.

#### 4.1.4.2 L'enregistrement des défauts

Les pannes et malfunctions des équipements opérationnels et de secours d'un aéronef sont formellement appelées « défaut d'aéronef » dans le règlement européen EU-OPS et doivent être enregistrées dans le CRM de l'aéronef. Le CDB s'assure que toutes les défaillances techniques connues ou suspectées et tout dépassement des limitations techniques survenues alors que le vol était sous sa responsabilité sont mentionnés dans le CRM de l'aéronef. De plus, tout défaut portant atteinte à la sécurité du vol doit être rectifié avant tout autre vol.

Les techniciens habilités peuvent décider en utilisant les données d'entretien si un défaut porte gravement atteinte à la sécurité du vol et décider du moment et de la manière dont l'action de correction doit être entreprise avant tout vol, et quelle action corrective peut-être reportée. Ceci ne s'applique pas lorsque le CDB utilise la liste minimale des équipements (MEL) approuvée par l'autorité compétente.

Le CRM est donc un outil de communication entre les pilotes et les techniciens (Munro et al., 2004) qui permet de porter à la connaissance de la maintenance les défauts observés et à celle des pilotes que ceux-ci ont été résolus et que l'aéronef est apte au vol.

#### 4.1.4.3 L'Approbation Pour Remise en Service - APRS

A l'issue des visites d'Entretien en ligne ou/et des tâches de corrections de défauts, les organismes d'entretien agréés PART 145 doivent prononcer l'Approbation Pour Remise en Service (APRS) dans le respect de l'application des données approuvées correspondants aux conditions initiales de certification et aux évolutions ultérieures. L'APRS est prononcée par des techniciens habilités à cet effet.

#### 4.1.5 Le non maintien de la navigabilité et les accidents aériens

Une déficience dans la navigabilité des aéronefs est une cause importante de perte de contrôle de l'aéronef (SKYbrary, 2010). Quelques accidents et incidents graves impliquent un défaut de navigabilité comme facteur contributif direct ou indirect à l'événement. Par exemple, le 28 avril 1999, l'équipage d'un hélicoptère dauphin AS-355 a été confronté à un feu en vol. L'hélicoptère a effectué un atterrissage d'urgence avant qu'il ne soit détruit par un violent incendie. L'enquête a déterminé que le départ du feu a eu pour origine une erreur de maintenance non détectée lors des visites pré-vol réalisées de façon incomplète (Bureau de la sécurité des transports Canada - TSB, 1999). Lors d'un entretien de routine, un câble électrique n'a pas été fixé à la borne de la batterie principale de l'hélicoptère. Ce manquement a eu pour conséquences la perte du maintien de la navigabilité ; contribuant ainsi à l'accident.

Plusieurs facteurs peuvent affecter la navigabilité d'un aéronef (SKYbrary, 2010). Il s'agit principalement :

- de l'insuffisance ou une maintenance réalisée partiellement ;
- des erreurs commises lors des phases d'entretien de l'aéronef qui peuvent entraîner un défaut se manifestant longtemps après que l'erreur a été commise ;
- l'exploitation de l'aéronef hors de limites certifiées de vol en conditions givrantes ;
- le manque de surveillance adéquate par l'autorité de surveillance de la compagnie aérienne de ses pratiques et politiques de fonctionnement et de maintenance ;
- de lacunes dans le processus de délivrance du certificat de type de l'aéronef.

Ces facteurs concernent principalement la maintenance des aéronefs qui représente un enjeu majeur pour la sécurité des vols.

## 4.2 Une composante du maintien de la navigabilité : la maintenance des avions

### 4.2.1 La maintenance des avions de transport

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé. La norme NF EN 13306 définit la maintenance comme l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Elle distingue trois grands types de maintenance: la maintenance préventive, la maintenance corrective et la maintenance à échelle majeure. Chaque catégorie se traduit par différentes opérations de maintenance, allant de l'anticipation à la réaction a posteriori, en passant par la programmation à intervalles réguliers ou la mise en service de nouveaux biens. Ces trois catégories peuvent aussi se décomposer en : maintenance préventive, maintenance corrective et maintenance prédictive (Dhillon, 2002).

La « Maintenance, Repair and Overhaul » (MRO) est l'activité de maintenance, de réparation et de refonte des avions, qui met en jeu plusieurs acteurs. Les constructeurs aéronautiques fournissent aux compagnies aériennes des informations et de méthodes de maintenance et de réparations desdits produits. Ces données constructeurs sont le référentiel pour effectuer la maintenance et les réparations de leurs aéronefs

Appliquées à la maintenance des avions de transport et à leurs composants, les trois catégories se déclinent pour partie par des mesures :

- Préventives : tâches de révision, de réparation, d'inspection ou de modification par l'application du manuel d'entretien ;
- Curatives : traitement des constats des techniciens de maintenance et des défauts observés par les équipages techniques.

Les exigences d'une régularité d'exploitation des avions de bon niveau justifient que le ratio de répartition entre ces deux composantes soit orienté très fortement vers les mesures préventives. Les estimations des organismes d'entretien des avions régionaux montrent un ratio basique de 80 / 20.

### 4.2.2 La maintenance préventive

La maintenance préventive comprend l'ensemble des actions réalisées lors d'un entretien programmé, périodique et spécifique afin de maintenir un item ou un équipement dans ses

conditions normales de fonctionnement par un processus de contrôle et de remise en état. Le principe essentiel est que la maintenance préventive doit apporter une complète garantie de bonne tenue d'un item (ou d'absence de défaillance) au minimum jusqu'à l'application de la prochaine tâche de maintenance. Les analyses qui ont permis de déterminer le contenu de la tâche de maintenance et la périodicité d'un item de sécurité intègrent une garantie sur la période (pouvant aller jusqu'au double) pour s'affranchir d'un manque d'exhaustivité lors de l'intervention.

#### 4.2.3 La maintenance curative : l'interaction de quatre systèmes

La maintenance curative met en jeu quatre systèmes : le pilote, le Maintenance Control Center (MCC), le technicien entretien en ligne et la logistique. Elle est une opération non programmée de réparation, visant à restaurer l'état d'un item ou d'un équipement à un état défini, parce que le pilote ou le technicien de maintenance a détecté une panne ou un défaut.

##### 4.2.3.1 Rendre compte des défauts : le pilote

En cas de défaut constaté pendant la préparation du vol ou à l'issue du vol, le pilote (généralement le Commandant de Bord - CDB) met en œuvre un processus d'information directe de la fonction maintenance, en contactant le Maintenance Control Center (technicien), afin d'obtenir toute aide concernant le statut de navigabilité de l'aéronef.

##### 4.2.3.2 Assister les techniciens pour rendre l'avion rapidement apte au vol : le Maintenance Control Center

Afin d'assister les techniciens entretien en ligne dans leurs tâches de maintenance, et tout particulièrement lors du traitement des défauts d'aéronefs, les compagnies aériennes disposent du Maintenance Control Center. Composé de techniciens experts des types d'avions exploités, ils ont pour mission de rendre rapidement l'avion apte au départ (« serviceable »).

Il existe deux façons possibles pour rendre un aéronef apte au départ « serviceable » : 1. Différer le problème ; 2. Traiter le problème, après s'être assuré de l'effectivité de la plainte.

##### 1. Différer le problème

Il existe de nombreux problèmes techniques qui peuvent être différés pour une période de temps spécifiés. Un document nommé Minimum Equipment List (MEL) définit :

- la liste de tous les équipements qui peuvent être inopérants pour le vol et pouvant faire l'objet d'une application ainsi que les conditions applicables ;

- le délai maximum de remise en état : classé « A » (1 jour de vol), « B » (3 jours de vol), « C » ( 10 jours de vol) et « D » ( 120 jours de vol) ;
- les éventuelles procédures opérationnelles et de maintenance applicables.

La MEL définit les conditions appropriées pour exploiter un aéronef avec un ou plusieurs « items » en panne (équipement, système ou/et fonction) et certains éléments structuraux endommagés ou manquants. Et ceci, en respectant les trois conditions suivantes : 1. Le niveau requis de sécurité du vol soit maintenu par le transfert de fonctions sur un autre équipement ; 2. Le respect de limitations et de procédures appropriées ; 3. La limitation dans le temps de cette anomalie.

Pour déterminer si oui ou non le problème technique peut être légalement différé, la personne en charge du maintien de la navigabilité doit s'assurer que ce dernier figure dans la MEL et de la pertinence de l'item de MEL (i.e. réalisation d'un test opérationnel). Ensuite, sur proposition de la maintenance, le CDB doit s'assurer que l'item est applicable sur le plan opérationnel. Le CDB dispose de toute attitude pour accepter ou refuser la proposition de MEL.

Différer le problème, c'est l'option préférable pour des pannes qui ne peuvent pas être résolues rapidement. Ceci permet à l'aéronef de partir à l'heure (ou avec peu de retard). Le MCC, en charge du maintien de la navigabilité, est donc maintenant responsable de la gestion du défaut. Il dispose de toutes attitudes pour choisir le lieu de traitement de l'item de MEL en fonction de la disponibilité des moyens (i.e. hangars de maintenance, outillages, pièces de rechange) et des ressources (i.e. techniciens qualifiés) et de l'exploitation de l'avion (i.e. traiter cet item hors plage d'utilisation de l'aéronef, c'est-à-dire de nuit).

## 2. Traiter le problème

Solder une panne représente le travail le plus intéressant pour les techniciens du MCC et ceux de l'entretien en ligne. Ils peuvent mettre en œuvre toutes leurs connaissances techniques et leur habileté pour identifier l'équipement en défaut et le traiter. Le processus de recherche de panne est souvent itératif. A l'issue, une Approbation Pour Remise en Service (APRS) est prononcée par un technicien Entretien en Ligne (TEL) et inscrite au Technical Log Book (TLB) : l'aéronef est alors « serviceable ».

### 4.2.3.3 Réparer et remettre en service l'avion : la maintenance en ligne

La maintenance en ligne des aéronefs est une composante de la maintenance, dans laquelle les techniciens effectuent des tâches variées sur des systèmes complexes, dans un environnement

dynamique à fortes contraintes temporelles et parfois dans des conditions ambiantes difficiles (sur le parking, c'est-à-dire à l'extérieur d'un hangar).

La maintenance en ligne est basée sur une assurance visuelle d'état, une vérification et une mise à niveau des fluides, des surveillances d'usure ciblées (i.e. pneumatiques, freins) et une gestion des dysfonctionnements rapportés par les équipages ou trouvés par les techniciens lors des vérifications. Cette gestion comprend l'ensemble des tâches de diagnostics et de correction de défauts. Ainsi, la maintenance en ligne d'un aéronef est réalisée par des techniciens qui effectuent des tâches de diagnostics et de corrections de défauts, des visites mineures (daily check et routine check) afin de s'assurer de l'aptitude au vol et des réparations afin de remettre en service l'avion.

#### 4.2.3.4 Fournir et acheminer les matériels : la logistique

Puisant ses origines dans le soutien aux activités militaires, la logistique a pour objectif de fournir l'approvisionnement des armées en opération. Son champ d'application s'est naturellement tourné vers l'entreprise où elle est chargée de l'organisation matérielle des activités de transport aérien au quotidien. Ainsi, la logistique a pour but de coordonner toutes les activités liées à la circulation des pièces de rechange avion et des outillages. Elle est en charge de l'approvisionnement, du conditionnement, de l'emballage, du stockage, de l'entreposage et de la distribution des rechanges et des outillages.

#### 4.2.4 La maintenance prédictive et améliorative

En aéronautique, l'émergence des nouvelles technologies va inciter les constructeurs à adopter de nouvelles conceptions et à proposer des possibilités de maintenance prédictive et améliorative, en plus de la maintenance curative habituelle. Cette troisième catégorie de maintenance s'applique aux aérostructures, aux moteurs et aux contenus (matériaux composites, électrique, électronique numérique, systèmes) et vise à l'évolution de la configuration, l'amélioration des courbes de vie des pièces par une stratégie de l'innovation (Rapport PIPAME, 2010).

### 4.3 L'usage des règles dans la maintenance des avions

#### 4.3.1 La maintenance des avions : un ensemble de règles

Au niveau de l'exploitation, les systèmes à risques sont soumis à des règles de fonctionnement strictes (Mazet & Guillermain, 1997). Le système de la maintenance aéronautique n'échappe pas à cette règle. La navigabilité des aéronefs est régie par un

ensemble de règlements internationaux et nationaux et par un ensemble de documents constructeurs et de la compagnie aérienne, que doivent respecter les personnels de maintenance. Quel que soit la tâche de maintenance à réaliser de (i.e. recherche de défaut sur un avion), le technicien doit se référer au manuel de maintenance du constructeur (Aircraft Maintenance Manual - AMM) et/ou au manuel de recherche de panne (Fault Isolation Manual - FIM) et aux procédures de la compagnie aérienne. Le concept de la navigabilité y est décliné dans un ensemble de procédures associé au Manuel de « Maintien de la navigabilité ».

#### 4.3.2 La maintenance et les violations

Dans la maintenance des avions, les techniciens sont soumis à des objectifs et à des priorités conflictuels lors du traitement d'un défaut d'un aéronef en exploitation. L'encadrement demande aux techniciens de travailler consciencieusement en respectant les procédures documentées et d'un autre côté de respecter les horaires des avions et d'éviter les retards qui sont visibles par les passagers (Wenner & Drury, 2000). La recherche a montré que les techniciens de maintenance des avions perçoivent que la sécurité et les objectifs opérationnels sont conflictuels (Eiff & Suckow, 2008).

En 2002, Hobbs et Williamson ont mené une étude destinée à identifier les facteurs contributifs aux erreurs de maintenance à partir d'un questionnaire. Les 619 réponses exploitables (sur 1359) de techniciens australiens ont permis de montrer que les violations représentent 17,2 % des événements ayant ou pouvant avoir des conséquences (i.e. équipements installés non conformes). Généralement, ces violations prennent la forme de décisions de ne pas utiliser les procédures de maintenance, l'utilisation de procédures non approuvées ou d'utilisation d'outils ou d'équipements non approuvés (Hobbs & Williamson, 2003). La pression est un facteur contributif important associée aux violations. De plus l'étude menée par ces deux auteurs distingue deux formes de violation dans la maintenance : routinières et exceptionnelles. Les violations routinières ont tendance à être fréquentes et relativement brèves dans des situations familières. Les violations exceptionnelles, observées dans leurs études, présentent des risques et ont une fréquence d'apparition faible et se produisent en réponse à des circonstances inhabituelles. Former et punir le technicien sont les réponses aux violations apportées par l'organisation. Hobbs et Williamson (2002) ont souligné le fait que les travailleurs peuvent avoir besoin d'être « éduqués » sur les coûts cachés des violations apparemment insignifiantes et particulièrement sur la façon dont ces violations peuvent se combiner avec des erreurs et conduire à l'occurrence d'un événement.

## Synthèse Chapitre 4

Dans l'intérêt de la sécurité, un aéronef doit être conçu, construit et exploité conformément aux exigences de la navigabilité. Un des systèmes majeurs du maintien de la navigabilité est la maintenance des avions. Ce maintien fait interagir plusieurs composantes aux responsabilités clairement établies (des pilotes aux techniciens). Le champ d'expression de cette exigence et son cadre d'exercice sont parfaitement définis sous la forme de règles écrites que ces acteurs se doivent de respecter. Le niveau de sécurité atteint repose donc exclusivement sur de la « sécurité réglée ». Toute déviance de ces règles par les acteurs se traduit par une violation, dont les conséquences sur la sécurité sont difficiles à établir.

# **Partie 3**

## **Problématique et stratégies de recherche**

# Chapitre 5. Problématique et stratégies de recherche

## 5.1 Problématique

Les données relatives à la sécurité du transport aérien commercial montrent que depuis une vingtaine d'années le niveau de sécurité ne progresse plus et est stabilisé sur un plateau. Une des pistes proposées dans la littérature relative aux systèmes à risques est de réintroduire de la résilience dans les systèmes sûrs en réinjectant une capacité adaptative de sécurité basée sur les acteurs.

Les travaux sur les approches systémiques de la sécurité qui visent à rendre les organisations à risques « hautement fiables » ont identifié la résilience comme un facteur potentiel de succès (Amalberti, 2007 ; Daniellou et al., 2010). Cette résilience dépend de deux composantes essentielles (Morel et al., 2008 ; 2009) : la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée ». Les opérateurs participent à cette double dynamique et l'articulation de ces deux dimensions constitue une mission explicite du management (Daniellou et al., 2010).

Le concept de résilience a évolué depuis son origine physique au travers d'applications dans différentes branches scientifiques et en particulier dans la recherche en ergonomie qui œuvre dans le domaine de la sécurité. L'ingénierie de la résilience est un paradigme pour la gestion de la sécurité qui se concentre sur deux visions (Morel et al., 2009). La seconde vision définit la résilience comme « la capacité de gérer de fortes pressions et les conflits entre sécurité et production ou les objectifs de performance de l'organisation » (Flin, 2006 ; Hale & Heijer, 2006). Cette vision se concentre plus sur la question des arbitrages entre sécurité et performance réalisés par l'organisation et les « managers ».

Pour l'ergonomie, le « changement de paradigme » introduit par le concept de résilience, ne semble pas relever d'un « changement révolutionnaire » (Cuvelier & Falzon, 2010). Appliqué aux problématiques liées à la sécurité, l'homme s'est retrouvé très rapidement au cœur du débat. Vu comme une source de défaillance par le courant « human factors », les travaux menés en ergonomie ont amené à nuancer ce regard porté sur l'homme, en considérant que même s'il est un « maillon fragile » du système, il est un agent de fiabilité sans lequel le

système ne pourrait pas fonctionner (Faverge, 1970). Ses échecs sont expliqués sous le vocable d'« erreur humaine » et ses manquements par la « violation » produite par sa façon de procéder au quotidien ou pour faire face à une situation particulière. Ces violations sont assimilées à des actes non sûrs car elles peuvent conduire à l'accident (Reason et al., 1990 ; Ozkan & Lajunen, 2005) ou des actes pour maintenir la sécurité du système (Besnard & Greathead, 2003 ; Amalberti et al., 2006), pouvant même être considérés comme des micro-niveaux de résilience (Hollnagel et al., 2006).

La sécurité de l'aviation civile commerciale repose principalement sur un ensemble de règles qui s'appliquent tout au long de la vie d'un aéronef, de sa construction et de sa certification à son exploitation et son entretien. Ces règles se déclinent dans le concept de navigabilité qui est la possession des conditions nécessaires pour voler dans des conditions de sécurité, à l'intérieur des limites admissibles (De Florio, 2006). Toute sortie ou migration hors de cette enveloppe de fonctionnement sûr peut affecter la sécurité des vols. Pour renforcer la sécurité de ce système à risques, l'OACI a imposé en 2006 aux Etats et aux contributeurs de la sécurité (navigation aérienne, aéroports, compagnies aériennes et organismes de maintenance) la mise en œuvre de Systèmes de Management de la Sécurité.

Des travaux de recherche ont été conduits dans le domaine de la résilience et de la sécurité. Dans les systèmes de base peu sûr, comme la pêche maritime, Morel (2007) a montré que la sécurité observée dépend quasi exclusivement de la « sécurité réglée » et tout particulièrement de la résilience des opérateurs. Les arbitrages s'opèrent de préférence en faveur de la production. Pour sécuriser ce système fortement accidentogène, il est nécessaire de renforcer la sécurité prescrite, ce qui pourrait engendrer une diminution de la « sécurité gérée ». Ces deux formes de sécurité apparaissent comme antagonistes. En radiothérapie, système sûr, Nascimento (2009) a mis en évidence que la sécurité totale résulte de la somme de la qualité et de la sécurité, « gérées ou réglées ». La valeur de chacun des composants fluctue en fonction des types de systèmes/situations rencontrées, où l'opérateur compense la faiblesse des règles formelles par une sécurité en action. Les manipulatrices arbitrent pour la santé des patients, en traitant les patients sans validations formelles et ceci, au détriment de la sécurité des patients. L'anesthésie est un système ultra sûr qui est caractérisé par l'incertitude, la complexité et la variabilité des situations. Dans ce domaine, Cuvelier (2011) a souligné que la sécurité observée résulte de la sécurité prescrite conçue par des pairs, nourrie par l'expérience du terrain, la recherche et les connaissances permettant l'expression de la gestion des risques

par les anesthésistes de façon optimale. Le poids de la « sécurité gérée » est donc important. Ces deux formes de sécurité sont complémentaires et ne s'opposent pas.

Ces éléments soulèvent deux questions principales, dont la présente recherche va essayer d'apporter des éléments de réponse.

La première concerne les deux composantes de la sécurité observée : la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée ». Dans un milieu ultra sûr caractérisé par une ultra-procédurisation, peut-on réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée » ? Cette question sous-entend, que par nature, ces deux formes de sécurité peuvent être soit opposables, soit additives ou soit ajustables (Morel et al., 2008 ; 2009).

La deuxième se rapporte au statut des Décisions d'Arbitrage. Dans un système ultra réglé tout écart volontaire à la règle est assimilable à une violation. Du fait que la sécurité est supposée provenir principalement de la conformité aux normes, procédures et règles, ces violations affectent la sécurité (Gilbert et al., 2007). Etant donné qu'il n'est pas possible d'établir des procédures pour toutes les conditions possibles (Rasmussen, 1997), les Décisions d'Arbitrage en faveur du non suivi de la règle constituent des marqueurs de résilience.

Cette recherche vise à fournir des éléments de compréhension des Décisions d'Arbitrage prises par les opérateurs afin de maintenir et faire progresser le niveau de sécurité des systèmes à risques sans pour autant altérer ses performances économiques.

Cette étude se réfère à celles menées dans la gestion de la sécurité dans un milieu peu sûr (la pêche maritime), dans un domaine sûr (la radiothérapie) et dans un domaine ultra sûr (l'anesthésie). Plus particulièrement, la compréhension des critères qui président à l'arbitrage entre sécurité et performance peut être source, non seulement d'objectivation de ces pratiques mises en œuvre par les opérateurs, mais surtout de vecteur d'amélioration de la gestion des risques dans les systèmes sociotechniques.

Ces problématiques conduisent à émettre deux hypothèses :

Hypothèse 1 : pour faire face à des situations d'exploitation d'un aéronef commercial dont une règle ne peut s'appliquer et dont le risque est estimé par l'opérateur « négligeable », les conflits de buts entre maintenir la performance (poursuivre le vol) et la sécurité des vols (stopper le vol), conduisent les opérateurs à des arbitrages. Dans un système ultra réglé les arbitrages se font entre suivre ou ne pas respecter la règle, parce que l'opérateur pense pouvoir gérer la situation.

Hypothèse 2 : ces situations particulières d'arbitrage sont les symptômes d'une capacité adaptative de sécurité des opérateurs qui permet au système d'opérer aux limites des frontières de la sécurité tout en maintenant la performance. Ceci sous-entend, que les opérateurs : 1. Ont une parfaite conscience de la situation ; 2. Ont une maîtrise suffisante des connaissances techniques permettant un écart raisonné aux règles ; 3. Procèdent à une évaluation subjective du risque du fait de la variabilité du niveau d'expertise des opérateurs.

Une étude empirique, menée en trois étapes, a été conduite pour tester ces deux hypothèses. Après avoir introduit le terrain de recherche dans le chapitre 6, le chapitre suivant présentera la première étape, qui a consisté à objectiver les Décisions d'Arbitrage par les opérateurs dans un système ultra sûr. Ce travail se fonde sur un pré-diagnostic et sur l'analyse en temps réel de 380 situations d'assistance techniques d'avions en exploitation commerciale.

Le chapitre 8 exposera la situation de simulation écologique d'assistance technique mise en œuvre, afin d'identifier les critères d'arbitrages ainsi que les résultats accompagnés de leur analyse. Pour finir, le chapitre 9 explicitera, grâce à la technique d'autoconfrontation employée, les questionnements restés sans réponse lors de la simulation et les hypothèses de recherche non validées.

La discussion générale se propose de confronter et d'approfondir les conclusions de cette étude aux données issues de la littérature.

## 5.2 Stratégies

### 5.2.1 La recherche : une combinaison de méthodes

Leplat (2002) soulignait l'intérêt en ergonomie d'utiliser conjointement plusieurs méthodes afin de recouper et d'enrichir les informations apportées par chacune d'elles. Ce concept de combiner plusieurs méthodes (Creswell, 2009) ou de les trianguler (Jick, 1979 ; Yin, 1994, cités par Guilbert & Lancry, 2007) exprime l'idée que les limites inhérentes à toute méthode isolée puissent être neutralisées ou réduites par la combinaison de méthodes (Nascimento, 2009). Le croisement de méthodes contribue à l'objectivation des résultats tant d'un point de vue scientifique (transparence) que d'un point de vue écologique (significativité des données recueillies) (Leduc, 2003 cité par Guilbert & Lancry, 2007 ; Guilbert & Lancry, 2007).

Comme dans la plupart des recherches, le problème est rarement identifié au départ de façon précise (Falzon, 1998a). Cette étude n'a pas échappé à la règle et selon les découvertes faites en cours de route, différentes méthodes ont dû être utilisées en combinaison : de l'analyse de

l'activité, en passant par la simulation et pour finir l'autoconfrontation. Le passage d'une méthode à l'autre s'est accompagnée d'hypothèses de recherche qui ont été inférées à partir des traits jugés pertinents des situations observées et analysées et des connaissances dans la gestion des risques (Leplat, 2002).

#### 5.2.1.1 L'analyse de l'activité

L'analyse de l'activité a été réalisée en appliquant la démarche ergonomique (Guérin et al. 1997). Les situations de travail ont été abordées à deux niveaux : 1. Pré-diagnostic ; 2. Analyse quantitative.

1. Le pré-diagnostic avait pour objectifs d'établir les relations entre conditions d'exécution du travail, les caractéristiques de l'activité et les résultats de l'activité sur la remise en service d'un avion ;

2. L'analyse quantitative de l'activité a été faite en codant chaque situation d'assistance technique en Protocole d'Assistance Technique (PAT) sous le formalisme « prédicat/arguments ». L'ensemble des données relatives à une situation ce jour-là pour ce cas-là constitue un protocole (Hoc & Amalberti, 1999). Chaque prédicat représente une dimension de l'activité. Les arguments sont utilisés pour spécifier une sous-classe d'une dimension de l'activité et tout particulièrement pour détailler les caractéristiques d'actions pouvant être mises en œuvre.

#### 5.2.1.2 La simulation

La simulation en ergonomie apparaît comme une méthode d'analyse destinée à connaître et comprendre les processus, qui par leur complexité, leur rareté d'occurrence ou les risques qu'ils comportent se trouvent hors de portée de l'observateur ou ne peuvent être appréhendés directement sur le terrain (Beguin & Weill-Fassina, 1997). Afin de faciliter le contrôle de certains paramètres pertinents de la situation, nous avons procédé, dans un objectif de recherche, à la simulation dynamique et active d'une situation naturelle. Ce recours à la simulation a eu pour objectifs de tester dans les conditions contrôlées et reproductibles, les hypothèses de recherche issues de l'analyse de l'activité en situation naturelle de travail (Van Daele, 1997).

La question de la validité écologique de la simulation a été intégrée en portant une grande attention sur les caractéristiques de la situation simulée ; le choix s'est porté sur une situation naturelle déjà rencontrée.

Les simulations réalisées sous la forme d'Entretien Scénarisé Centré sur l'Activité (ESCA) sont constituées d'échanges, de raisonnements à voix haute et de verbalisations d'actions : le matériau d'analyse est donc principalement verbal. Pour analyser ce matériau verbal, des méthodes utilisées dans le champ de l'ergonomie et de la linguistique ont été mises en œuvres.

### 5.2.1.3 Les autoconfrontations

La psychologie et l'ergonomie de l'activité utilisent la confrontation avec les enregistrements audio et vidéo comme un outil facilitant un retour réflexif sur l'activité en cours et comme un co-développement de l'activité et de ses participants, destinée à la résolution des contradictions et le développement du système d'activité concerné (Engeström, 1999). Il existe plusieurs techniques pour susciter les activités réflexives. L'autoconfrontation et l'alloconfrontation (Mollo & Falzon, 2004) en constituent deux possibilités fréquemment utilisées en ergonomie. Ce type d'entretien de confrontation peut être qualifié de remise en situation des acteurs par les traces de leur activité (Theureau, 2010). Ces confrontations ne sont pas seulement des instruments permettant d'analyser l'expérience passée, mais aussi un moyen pour le chercheur de placer les acteurs dans une situation propice pour accéder aux contraintes, aux objectifs et aux interrogations soulevées par l'analyse des simulations.

La réalisation des autoconfrontations implique de réunir trois types de conditions favorables (Theureau & Jeffroy, 1994) : des conditions langagières et culturelles de consensus, des conditions de confiance mutuelle entre acteur et chercheur, et des conditions matérielles d'interrogation. Les acteurs et le chercheur, de part son parcours professionnel, partageaient le même langage et la même culture aéronautique. Le consensus s'articulait autour de la représentation technique d'expert du chercheur dans le domaine. La confiance mutuelle était matérialisée par un cadre défini qui liait les acteurs au chercheur autour de trois points :

- Une information complète sur les objectifs de la recherche et les conditions de leur participation ;
- La présentation des données et de l'analyse en fin de recherche ;
- La protection de l'anonymat des participants et la confidentialité des données.

## 5.2.2 La place du chercheur cadre dans l'entreprise de transport aérien

### 5.2.2.1 Le chercheur responsable Facteurs Humains de la maintenance

La position du chercheur est un élément important à reconnaître et cerner, afin de déjouer les

pièges. En effet les conditions déontologiques de l'utilisation des données ont une incidence majeure dans la relation entre les opérateurs et le chercheur. La recherche ne doit donc pas être comprise comme une intervention et le chercheur se doit de respecter ses devoirs envers l'entreprise et ses engagements vis-à-vis de la recherche (Falzon, 1998b). Dans cette recherche, la compagnie aérienne n'était pas à l'origine de la demande, le chercheur avait comme devoir au minimum de lui rapporter les résultats de sa recherche. Son engagement était d'aboutir à des résultats généralisables, utiles à la compréhension des situations et à l'action sur celles-ci.

Le positionnement politique du chercheur a des incidences sur les connaissances produites (Dejours, 2006) et d'autant plus si ce dernier exerce des responsabilités au sein de l'entreprise. La place de chercheur, en tant que responsable Facteurs Humains de la maintenance au sein de la compagnie aérienne, est une donnée qui doit être prise en compte. Dans cette recherche qui associe analyse de l'activité, simulations et autoconfrontation, le chercheur peut apparaître comme un facteur perturbateur du fait de :

- Son double statut de chercheur et de responsable Facteurs Humains de la maintenance ;
- Son Expertise dans le domaine aéronautique en tant qu'ancien Personnel Navigant Technique ;
- Sa participation active en tant qu'acteur aux simulations.

Ce double positionnement, expert aéronautique et « acteur chercheur » responsable Facteurs Humains, soulève le problème écologique du rôle du « chercheur acteur » expert dans le domaine.

#### 5.2.2.2 Le chercheur expert dans le domaine

L'expertise technique dans le domaine de la maintenance et des opérations aériennes a été un atout positif pour la construction du scénario et dans la réalisation de la simulation. En effet, le choix du scénario et de l'intégration des contraintes nécessitaient une grande expertise. En s'appuyant sur les experts du domaine logistique, le chercheur a été à même de construire le scénario et de la sorte cela a économisé des ressources humaines et du temps. De plus, on peut même se demander si cette expertise technique n'a pas généré une représentation de Commandant de Bord pour les techniciens du Maintenance Control Center (MCC) lors de la simulation qui utilisaient le vouvoiement.

### 5.2.2.3 Le chercheur et la simulation d'activité

Le facteur qui peut présenter le plus de risques est son statut de responsable Facteurs Humains. En effet, le cœur de son métier consiste en l'analyse de dysfonctionnements qui se sont produits au cœur de la maintenance et en exploitation, puis de proposer la mise en place d'actions destinées à éviter le renouvellement d'un incident. Il est fort légitime de penser que la représentation des techniciens du chercheur va les conduire naturellement à adopter une attitude « sécuritaire » en traitant immédiatement le défaut conformément aux procédures en vigueur. Afin de se prémunir de ce risque, qui rendrait les résultats non exploitables, un certain nombre de précautions ont été prises. En inscrivant les simulations d'activité dans le cadre d'une recherche et non pas dans celui d'une analyse conduite en interne et en définissant les conditions de confidentialité, les techniciens ont joué leur rôle naturellement. Les résultats des simulations d'activité et des questionnaires, puis celui des autoconfrontations abondent dans ce sens. La confiance établie entre les techniciens et le chercheur a été également une des conditions d'adhésion et de participation franche et active à la simulation. En tant qu'acteur, cette économie de ressources et de temps a été également effective. Il n'a pas été nécessaire de faire appel à un pilote dont le coût d'immobilisation aurait été très élevé (voir impossible à obtenir) compte tenu du nombre de jours nécessaires à la simulation (six jours). De plus, compte-tenu des contraintes liées à l'activité opérationnelle d'exploitation des avions, il aurait été très difficile d'avoir pour toutes les simulations le même magasinier, le même chef de quart et le même technicien entretien en ligne. De la sorte, le risque de perdre le contrôle et la maîtrise des variables et du déroulement du scénario, aurait pu avoir un impact sur la validité des résultats.

# **Partie 4**

## **Recherche empirique / Résultats**

## Introduction à la Partie 4

Lors de la Partie 3, la problématique et les stratégies de recherche ont été présentées. Dans un souci de clarté, les méthodologies ont été abordées aux niveaux macro et théorique dans le chapitre 5. Elles seront décrites, avec un niveau de suffisance permettant d'appréhender les résultats, dans chaque chapitre de la présente Partie. Les données brutes, accompagnées de leur traitement complet (codage et analyse) seront exposées en annexe de la thèse.

La Partie 4 comporte quatre chapitres. Le chapitre 6 présente dans un premier temps le système sociotechnique de la recherche au niveau macro puis, au niveau micro de l'unité fonctionnelle retenue, la Hot Line. Les trois chapitres suivants décrivent les trois phases expérimentales de l'étude mises en œuvre afin de répondre à la problématique de recherche décrite dans le chapitre 5. Ces phases se suivent chronologiquement et découlent l'une de l'autre. Elles répondent à un besoin d'explicitation des découvertes ou d'interrogations issues de la phase précédente. Dans le chapitre 7, sera présentée l'analyse de l'activité des techniciens Hot Line, accompagnée des résultats de l'analyse. Ce chapitre, pierre angulaire de la recherche, est destiné à objectiver les Décisions d'Arbitrage dans le cadre de l'assistance technique d'un avion en exploitation commerciale. Le chapitre 8 est consacré à la simulation d'une tâche d'assistance technique, dans laquelle les techniciens sont placés dans une situation de conflit entre les objectifs de performance et sécurité. Ce chapitre comporte l'ensemble des résultats liés à la simulation et leurs analyses. Le chapitre 9 traitera des autoconfrontations accompagnées de leurs analyses et de leurs résultats, ainsi que de l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage. De la sorte, les chapitres 7, 8 et 9 possèdent la même structure : méthodes et outils, expérimentation et résultats commentés et analysés.

La discussion générale sera construite autour des résultats issus des trois phases expérimentales.

# **Chapitre 6. La Hot Line, une unité fonctionnelle d'une compagnie aérienne**

## Introduction au Chapitre 6

Ce chapitre présente le terrain de recherche choisi. Dans la première partie de ce chapitre, le terrain de recherche sera présenté au niveau macro, afin d'avoir une vision globale dans lequel s'exerce l'activité du domaine choisi. Ensuite, la deuxième partie sera consacrée à décrire l'unité fonctionnelle retenue dans le cadre de cette recherche : la Hot Line. Cette description micro détaillera les moyens humains, matériels disponibles, et explicitera l'activité d'assistance technique ainsi que les contraintes associées.

### 6.1 Le système sociotechnique de recherche : une compagnie aérienne régionale

Cette recherche a été menée au sein d'une compagnie aérienne régionale française. Cette recherche ne répond pas à une demande spécifique de la compagnie, mais a été une occasion pour celle-ci, au travers d'un projet de recherche de procéder à l'analyse d'une des composantes essentielles de son dispositif d'assistance technique : le Maintenance Control Center (MCC). En retour la compagnie demandait d'avoir une compréhension plus fine de son fonctionnement et des conseils pratiques d'amélioration. En effet, l'exploitation opérationnelle en HUB d'avions régionaux induit une très forte pression temporelle et tout défaut sur un avion en exploitation se traduit par des décisions qui ont un impact très fort sur la performance économique et la sécurité.

#### 6.1.1 Une exploitation opérationnelle particulière : le concept de HUB

Le transport aérien demeure un système à risque fragile par rapport aux menaces géopolitiques (terrorisme), écologiques (émission de gaz à effet de serre, bruit), sanitaires (grippe), économiques (crises financières, prix du pétrole) et catastrophes aériennes qui l'affectent. Ces crises ont un impact sur le trafic des passagers (d'affaire et de loisir) et sur le fret transporté et, de ce fait, sur la survie des entreprises de transport aérien.

Afin de réaliser des économies d'échelle, les compagnies aériennes ont concentré leur moyen en organisant leur réseau en HUB. Ce concept est né aux Etats-Unis en 1973 lorsque la compagnie aérienne de fret Federal Express organise son réseau de lignes autour de l'aéroport de Memphis afin de couvrir tout le territoire américain avec des moyens limités. Ce concept a été utilisé à la fin du XXe siècle par les compagnies aériennes américaines pour s'étendre ensuite à l'ensemble des compagnies mondiales. Ce terme anglais signifie un « moyeu », d'où arrivent et d'où partent les rayons d'une roue. En aéronautique, c'est un modèle d'organisation aéroportuaire qui offre aux passagers la possibilité de voyager d'un point à l'autre de la planète en passant par une seule plate-forme de correspondances. Cette organisation du trafic en étoile, autour d'un nœud géographique, permet d'optimiser les liaisons de et vers les villes secondaires, dont les flux de passagers intercontinentaux sont faibles et ne justifient pas l'ouverture de vols directs, en faisant converger toutes les liaisons vers une plate-forme unique.

Les compagnies aériennes françaises régionales, exploitent un réseau de lignes régionales européennes desservant les grandes villes françaises et les métropoles européennes. Ce réseau de lignes s'articule autour du concept de HUB. Cette organisation impose donc une synchronisation des horaires des « vols moyens courrier » et des vols « longs courriers » et, de la sorte, des atterrissages et des décollages par vagues. Ceci se traduit, pour les compagnies régionales, par des opérations court-courrier à taux d'utilisation élevé (un avion effectuée entre six et huit vols par jour) et des temps de transit court (35 minutes).

Ainsi, les horaires des avions ont une évidente nécessité commerciale et leur précision est un complément indispensable pour optimiser leur circulation selon une planification qui permet de fiabiliser les activités humaines (i.e. repos, durée de travail) et les ressources technologiques (i.e. disponibilité, maintenance) mais, ils génèrent aussi de nombreuses contraintes en situation perturbée.

### 6.1.2 Les avions régionaux

Le développement des réseaux des compagnies aériennes régionales autour des HUB s'est fait avec de petits avions (généralement de capacité inférieure à 100 places) effectuant des liaisons brèves avec de fréquentes rotations afin d'alimenter des avions plus gros pour des vols plus longs. Les compagnies aériennes régionales opèrent des avions de troisième et quatrième générations. La troisième génération a le design des années 80 et 90 et intègre les Facteurs Humains dans les cockpits. Le poste de pilotage comprend des Electronic Flight Instruments Systems (EFIS) et le pilote automatique est amélioré. Ces avions sont équipés avec des

systèmes de surveillance performants, mais n'intègrent pas de Maintenance Diagnostic Computer (MDC). Ce dernier est l'élément central d'un système de maintenance et de diagnostic des avions. Le but est d'aider les techniciens dans la recherche de panne et le dépannage des composants d'avionique et/ou la défaillance de câblages. Les avions de quatrième génération sont hautement automatisés et équipés de techniques de contrôle automatisées communément appelées « fly-by-wire ». Ce contrôle consiste en une loi de contrôle en boucle fermée pour avion où le pilote est hors de la boucle. Le pilote émet des consignes, et c'est l'ordinateur qui, en fonction des mesures et des consignes, s'assure que l'avion suit les consignes du pilote. Ces techniques améliorent considérablement les performances de manœuvrabilité d'un avion. Les avions de quatrième génération sont équipés de Maintenance Diagnostic Computer (MDC) et certains ont le système ACARS (ARINC Addressing and Reporting System) permettant l'échange d'informations (sous forme numérique codée) entre l'avion et le sol. Cette génération est plus communicante et assiste le technicien dans la recherche de panne.

Le fait que les compagnies aériennes régionales maintiennent des flottes d'avions de nouvelle et d'ancienne générations demande aux techniciens de maintenir des connaissances multiples et variées sur des systèmes complexes et de technologies différentes. De plus, les aides à l'analyse et à la recherche de pannes n'offrent pas le même niveau d'assistance pour les techniciens.

## 6.2 Le terrain de recherche : l'assistance technique d'un avion en exploitation

### 6.2.1 La Hot Line : une composante majeure du Maintenance Control Center

#### 6.2.1.1 Organisation du Maintenance Control Center

Le Maintenance Control Center (MCC) est une structure centralisée de gestion technique globale des avions, qui rassemble toutes les compétences nécessaires à la maîtrise de l'ensemble des processus de maintenance à conduire dans le cadre de l'exploitation commerciale d'un avion. Sur un même espace et éloigné géographiquement de l'activité opérationnelle se trouvent trois composantes : la Hot Line, la fonction Coordination technique flotte (Fleet Leader) et la logistique. La fonction Coordination technique flotte inscrit sa démarche dans une analyse technique exhaustive (diagnostic), le lancement de tous travaux d'entretien de maintenance corrective ou de nature préventive. Ainsi, la Hot Line inscrit son action dans l'instant (assistance technique en exploitation) et la Coordination technique flotte

dans la durée. La logistique assiste la Hot Line et la fonction Coordination technique dans la dimension recherche, stockage et acheminement des approvisionnements.

L'animation fonctionnelle et opérationnelle du MCC est assurée par un Responsable d'activité assisté d'un adjoint.

#### 6.2.1.2 Cadre réglementaire d'exercice de l'assistance technique des avions

La responsabilité de la fonction MCC s'exerce dans le cadre de la réglementation de maintien de la navigabilité (Part M). Tous les techniciens du MCC se doivent de respecter les règles afférentes au maintien de la navigabilité ainsi que les procédures opérationnelles et d'exploitation de la compagnie aérienne. Tout manquement délibéré aux règles est assimilé à une violation.

#### 6.2.1.3 La population

Les ressources humaines nécessaires au fonctionnement du MCC sont constituées pour partie par des personnels affectés (Hot Line et Fleet Leaders), et pour partie par des personnels détachés à compétences spécifiques issus de services assurant la fonction logistique de support de la maintenance.

Quatorze Techniciens Hot Liner (THL) de sexe masculin arment la Hot Line (moyenne d'âge : 43,9 ans ; écart type : 9,4 ans). L'examen des structures d'âge (Figure 20) fait apparaître une répartition bien distribuée avec, dans les quatre ans à venir, le départ à la retraite de trois THL dont deux sont Coordinateurs techniques flottes (Fleet leaders). Cette progressivité de départ naturel (environ un tous les ans) ne devrait pas générer de problématique de transmission de savoir-faire.

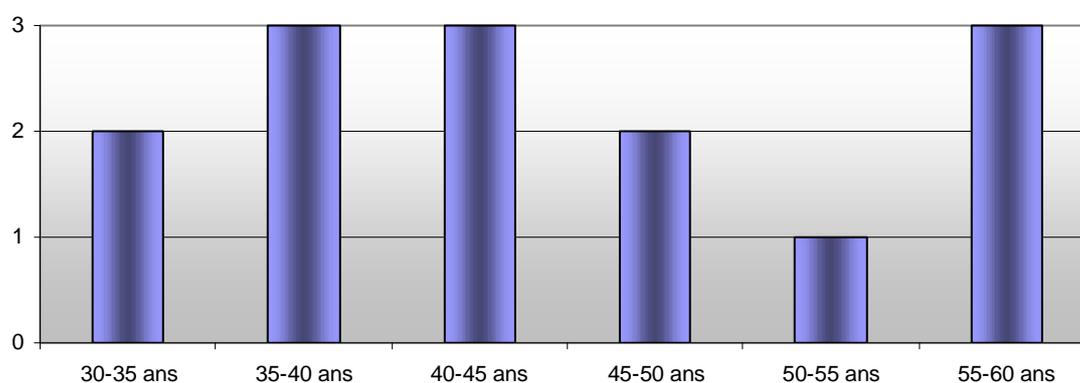


Figure 20. Histogramme de répartition pas âge (classe de 5 ans) des THL au 30/09/2009

La répartition par ancienneté à la Hot Line (Figure 21) fait apparaître un pic (7 THL soit 50%) dans la tranche 5-10 ans. Ce pic est dû à la croissance du MCC en 2003, qui a été marquée par l'arrivée de quatre THL pour supporter la croissance de la flotte d'avions.

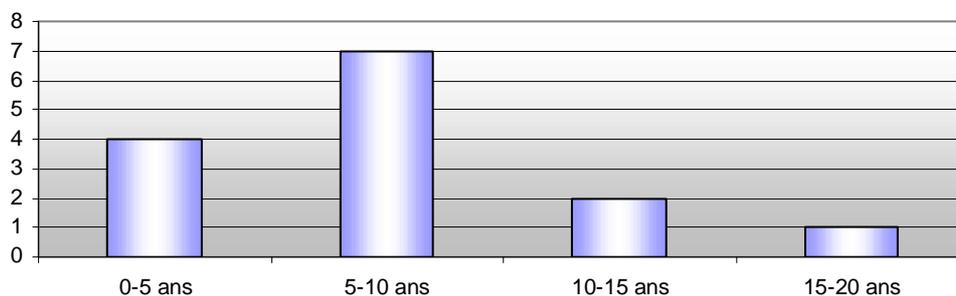


Figure 21. Histogramme de répartition par ancienneté à la Hot Line (classe de 5 ans) des THL au 30/09/2009

Quatre THL (Tech 3, Tech 5, Tech 9 et le Tech 12) possèdent une expérience en tant que techniciens et à la Hot Line plus faible que les autres THL (Figure 22). Lorsque l'on associe les parcours scolaires à l'expérience, on remarque que ces quatre THL ont un parcours scolaire différent des autres THL (BAC + 2 en maintenance aéronautique) et ont tous intégré le MCC 2003.

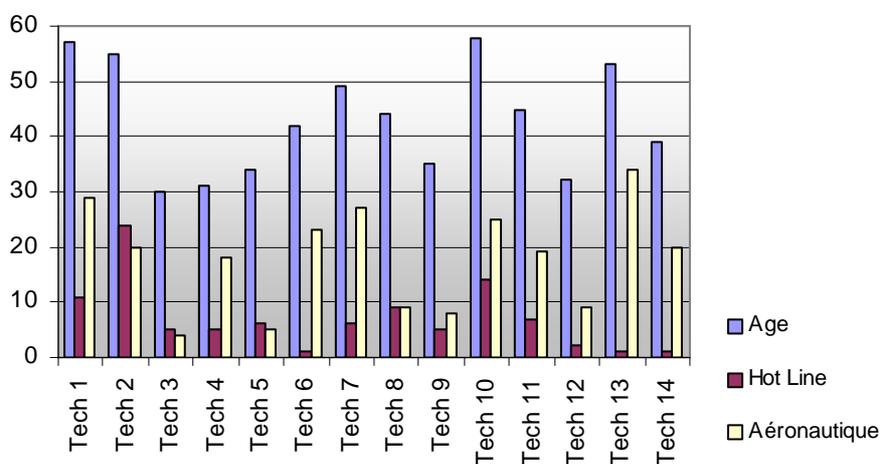


Figure 22. Histogramme d'ancienneté des THL au 30/09/2009

Pour les besoins de l'étude la population a été répartie en quatre classes : Jeunes Novices (JN), Jeunes Expérimentés (JE), Agés Novices (AN) et Agés Expérimentés (AE).

La ligne de séparation entre jeunes et âgés se situe à 45 ans (moyenne d'âge : 43,9 ans ; écart type : 9,4 ans) et celle de séparation entre novices et expérimentés à cinq années d'expérience à la Hot Line. La valeur seuil retenu de cinq années a été déterminée au regard de l'histoire du

MCC (augmentation du nombre de THL en 2003) et basée sur des échanges avec les THL. Ces derniers ont exprimé leur représentation du nombre d'années minimales nécessaires pour maîtriser les différents aspects du poste.

THL	JN	JE	AN	AE
14	3	5	1	5

*Tableau 6. Classes d'expertise des THL*

Ce choix de classification s'est fait au détriment de l'équilibre des classes ; en effet la classe AN ne comporte qu'un seul THL. Ce dernier a été recruté au MCC comme THL et Coordinateur technique flottes (Fleet Leader) en provenance d'un organisme de maintenance. Sa faible expérience en tant que THL est compensée par son expertise en tant que technicien.

#### 6.2.1.4 Organisation du travail

La semaine et en horaires administratifs. Neuf personnes occupent des fonctions au sein du MCC : le Responsable MCC et son Adjoint, trois Coordinateurs techniques flottes et quatre logisticiens. Sur les quatorze techniciens qui arment le MCC, huit THL sont affectés à la Hot Line et y assurent, en binôme, des vacations (matin de 06H00 à 15H00 et soir de 14H45 à 01H00) sept jours sur sept. Les six autres THL ont comme mission principale la Coordination technique de la flotte (Fleet Leader). Et par période de quatre mois, trois d'entre eux occupent les postes de Fleet Leader et les trois autres sont affectés à la Hot Line. Ces six Coordinateurs techniques flottes appartiennent aux classes « Experts ».

#### 6.2.1.5 Moyens techniques / Ressources

Les THL disposent de différents moyens et ressources pour traiter une assistance technique : la documentation et les ressources humaines internes ou externes à la compagnie.

La documentation technique du constructeur ou de l'exploitant constitue le référentiel et le cadre réglementaire de l'assistance technique. Les THL utilisent principalement : 1. La Minimum Equipment List (MEL) ; Le Fault Isolation Manual (FIM) ; 3 L'Aircraft Maintenance Manual (AMM).

1. La MEL a été abordée dans le chapitre 4.2.3.2.

2. Le FIM fournit une série d'étape à suivre lors de la recherche de panne. Les étapes du FIM permettent de tester chaque partie du système jusqu'à l'identification du composant en défaut et au remplacement de ce dernier. Si le FIM ne permet pas de résoudre la panne, le THL consulte alors les schémas des circuits électriques, hydrauliques ou pneumatiques.

3. L'Aircraft Maintenance Manual (AMM) est le document officiel du constructeur d'avion qui explicite la manière et les étapes de réalisation des tâches de maintenance. Ces tâches concernent des éléments tels que le système de lubrification, des contrôles fonctionnels et des tests opérationnels, mais excluent généralement les réparations et modifications structurales. Les contrôles fonctionnels et les tests opérationnels permettent d'identifier si le système est opérant ou non.

Pour l'assister dans ses prises de décision, le THL peut s'appuyer en horaires ouvrables sur des ressources internes au MCC ou externes. En interne, le deuxième THL de vacation ou le Fleet Leader sont des aides précieuses consultables par le THL. Il peut également contacter l'ingénieur compagnie du service Engineering concerné par l'équipement ou appeler la Hot Line du constructeur de l'avion (support payant). En dehors des heures ouvrables le THL ne peut s'appuyer que sur le deuxième THL ou le Fleet Leader (si présent) et de la Hot Line du constructeur de l'avion.

## 6.2.2 L'assistance technique

### 6.2.2.1 La Hot Line : décider de la poursuite ou de l'arrêt des vols

L'activité des Techniciens Hot Line, qui s'exerce dans une situation dynamique, vise à élaborer un diagnostic et une décision d'action en fournissant une assistance technique aux pilotes (Personnel Navigant Technique - PNT) ou aux Techniciens d'Entretien en Ligne (TEL). La tâche principale des THL est de catégoriser et d'évaluer l'importance du défaut qui peut remettre en question la navigabilité de l'avion (Pettersen & Aase, 2008). Les informations concernant le défaut sont toujours transmises, dans un premier temps « à chaud », par les PNT ou par les TEL par téléphone. Dans un second temps des données factuelles issues de l'avion, informations techniques issues du Maintenance Diagnostic Computer (MDC) ou de l'enregistreur des paramètres du vol Quick Access Record (QAR), peuvent être transmises par téléphone (codes de panne du défaut) ou sur support informatique (données du vol) pour analyse. Puis à l'aide des informations recueillies et du diagnostic élaboré, le THL doit décider sur le statut de l'avion : navigable ou non navigable. Le statut de non navigable se traduit par l'arrêt de l'exploitation de l'avion et la mise en œuvre immédiate d'actions correctives de maintenance.

L'assistance technique par téléphone se caractérise par une pression temporelle souvent forte, variable au cours de la journée (plage de HUB) et de la semaine (délestage des vols le week-end). Le caractère dynamique de la situation complexifie la tâche des opérateurs. Le

diagnostic doit être réalisé rapidement afin d'assurer le vol ou de permettre lorsque cela est possible, un réacheminement rapide des passagers.

#### 6.2.2.2 La décision d'action : enjeux pour la sécurité et économique

La décision d'action des THL (Tableau 7) qui conclue le diagnostic peut constituer à :

- Reseter l'avion ou le système : les ordinateurs de bord sont vulnérables aux perturbations occasionnelles pour diverses raisons telles que des faux signaux ou d'effets environnementaux, etc. L'application de procédures suivant un guide permet de faire disparaître ces messages de nuisance ;
- Différer le défaut en respectant les règles de dérogations de navigabilité en utilisant la MEL ;
- Traiter immédiatement le défaut par une action de maintenance.

Si le message de nuisance disparaît ou s'il est possible d'appliquer la MEL, la décision prise par le THL sera la poursuite des vols. Cette décision doit être conforme aux règles de la navigabilité qui garantissent la sécurité des vols.

Traiter immédiatement le défaut conduit inexorablement à arrêter l'exploitation de l'avion. Les conséquences commerciales des décisions d'actions peuvent être (Tableau 7) :

- Vol maintenu avec ou sans retard. Une durée de retard importante peut avoir des répercussions conséquentes : les passagers en connexion peuvent ne pas avoir leur correspondance et les passagers ayant une obligation professionnelle ou familiale ne pas être en mesure d'arriver à temps.
- Vol maintenu avec un changement d'avion : la régulation ou l'affrètement. Réguler n'est possible que si un avion de remplacement de la compagnie est disponible sur l'aéroport. Mais le temps de changer d'avion et de le préparer induit toujours du retard sur le vol. Affréter une compagnie aérienne offre une solution de poursuivre les vols à conditions qu'elle ait un avion disponible, avec un nombre de sièges proche de celui de l'avion en panne, et qu'elle soit en mesure d'effectuer le vol dans les délais impartis.
- Vol annulé. Selon l'aéroport, il peut exister des solutions de réacheminement des passagers sur les vols suivants ou avec d'autres correspondances. Ceci entraîne toujours au mieux du retard pour le passager et au pire l'impossibilité de se rendre à

destination en avion. Généralement sur les aéroports de province les solutions de réacheminement sont rares.

<b>Décisions d'Actions</b>	<b>Conséquences commerciales</b>
Reseter l'avion ou le système	Vol maintenu avec ou sans retard
Différer le défaut : MEL	Vol maintenu avec ou sans retard
Traiter immédiatement le défaut	Vol maintenu avec ou sans retard Vol maintenu avec changement d'avion Vol annulé avec ou sans réacheminement des passagers

*Tableau 7. Décisions d'Actions et conséquences commerciales*

Dans le domaine de la protection du passager, le parlement européen dans son règlement CE N°261/2004, a établi de nouvelles règles en matière d'indemnisation et d'assistance en cas de refus d'embarquement, d'annulation ou de retard important d'un vol. En cas d'annulation, la compagnie doit mettre gratuitement à dispositions du passager certaines prestations (rafraîchissement, restauration et un hébergement à l'hôtel si nécessaire). Elle est tenue également de réacheminer le passager jusqu'à sa destination finale ou de rembourser le passager et de verser une indemnité financière. La compensation n'est pas accordée aux passagers si la compagnie prouve que l'annulation est due à des circonstances extraordinaires. En cas de retard important (fonction de la durée et de la distance à parcourir) la compagnie doit mettre gratuitement à dispositions du passager certaines prestations (rafraîchissement, restauration et un hébergement à l'hôtel si nécessaire) et prendre à sa charge tous les frais engendrés par les transferts vers un aéroport de remplacement. Si le retard est supérieur à cinq heures et quel que soit le trajet, la compagnie doit rembourser le prix du billet sur la partie du trajet non effectué ou de prendre en charge le vol de retour vers son point initial si le passager renonce à la poursuite du voyage.

### 6.2.2.3 La décision d'action en situation dynamique

Le processus de prise de décision en situation dynamique a fait l'objet de nombreuses études (Hoc & Amalberti, 1994 ; Amalberti & Hoc, 1998 ; Hoc & Amalberti, 1999). L'activité d'assistance technique, vise à élaborer un diagnostic et une décision d'action (poursuite ou arrêt des vols), accompagnés d'enjeux de sécurité et de performance afin de traiter le défaut de l'avion. Cette décision d'action individuelle du THL est prise dans un environnement complexe, sous pression temporelle et avec un retour d'information minimale. Cette activité présente les mêmes caractéristiques que la régulation médicale, qui est un acte médical pratiqué au téléphone par un médecin régulateur d'un centre d'appels, en réponse à une

demande concernant un patient se trouvant à distance en situation d'urgence (Giroud, 2009). L'assistance technique est un acte pratiqué au téléphone par un Technicien Hot Line, en réponse à une demande d'un pilote ou d'un technicien dont l'avion est non navigable.

Au-delà de l'analyse descriptive, une première modélisation de l'activité d'assistance technique Hot Line permet d'identifier les étapes du modèle de résolution de problème en situation dynamique (Hoc & Amalberti, 1995). Comme en médecine d'urgence (Marquié et al., 2003), l'activité du THL comprend trois étapes :

- Une étape de recherche et collecte d'informations sur le défaut (dialogue avec l'appelant, pilote ou TEL) et sur la situation rencontrée. Ce niveau est associé à des boucles de régulation (retour avion), notamment des boucles de recherche de données supplémentaires et de validation des données. Pendant cette étape, le THL ne doit pas se limiter à enregistrer les données transmises, mais il doit interroger les pilotes ou le TEL afin d'enrichir les données, pour ensuite sélectionner les informations pertinentes à intégrer dans son raisonnement ;
- Une étape d'analyse des données (*vs* évaluation de la situation). Cette étape de diagnostic est une activité d'identification du défaut à partir des symptômes (i.e. messages ou codes de panne, sensations, odeurs). Dans les situations professionnelles, le diagnostic sert à élaborer une décision action, la détermination de la cause des troubles n'étant pas une finalité en soi (Refauste, 2001) ;
- Une étape de « prise(s) de décision et d'action(s) ». La décision d'action du THL associe des critères techniques, opérationnels et contextuels.

### 6.2.3 Traiter un défaut : un processus défini et formalisé

Il y a deux façons possibles pour rendre un avion apte au départ « serviceable » : différer le traitement du défaut ou traiter le défaut, après s'être assuré de l'effectivité du défaut.

#### 6.2.3.1 Différer le traitement du défaut : poursuivre les vols

Il existe de nombreux défauts dont le traitement peut être différé pour une période de temps spécifiée en utilisant la Minimum Equipment List (MEL). Pour déterminer si oui ou non le problème technique est légalement différable, le THL doit s'assurer que ce dernier figure dans la MEL et de la pertinence de l'item de MEL (réalisation d'un test opérationnel). Ensuite, sur proposition du technicien, le CDB doit s'assurer que l'item est légalement différable et dispose de toute attitude pour accepter ou refuser la proposition de MEL.

Différer le traitement du défaut, c'est l'option préférable pour des pannes qui ne peuvent pas être résolues rapidement. Ceci permet à l'avion de partir à l'heure (ou avec peu de retard). La Hot Line est donc responsable de la gestion du défaut. Elle dispose de toutes attitudes pour choisir le lieu de traitement de l'item de MEL en fonction de la disponibilité des moyens (hangar de maintenance, outillage, pièce de rechange) et des ressources (technicien qualifié) et le moment pour traiter cet item (hors plage d'utilisation de l'avion).

### 6.2.3.2 Traiter le défaut : arrêter les vols

Solder une panne représente le travail le plus intéressant pour le THL. Il peut mettre en œuvre toutes ses connaissances techniques et ses habiletés pour identifier l'équipement en défaut et le faire traiter par un TEL. Le processus de recherche de panne est souvent itératif. A l'issue, une Approbation Pour Remise en Service (APRS) est prononcée par un TEL et inscrite au Technical Log Book (TLB) : l'avion est alors « serviceable ».

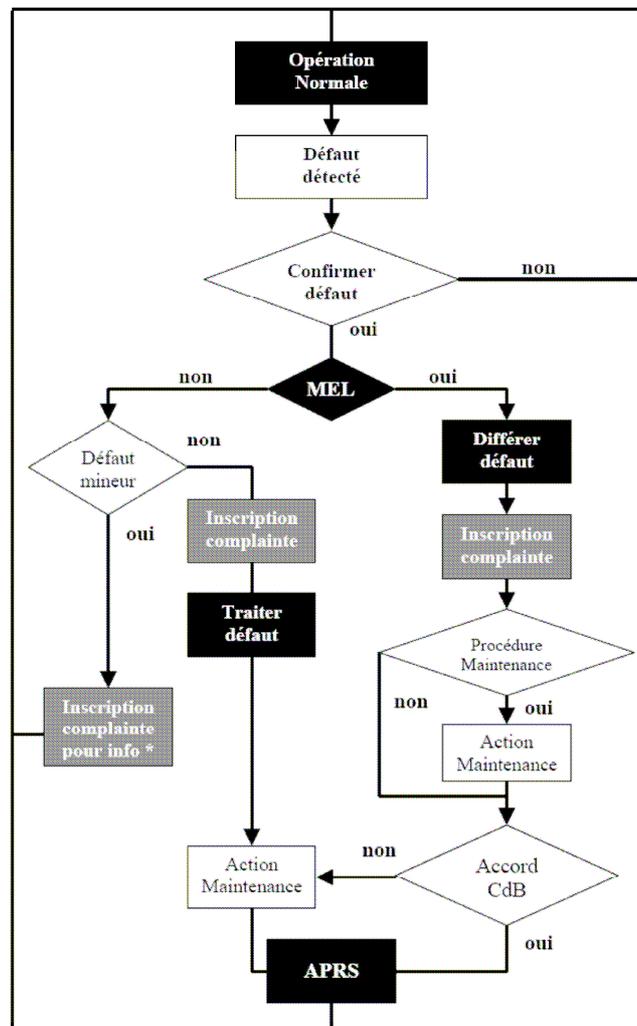


Figure 23. Traitement de remise en service d'un avion

#### 6.2.4 L'assistance technique : un ensemble de contraintes

L'assistance technique d'un avion en exploitation commerciale régionale est soumise à un ensemble de contraintes liées aux caractéristiques de ce type d'exploitation. Le modèle économique utilisé, l'exploitation en HUB et le réseau desservi, génèrent des contraintes en ressources humaines et matérielles, et temporelles.

Le THL lors d'une assistance technique doit intégrer l'ensemble de ces contraintes pour évaluer le temps de traitement du défaut et prendre sa décision. Toute assistance technique débute par un appel de l'équipage qui lui signale le problème technique auquel il est confronté (Figure 24). Le contenu de ces appels est imprévisible et la demande peut être de simple à complexe. Le problème technique peut se résoudre rapidement ou durer plusieurs jours. Ce problème est représenté par la variable « *DEFAUT* ». Puis le THL débute un processus qui ne vise pas seulement à établir un diagnostic, mais à « *CONFIRMER* » un ensemble de variables qui vont lui permettre d'évaluer le temps de traitement du défaut et, de la sorte, à prendre une décision d'action(s). Dans un premier temps, le THL doit vérifier si le défaut est « *différable sous MEL* », ce qui va permettre de faire partir très rapidement l'avion. Si le défaut ne rentre pas dans le cadre de la MEL, alors va débiter la phase de « *diagnostic* ». Ceci représente le temps nécessaire pour élaborer un diagnostic avec les données transmises par téléphone par le CDB ou le THL (si disponible) et la recherche d'informations supplémentaires. Lorsque le système en panne est identifié ainsi que le composant à remplacer, le THL doit évaluer le temps de « *traitement technique* » avant de décider si l'avion peut effectuer le vol suivant programmé. Ce temps requis est fonction des contraintes environnementales liées à l'aéroport. Ainsi pour traiter le défaut, il est nécessaire que toutes les conditions nécessaires soient réunies : défaut confirmé et identifié, ressources humaines et matérielles disponibles sur l'aéroport. La « *disponibilité technicien* » est une variable qui est directement liée aux choix stratégiques et économiques de la compagnie aérienne (coût du technicien vs risque du coût d'une ou plusieurs annulations sur l'escale considérée). Sur cet aéroport, en fonction du niveau défini de rechange, la compagnie aérienne y affecte un lot de consommables et de pièces de rechange. La variable « *Disponibilité rechange* » représente le temps nécessaire pour obtenir l'approvisionnement nécessaire pour réaliser la tâche de maintenance de dépannage sur l'aéroport considéré. Le niveau de rechange est également lié aux choix économiques de la compagnie aérienne (coût du positionnement et de l'immobilisation d'une pièce de rechange vs probabilité de la panne de cet équipement). En fonction du volume de trafic sur l'aéroport, la compagnie aérienne décide d'y affecter un « *avion de spare* » (remplacement) du même type que ceux qui transitent ou d'un type différent avec une

capacité en sièges offerte plus faible. Le positionnement d'un avion de remplacement est conditionné par les choix stratégiques et économiques de l'organisation (coût du positionnement et de l'immobilisation d'un avion de remplacement vs coût lié aux annulations). Certains aéroports offrent des possibilités de « *réacheminement des passagers* » et de la sorte d'honorer le contrat de transport en amenant à destination le passager. Cette variable est directement liée à l'aéroport et au moment de la journée (plage de HUB par exemple où la fréquence des vols est plus élevée). Utiliser un avion de remplacement ou réacheminer les passagers se traduit toujours par du « RETARD » pour les passagers.

Le THL intègre toutes ces contraintes pour prendre sa décision. Si le temps de traitement du défaut est supérieur au retard dû à un changement d'avion ou au réacheminement des passagers, alors il est préférable de mettre en œuvre le changement d'avion ou de réacheminer les passagers. Si l'avion est en situation de NOGO, ces deux solutions seront recherchées en priorité. L'objectif de l'assistance technique est de permettre à l'avion de poursuivre ses vols programmés.

Le modèle ci-dessous met en regard l'activité d'assistance technique et les contraintes identifiées.

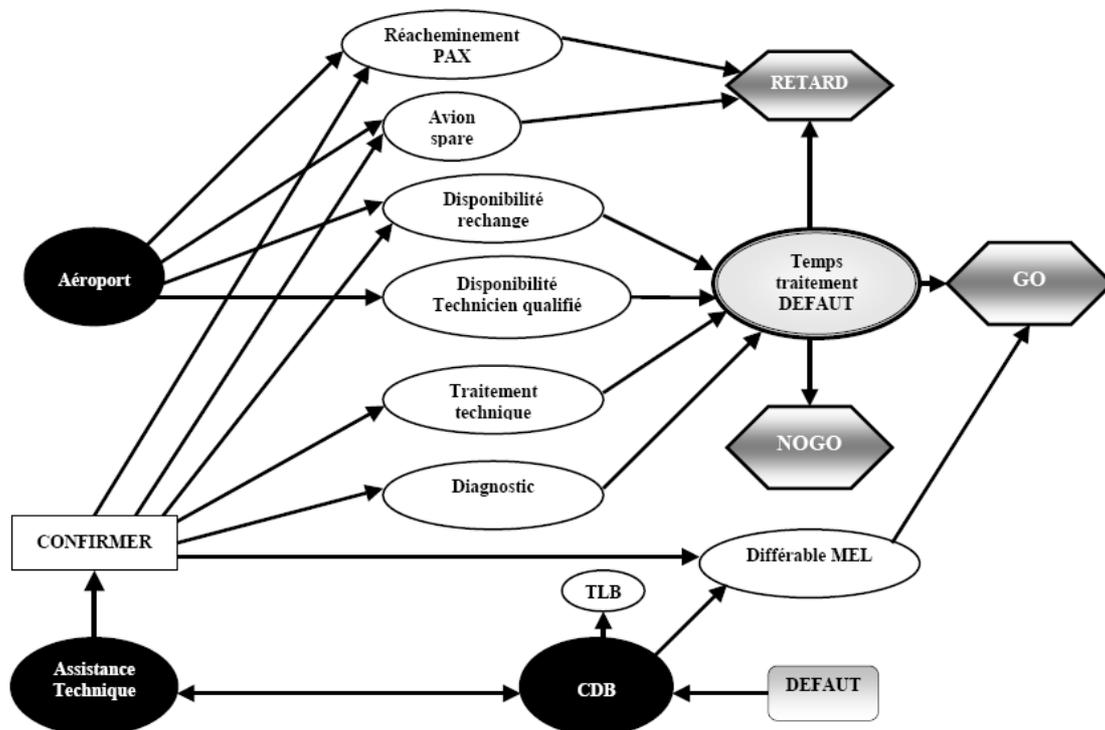


Figure 24. Modèle des contraintes de l'assistance technique (d'après Sachon & Paté-Cornell, 2000)

### 6.2.5 La décision d'action et le statut de l'avion

La décision d'action prise par le THL lors d'une assistance technique est conforme au diagnostic du défaut. Si le défaut est NOGO, le THL doit décider de l'arrêt des vols et de faire mettre en œuvre une action correctrice de maintenance : l'avion n'est plus navigable. Si après le diagnostic, le défaut n'est plus présent ou la règle de la MEL est applicable, alors le défaut est GO : l'avion est navigable. Le THL doit décider de la poursuite des vols.

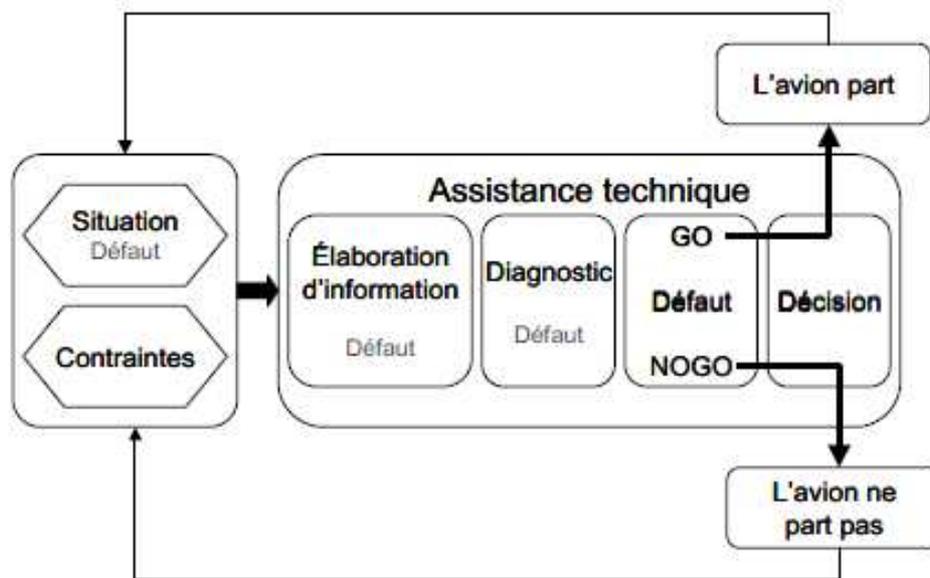


Figure 25. Modèle de l'assistance technique : statut du défaut et décision THL

# Chapitre 7. Les Décisions d'Arbitrage

## Introduction au chapitre 7

Les objectifs d'un haut niveau de qualité opérationnelle technique, associés aux caractéristiques spécifiques de son exploitation (dispersion du réseau) et aux particularités de son dispositif industriel d'entretien (maintenance principale hors réseau) ont amené la compagnie aérienne régionale à un choix de gestion technique centralisée de sa flotte d'avions : le Maintenance Control Center (MCC). Au cœur de ce dispositif se trouve, une unité fonctionnelle, la Hot Line, qui a pour mission principale de statuer sur la navigabilité de l'avion et de décider rapidement de la poursuite ou de l'arrêt des vols pour effectuer une tâche de maintenance. Les décisions prises peuvent affecter la sécurité des vols et la production (arrêt des vols).

Le chapitre 7 est composé de deux sections qui abordent les deux phases de l'analyse du travail. Dans la première, sera présenté le pré-diagnostic accompagné de l'analyse et des principaux résultats. Ensuite, la deuxième section abordera l'analyse de l'activité en situation naturelle de travail des techniciens. Les résultats de l'analyse seront présentés et commentés.

Dans le cadre de cette recherche les arbitrages entre sécurité et performance qui donnent lieu soit à l'arrêt des vols ou la poursuite des vols sont appelés « *Décisions d'Arbitrage* ».

## 7.1 Le pré-diagnostic : rechercher les traces des Décisions d'Arbitrage

### 7.1.1 Objectifs du pré-diagnostic

Le pré-diagnostic a constitué, dans un premier temps, en une exploration de l'activité des Techniciens Hot Line, destinée à modéliser la tâche d'assistance technique. Les données recueillies ont permis d'appréhender le fonctionnement de la Hot Line et d'établir deux modèles : des contraintes (Figure 24) et de l'assistance technique (Figure 25). Le fonctionnement de la Hot Line a été abordé dans le chapitre 7.1. Dans un second temps, le pré-diagnostic a eu pour objectif d'identifier si, dans l'unité fonctionnelle « Hot Line » soumise aux exigences réglementaires du système sociotechnique « compagnie aérienne », il existe des situations d'assistance techniques dans lesquelles les THL peuvent être amenés à arbitrer entre deux objectifs conflictuels : la sécurité des vols et la performance.

### 7.1.2 Méthode de recueil des données

Le pré-diagnostic a duré deux mois (mai et juin 2009). Au total 160 heures d'observations ont été réalisées. Sur cette période, les données ont été systématiquement recueillies. Ensuite de façon aléatoire, de préférence aux moments de la relève entre THL (14H30), le matin, en soirée et le week-end, des périodes d'observations ont été réalisées. De plus, ces observations ont été complétées chaque matin par la participation aux réunions d'exploitation. Lors de ces réunions une revue et une analyse des événements techniques de la veille sont effectuées.

### 7.1.3 Méthode d'analyse des données

L'analyse a constitué en l'étude des traces de l'activité à partir d'une copie papier des documents pertinents (i.e. cahier de consignes) et des notes prises lors des observations. L'analyse qualitative des données a été conduite en temps réel, chaque matin de la semaine, à l'issue de la réunion d'exploitation. Cette analyse a été manuelle à travers l'usage de papier / crayon et n'a pas donné lieu à un codage des données.

### 7.1.4 Les résultats

L'analyse des traces écrites de l'activité, et tout particulièrement des cahiers de consignes papier et informatique des THL, a mis en évidence des situations d'assistance dans lesquelles une action de maintenance n'était pas mise en œuvre immédiatement et qui donnait lieu soit à la mise en place d'une surveillance (« à suivre ») ou à une programmation ultérieure du dépannage (« prévoir E/S »). De plus, il a été observé que ces situations d'assistance technique n'étaient pas inscrites au Technical Log Book (TLB). Ces situations, qui n'ont pas donné lieu au traitement immédiat du défaut, n'ont pas eu de conséquences sur la sécurité des vols et sur la performance. En effet, aucun événement sécurité et annulation de vol ou retard sont associés à ces situations particulières d'assistance.

### 7.1.5 Les hypothèses de recherche issues du pré-diagnostic

A partir de l'analyse des traces de l'activité, trois hypothèses de recherche ont été formulées.

#### **Hypothèse de recherche N°1.**

*« Si le Technicien Hot Line diffère le traitement d'un défaut en mettant en place une surveillance ou en organisant le remplacement d'un équipement, c'est parce que le THL a arbitré en faveur de la poursuite des vols (maintenir la production) en intégrant les aspects liés à la sécurité des vols ».*

### **Hypothèse de recherche N°2.**

« *L'émergence de ces situations particulières d'assistance technique n'est possible que si la plainte est verbale* ». Le fait de noter la plainte au TLB rend obligatoire une intervention technique pour remettre en service l'avion. Une situation dans laquelle une APRS serait prononcée sans action de maintenance effective est assimilée à une violation ; ces cas sont exclus du champ de cette recherche.

### **Hypothèse de recherche N°3.**

« *Si le Technicien Hot Line diffère le traitement d'un défaut en mettant en place une surveillance ou en organisant le remplacement d'un équipement, c'est parce que le THL ne dispose pas des ressources humaine et/ou matériel pour traiter immédiatement le défaut* ».

## 7.2 Le diagnostic : objectiver et quantifier les Décisions d'Arbitrage

### 7.2.1 Objectifs de l'analyse de l'activité

L'analyse des traces écrites de l'activité, et tout particulièrement des cahiers de consignes papier et informatique des THL, a permis de mettre à jour des situations particulières dans lesquelles la performance (poursuite des vols) étaient maintenues en différant une action de maintenance. De cette analyse, trois hypothèses de recherche ont été émises. Afin d'objectiver et de quantifier les Décisions d'Arbitrage, une analyse quantitative a été conduite à partir de situations d'assistance technique codées en protocoles.

### 7.2.2 Méthodes de recueil et d'analyse des données : les Protocoles d'Assistance Technique

#### 7.2.2.1 L'identification des variables caractéristiques d'une assistance technique

A l'aide du modèle de « l'assistance technique » (Figure 25), huit variables caractéristiques de l'assistance technique ont été identifiées (Tableau 8), dans deux champs : 1. « Situation (Défaut) et Contraintes » ; 2. « Prise de décision » (l'avion part ou ne part).

1. Champ « Situation et Contraintes ». Le modèle des « contraintes de l'assistance technique » (Figure 24) a servi de support pour identifier les cinq premières variables permettant de caractériser une assistance technique. La nature du défaut, l'émetteur et l'aéroport de signalement du défaut sont des variables utiles et suffisantes de l'assistance technique.

2. Champ « Prise de décision ». L'action de maintenance mise en œuvre à l'issue de l'assistance est caractéristique de la décision prise par le Technicien Hot Line. Ainsi trois

variables ont été identifiées : action de maintenance mise en œuvre, statut de l'avion à l'issue de l'assistance technique et THL en charge de l'assistance technique.

N°	Variabiles	Description
1	La plainte	Le défaut peut être <i>inscrit</i> au TLB conformément aux règles prescrites ou être reporté <i>verbalement</i> à la Hot Line
2	L'auteur de la plainte	Le CDB ou le TEL peut émettre une plainte technique
3	L'aéroport	L' <i>aéroport</i> sur lequel se trouve l'avion qui présente un défaut. Le code utilisé est celui de IATA qui attribue un code de trois lettres à chaque aéroport dans le monde (i.e. ORY pour l'aéroport d'Orly). Le lieu de signalement du défaut nous renseigne sur les contraintes suivantes : Réacheminement des passagers / Avion spare / Disponibilité rechange / Disponibilité technicien qualifié.
4	Les caractéristiques du défaut	Les caractéristiques du <i>défaut</i> sont détaillées sous la forme de trois arguments. 1. Le défaut peut être <i>technique</i> en n'étant pas accompagné d'un message d'alarme généré par les dispositifs de surveillance (i.e. une fuite d'huile hydraulique ou un pneumatique hors tolérances). 2. Le défaut est présenté à l'équipage sous la forme d'un <i>message</i> d'alarme (i.e. le message pour une baisse de pression d'un circuit hydraulique est HYD 1 LOW PRESS). 3. L'équipage peut détecter un défaut par un sens ou une <i>sensation</i> (i.e. odeur de chaud ou de brûlé, ou sensation de point dur ou de lourdeur sur les commandes de vol).
5	La description du défaut	Le type de défaut est décrit en utilisant le système d'identification des chapitres de la spécification 100 de l'Air Transport Association (ATA) (i.e. l'ATA 77 concerne les indications moteur). Cette caractérisation permet d'identifier précisément le système ou le sous-système en défaut et d'évaluer sa criticité.
6	Actions de maintenance	Les actions de maintenance mises en œuvre ont été codées en fonction du <i>temps</i> de traitement du défaut. Pour ce faire six arguments ont été utilisés. 1. Certains défauts peuvent être traités immédiatement avec une durée d'intervention courte (i.e. le remplacement d'un poste de commande radio VHF dure trente minutes). 2. D'autres défauts entraînent l'immobilisation de l'avion pour quelques heures à plusieurs jours (i.e. le remplacement d'un moteur). 3. L'application de la règle de dérogation MEL permet de remettre très rapidement en service l'avion avec ou sans action de maintenance (i.e. la pompe carburant du réservoir central est en panne et l'avion peut poursuivre ses vols si on considère que le réservoir central est inopérant). 4. Si le défaut n'est pas confirmé par un test opérationnel ou plus présent au sol, aucune action curative de maintenance est nécessaire hormis celle de s'assurer que le défaut n'est plus présent. Le pré-diagnostic a permis d'identifier deux types de situations d'assistance technique particulières. 5. Dans la première situation, les actions de maintenance correctrices pour traiter le défaut n'étaient pas mises en œuvre immédiatement et différées hors plage d'exploitation de l'avion. 6. Dans la seconde, aucune action de maintenance était réalisée pour traiter le défaut reporté, mais elle faisait l'objet d'un suivi.
7	Statut de l'avion	Lorsque l'assistance technique est terminée, l'avion peut poursuivre ses vols ou être immobilisé pour traiter le défaut
8	Technicien Hot Line	La population des THL a été répartie dans quatre classes d'expertise.

Tableau 8. Les huit variables de l'assistance technique

### 7.2.2.2 Le codage des Protocoles d'Assistance Technique

Les Protocoles d'Assistance Technique ont été codés sous la forme « Prédicats/Arguments » (Tableau 9). Une situation d'assistance technique est codée sous la forme :

**PAT (<TYPE COMPLAINTE> <QUI> <OU> <OBJET> <VALEUR> <ACTION>  
<STATUT AC> <CLASSE THL>)**

Variables de l'assistance technique	Codage de base	
	Prédicats	Arguments
<b>La plainte</b>	<TYPE COMPLAINTE>	
Ecrite		EC
Orale		OR
<b>L'auteur de la plainte</b>	<QUI>	
Les équipages		PNT
Les techniciens entretien en ligne		TEL
<b>L'aéroport</b>	<OU>	
<b>Les caractéristiques du défaut</b>	<OBJET>	
Technique		TECH
Message		MSG
Perception sensorielle		PERC
<b>La description du défaut</b>	<VALEUR>	
<b>Les actions de maintenance</b>	<ACTION>	
Maintenance Immédiate permettant la poursuite des vols		MAI
Maintenance Longue ne permettant pas la poursuite des vols		MAL
Application règle de dérogation		MEL
Action de maintenance différée		DIF
Pas d'action de maintenance, mais suivi du défaut		ASU
Pas d'action de maintenance		NIL
<b>Statut de l'avion</b>	<STATUT AC>	
Poursuite des vols		GO
Arrêt des vols		NOGO
<b>Technicien Hot Line</b>	<CLASSE THL>	
Jeune Novice		JN
Jeune Expert		JE
Agé Novice		AN
Agé Expert		AE

Tableau 9. Codage des situations d'assistance technique

Les protocoles ont été codés dans un tableau Excel (Tableau 10) permettant d'effectuer un tri des données par prédicats et arguments. La ligne 1 du tableau 10 se traduit littéralement de la façon suivante : le lundi 31 août une plainte orale des PNT à Perpignan, concernant un impact sur la cellule, n'a pas entraîné d'action de maintenance et l'avion est reparti. Cette assistance a été réalisée par un Jeune Expert.

DATE	<TYPE COMPLAINTÉ>	<QUI>	<OU>	<OBJET>	<VALEUR>	<ACTION>	<STATUT AC>	<CLASSE THL>
Lundi 31 août	OR	PNT	PGF	TECH	IMPACT	NIL	GO	JE
	EC	TEL	LYS	TECH	EMER LIGHT	AML	NOGO	AE
	EC	PNT	SXB	TECH	CPT	AML	NOGO	AE
	OR	PNT	SXB	TECH	WINDSHIELD	NIL	GO	JE
	EC	PNT	CFR	TECH	SWITCH COPIL	AML	NOGO	JE
	OR	TEL	SXB	TECH	C/B PUMP 2B	AMI	GO	AE
	EC	TEL	UIP	TECH	BLEED	AML	NOGO	JE
	EC	TEL	SXB	TECH	FUITE HYD	AML	NOGO	JE
	OR	TEL	SXB	TECH	AT INOP	AMI	GO	AE
						AMI		
	EC	TEL	VCE	TECH	IRS	DIF	GO	AE
	EC	PNT	ORY	TECH	REV	MEL	GO	JN
	OR	PNT	LYS	TECH	SPSOT 2	AMI	GO	AE
	OR	PNT	BHX	TECH	SIEGE PNC	DIF	GO	JN
	EC	TEL	NCE	TECH	LAMPES XFR	MEL	GO	JN
	OR	TEL	ORY	TECH	PORTE BLINDEE	AMI	GO	AE
	OR	TEL	LYS	TECH	DEM GTR2	AMI	GO	JN

Tableau 10. Extrait du tableau d'analyse des situations d'assistance technique du lundi 31 août 2009

### 7.2.3 Expérimentation : le recueil et l'analyse des données

Le recueil des situations d'assistance technique s'est déroulé sur une période de 4 semaines, du lundi 31 août au 27 septembre 2009. Sur cette durée, l'échantillon total des 380 situations d'assistance technique effectuées par les THL, a été codé, chaque jour, en protocole. L'analyse des Protocoles d'Assistance Technique a été réalisée à la fin de la période de recueil et a duré un mois.

Afin de valider chaque protocole, une vérification croisée des données entre la situation d'assistance enregistrée (i.e. le cahier de consignes électronique ou papier) et les documents de navigabilité (i.e. TLB) a été menée. Cette vérification a eu pour objectif de s'assurer de l'exactitude des prédicats <TYPE COMPLAINTÉ> et <ACTION> : plainte inscrite ou non au TLB et la mise en œuvre effective ou non d'action de maintenance.

### 7.2.4 Les résultats de l'analyse des Protocoles d'Assistance Technique

#### 7.2.4.1 Le prédicat <ACTION> : la trace des Décisions d'Action

Les arguments du prédicat <ACTION> sont les traces de la Décision d'Action prise par le THL.

Les trois cent quatre-vingts situations d'assistance se distribuent de la façon suivante :

Arguments du prédicat <ACTION>	AMI	AMI	AMI	AMI	ASU	DIF	MEL	MEL	NIL
		ASU	DIF	MEL				DIF	
Nombre d'assistances	221	19	21	1	5	33	76	1	3

Tableau 11. Distribution des arguments du prédicat <ACTION>

Cette distribution fait apparaître que dans la majorité des assistances techniques (342 sur 380), la décision d'action prise par les THL est conforme aux règles prescrites (Tableau 12). L'ensemble de ces situations (302) est caractérisé par l'application de règles de navigabilité : action de maintenance immédiate (AMI), utilisation de la MEL ou pas d'action de maintenance (NIL, défaut non reproduit au sol). Dans quarante de ces situations, l'action immédiate de maintenance s'est accompagnée de la mise en place d'un suivi (19 cas) et d'une deuxième action de maintenance différée (21 cas).

Trente-huit événements (10% des PAT) sont marqués par la remise en service de l'avion sans action immédiate de maintenance, mais avec un traitement du défaut différé ou la mise en place d'un suivi du défaut. Dans trente-trois situations d'assistance technique, les THL ont décidé de différer le traitement du défaut. Dans cinq situations d'assistance, les THL ont laissé repartir l'avion avec un défaut signalé mais en mettant en place un suivi de ce défaut.

L'étude croisée des prédicats <ACTION> et <STATUT A/C> (Tableau 12) fait apparaître que pour ces trente-huit événements <DIF> et <ASU>, la décision des THL a été de laisser repartir l'avion malgré que le statut prescrit du défaut soit NOGO.

<ACTIONS>	Statut prescrit <DEFAULT>	Décision THL
AMI	GO	Avion part
AMI/ASU	GO	
AMI/DIF	GO	
AMI/MEL	GO	
MEL	GO	
MEL/DIF	GO	
ASU	GO	
DIF	NOGO	
ASU	NOGO	
MAL	NOGO	Avion ne part pas

Tableau 12. Statut prescrit du <DEFAULT> et décision du THL

#### 7.2.4.2 Les <DIF> et les <ASU> : les traces de la Décision d'Arbitrage ?

Trente-huit événements des arguments <DIF> et <ASU> révèlent un écart entre le statut prescrit du défaut et la décision prise par le THL. Afin d'assimiler ces événements à des Décisions d'Arbitrage en faveur de performance, une étude exhaustive des arguments a été menée (Tableau 13).

<b>Protocole d'Assistance Technique</b>		
<TYPE COMPLAINTE>	<EC> : 6	<EC> : 0
	<OR> : 27	<OR> : 5
<QUI>	<TEL> : 8	<TEL> : 2
	<PNT> : 25	<PNT> : 3
<OU>	7 escales sans assistance technique	5 escales avec assistance technique disponible
<OBJET>	<TECH> :24	<TECH> :5
	<MSG> : 6	<MSG> : 0
	<PERC> : 3	<PERC> : 0
<VALEUR>	<i>Exclue de l'analyse</i>	
<ACTION>	<DIF> : <b>33</b>	<ASU> : <b>5</b>
<STATUT A/C>	<GO>	<GO>

Tableau 13. Valeur des arguments des <DIF> et <ASU>

#### 7.2.4.2.1 Les <ASU> : décider de suivre l'évolution d'un défaut

Les cinq <ASU> ont fait l'objet d'une analyse détaillée afin de déterminer le fondement du suivi du défaut par les THL. Dans le cas où le défaut ne serait pas confirmé, ces situations d'assistances techniques ne relèveraient pas d'une Décision d'Arbitrage. Car si le défaut n'est pas confirmé la poursuite des vols est conforme à la règle (Figure 23).

Les plaintes associées aux <ASU> (Tableau 13) sont orales et proviennent indifféremment des PNT (3) et des TEL (2). La consigne donnée par le THL au CDB est toujours la même : « *Panne à confirmer sur les vols suivants* ». Le prédicat <VALEUR> montre que les défauts signalés sont des défauts identifiés par la maintenance et assimilés à des « nuisances ». Dans tous les cas le défaut est apparu pendant le vol mais n'est plus présent au parking. Dans un cas seulement, une trace du défaut a pu être trouvée en interrogeant le Maintenance Diagnostic Computer (MDC).

Les THL assurent un suivi particulier de ces défauts conformément aux règles définies et, de la sorte, décider de suivre l'évolution d'un défaut n'est pas assimilable à une Décision d'Arbitrage.

#### 7.2.4.2.2 Les <DIF> : décider de différer le traitement d'un défaut

Les Protocoles d'Assistance Technique contenant les trente-trois arguments <DIF> sont caractérisés par une variabilité des valeurs observées dans les prédicats. Les plaintes sont majoritairement orales (82%) et ne sont pas inscrites au TLB. Les six plaintes écrites au TLB, dont la remise en service a été prononcée par application d'une APRS, doivent être exclues de cette analyse. Effectivement, le fait d'inscrire la plainte au TLB est conforme

aux règles prescrites et ne conduit pas à une Décision d'Arbitrage. La recherche de la compréhension technique d'avoir différé le traitement du défaut est exclue de cette étude.

Sur les vingt-sept <DIF><EC> seulement quatre ont pour origine un appel du TEL. Mais dans ces quatre cas, le CDB était en prise directe avec le TEL et non pas la Hot Line. Le CDB est donc à l'origine de ces <DIF>.

L'analyse de ces vingt-sept Protocoles d'Assistance Technique a mis en évidence deux formes de <DIF>. Dans douze assistances techniques, la règle de maintenance qui définissait le statut prescrit de l'avion n'a pas été suivie par le THL. L'avion était non navigable et ne pouvait pas réglementairement poursuivre ses vols avant qu'une action de maintenance soit mise en oeuvre. Majoritairement ce sont les AE (6 cas) et les JN (5 cas) qui ont arbitré en faveur de la performance. Dans les quinze autres assistances techniques, les THL ne disposaient de règles applicables au défaut reporté. En aéronautique, il existe un principe qui dit que « *si ce n'est pas écrit, ce n'est pas autorisé (car cela n'a pas été approuvé par l'autorité de certification)* ». Dans ces quinze assistances techniques les THL ont arbitré en faveur de la performance.

#### 7.2.4.2.3 Les THL et décider de différer le traitement d'un défaut

L'analyse des Protocoles d'Assistance Technique a révélé que l'ensemble des classes de THL diffèrent des actions de maintenance. Ce fait est plus marqué dans la classe AE, qu'une règle de maintenance soit applicable (6 cas) ou non (7 cas). On aurait pu s'attendre à ne pas voir de JN différer le traitement d'un défaut ; ce qui n'est pas le cas. Les JN ont une propension forte à différer le traitement des défauts en présence d'une règle applicable (5 cas) ou en l'absence de règle applicable (3 cas).

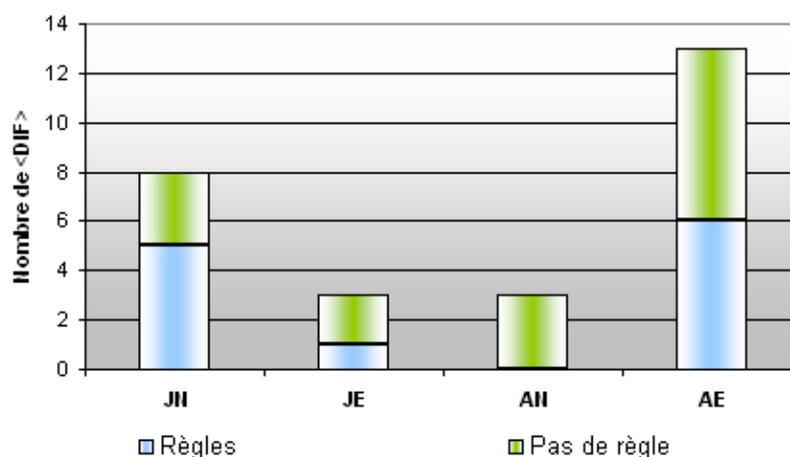


Figure 26. Histogramme classes THL et <DIF> en fonction de la règle

Le AN semble être le seul THL à ne pas avoir différé une action de maintenance alors qu'une règle est applicable ; ceci ne signifie pas qu'il ne le fasse pas. En effet sur la période d'analyse (4 semaines), il a pu ne pas avoir à traiter de telle situation d'assistance technique.

Le THL prend sa décision de façon individuelle conformément au prescrit. Mais en situation naturelle de travail il peut recourir au collectif : le deuxième THL de vacation. Une remise en contexte (THL1 et THL2) de ces vingt-sept Protocoles d'Assistance Technique a été conduite en prenant comme référence le THL qui a pris la décision. Cela a permis de remarquer que pour les JN la décision de différer le défaut est prise quel que soit le deuxième THL mais de façon plus importante lorsqu'il est de vacation avec un Expert. Pour les AE lorsqu'ils sont avec des JN, on constate que le nombre de <DIF> est plus élevé. On observe ce même phénomène entre le AN et les JN. A ce stade de l'étude il est difficile d'émettre l'hypothèse que les Agés ont recours aux JN pour prendre leur décision. Par contre, il est plus réaliste de supposer que les AE ont repris « la main » ou conseillé le JN dans ces situations d'assistance.

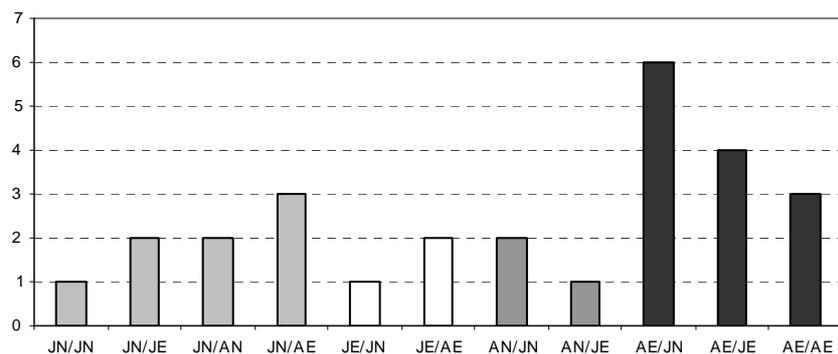


Figure 27. Histogramme vacation THL1/THL2 et le nombre de <DIF>

#### 7.2.4.2.4 Les <DIF> et <ASU> : plainte non inscrite au Technical Loog Book

L'étude des prédicats <TYPE COMPLAINTE> <DIF> a révélé que dans les vingt-sept assistances techniques qui ont donné lieu à la remise en service de l'avion, en différant le traitement du défaut sont toutes orales (prédicat <OR>) et n'ont pas été inscrites immédiatement au Technical Loog Book conformément aux règles prescrites de navigabilité.

#### 7.2.4.3 Les techniciens Hot Line et les contraintes

Dans ce système dynamique d'assistance technique, où il n'y a pas de possibilité d'anticipation, les THL pourraient prioriser leurs décisions et, ainsi, sous forte contrainte temporelle choisir de différer le traitement de défauts afin de conserver la maîtrise de la

situation. Afin de valider l'hypothèse de recherche N°3, concernant les contraintes, trois analyses spécifiques ont été conduites : 1. Relation entre les <DIF> et le nombre d'avions en panne ; 2. Relation entre les <DIF> et les moments de la journée (hors ou dans la plage de HUB) ; 3. Relation entre les <DIF> et la disponibilité des ressources humaines (THL).

1. L'influence du nombre d'avions en panne. A partir de la référence temporelle de chaque Protocole d'Assistance Technique contenant l'argument <DIF> une comptabilisation du nombre d'avions en panne a été effectuée. Par exemple, l'assistance technique codée en PAT(<OR> <PNT> <LYS> <PERC> <ATA 32 BRUIT LH MLG> <DIF> <GO>) a eu lieu le mardi 08 septembre à 17H04. A cette heure, la situation technique de l'ensemble des avions était marquée par quatre avions en panne (situation de NOGO). Ainsi, la Figure 28 représente la distribution du nombre d'avions en panne en fonction du nombre de différés.

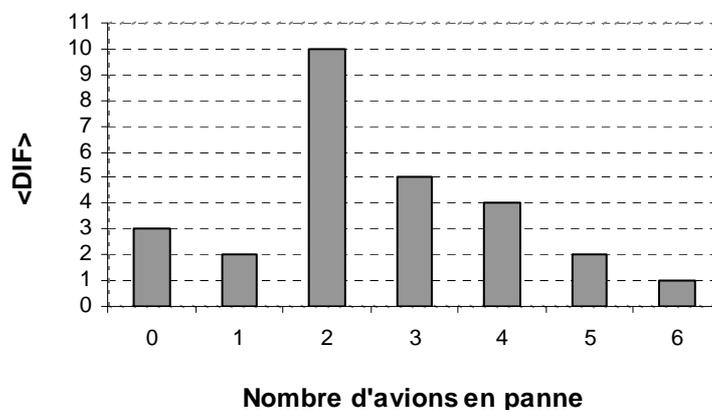


Figure 28. Histogramme nombre d'avions en panne et <DIF>

Le nombre d'avions en panne ne semble pas être directement contributeur aux <DIF>. En effet même lorsqu'il n'y a pas d'avion en panne, on observe trois <DIF>. On constate malgré tout un pic de dix <DIF> lorsqu'il y a deux avions en panne (Figure 28). Ensuite le nombre de <DIF> décroît proportionnellement suivant l'augmentation du nombre d'avions en panne. Ce n'est pas parce qu'il y a plus d'avions en panne que les THL diffèrent le traitement de certains défauts.

2. Influence des plages de HUB. On peut noter (Figure 29) que le nombre de <DIF> (12) est plus important lors du HUB de l'après midi (de 12H00 à 16H00). Dans une moindre mesure il est également élevé (8) lors du HUB du matin (05H00 à 08H00). Les plages de HUB du matin et de l'après midi sont plus marquées en <DIF> que celle du soir (18H00 à 20H00) (2). Ceci peut s'expliquer par le fait que, plus on approche du soir (night stop), plus les THL peuvent traiter l'avion, et moins ils ont à différer l'action de maintenance, ou moins les pilotes rapportent les défauts et attendent la fin de la journée pour les signaler.

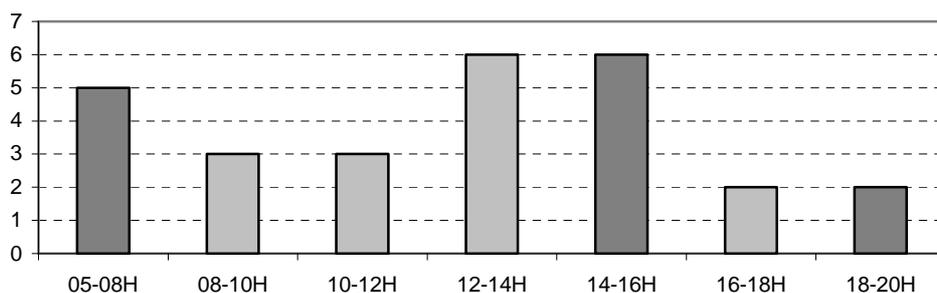


Figure 29. Histogramme plages de HUB et DIF

De plus, nous pouvons remarquer que les <DIF> se produisent majoritairement (60%) lors des horaires administratives de fonctionnement du MCC (08H00 à 16H00) où l'ensemble du collectif est présent et également l'encadrement. Et sur ces vingt-sept <DIF> seulement six se produisent le week-end (22%). Ce constat montre que ces <DIF> ne sont pas cachés et sont visibles par le système.

3. La disponibilité des ressources humaines. Les vingt-sept <DIF> ont été rapportés dans leur contexte temporel et mis en regard avec les plannings des Techniciens Entretien en Ligne. Dans sept <DIF>, soit environ le quart des assistances techniques, un TEL n'était pas disponible sur l'escale au moment du contact du CDB à la Hot Line. L'absence de TEL ne semble pas être contributif aux <DIF>.

#### 7.2.4.4 Ne pas appliquer les règles un risque pour la sécurité ?

Ne pas traiter un défaut en ne respectant pas les principes de la navigabilité, présente un risque pour la sécurité des vols (Cf. chapitre 3). Ce risque est fonction du système. En effet laisser repartir un avion avec un défaut identifié sur un moteur ou sur un système critique présente un risque plus élevé, que si le défaut concerne par exemple l'absence d'un fil à casser sur un témoin d'ouverture d'issue secours d'aile. Il n'existe pas de dérogation applicable pour ce type de défaut, mais ce dernier ne présente aucun risque pour la sécurité. Après s'être assuré de l'intégrité de l'issue de secours et de son verrouillage l'avion peut repartir. Lorsque l'avion est pressurisé, l'ouverture d'une issue d'aile est impossible en vol.

L'analyse du prédicat <VALEUR> a mis en évidence que les défauts dont le traitement a été différé ne concernent pas les systèmes critiques pour l'avion (i.e. moteur, cellule, électrique, pneumatique et hydraulique).

ATA	Nombre	Exemples
32. Trains d'atterrissage	3	Jeux train avant (jeux) Bruits sur les trains principaux
34. Navigation	2	Défauts d'instrument de secours ainsi que le système d'approche et de posé manuel CAT3 (Head Up Guidance System) et les instruments de navigation (Automatic Direction Finder ADF 1 et 2)
38. Eau	2	Les défauts concernent essentiellement le circuit d'eau destiné au lavabo toilettes
49. APU	2	Valves APU Démarrage APU
53. Portes	2	Absence de fil à casser sur une issue d'aile Cache issue d'aile endommagé Jeu sur une porte d'accès

Tableau 14. Exemples de défauts ayant été différés

## Synthèse Chapitre 7

Le pré-diagnostic a permis d'établir un modèle théorique de l'assistance technique qui établit le lien entre le statut prescrit du défaut et la décision d'action prise par le THL : défaut NOGO l'avion ne part pas et défaut GO (avec ou sans application de la MEL) l'avion part. Mais les traces de l'activité ont montré que dans certaines situations, une action différée de maintenance ou de suivie était mise en œuvre. A l'issue de l'analyse des données du pré-diagnostic trois hypothèses de recherche ont été émises : 1. « Si le Technicien Hot Line diffère le traitement d'un défaut en mettant en place une surveillance ou en organisant le remplacement d'un équipement, c'est parce que le THL a arbitré en faveur de la poursuite des vols (maintenir la production) en intégrant les aspects liés à la sécurité des vols » ; 2. « L'émergence de ces situations particulières d'assistance technique n'est possible que si la plainte est verbale » ; 3. « Si le Technicien Hot Line diffère le traitement d'un défaut en mettant en place une surveillance ou en organisant le remplacement d'un équipement, c'est parce que le THL ne dispose pas des ressources humaine et/ou matériel pour traiter immédiatement le défaut ».

L'analyse de trois cent quatre-vingts situations d'assistance, codées en Protocoles d'Assistance Technique, a confirmé et quantifié le nombre d'assistance qui sont marquées par la remise en service d'un avion dont le défaut fait l'objet d'un suivi ou est traité ultérieurement. L'étude des Protocoles d'Assistance Technique a permis de rejeter les situations « à suivre » (<ASU>) dans lesquelles les THL mettaient en œuvre un suivi du

défaut. Vingt-sept situations d'assistance technique dont le traitement du défaut a été différé, présentent les caractéristiques d'un arbitrage en faveur de la production. L'analyse de ces situations a révélé que dans douze assistances, le THL volontairement n'a pas appliqué une règle de maintenance et que dans quinze assistances, il ne disposait pas de règle applicable. Les Experts (AE et JE) sont à l'origine de sept cas et dans cinq cas ce sont des JN en vacation avec des Experts. L'ensemble des THL diffère le traitement d'un défaut, y compris les Jeunes Novices. Aucun événement sécurité n'a été observé à court et moyen terme (2 ans) sur l'ensemble des situations d'assistance technique (<DIF> et <ASU>) dans lesquelles les vols ont été poursuivis avec un avion non navigable réglementairement. Les défauts dont le traitement a été différé, ne concernent pas les systèmes critiques pour l'avion. Ce constat ne permet pas d'affirmer que les THL intègrent, lorsqu'ils arbitrent en faveur de la production, les aspects liés à la sécurité des vols.

Ces résultats valident en partie l'hypothèse de recherche N°1 : dans ces situations particulières d'assistance technique, le THL arbitre en faveur de la production, mais nous ne savons pas si cela se fait ou non au détriment de la sécurité.

L'hypothèse de recherche N°2, selon laquelle l'émergence de ces situations particulières d'assistance n'est possible que si la plainte n'est pas inscrite au Technical Log Book (TLB), a été validée. En effet, les vingt-sept assistances techniques qui ont donné lieu à la remise en service de l'avion en différant le traitement du défaut, sont toutes orales (prédicat <OR>). Bien que ces assistances ne soient pas inscrites au TLB, elles demeurent tracées (cahier de consignes) et sont donc visibles par l'organisation.

L'hypothèse de recherche N°3 sous-entendait les raisons susceptibles d'engendrer ces situations particulières d'assistance : le manque de ressources humaine et/ou matériel. L'étude quantitative de trois cent quatre-vingts situations d'assistance technique n'a pas permis d'établir de lien causal entre les arbitrages en faveur de la production avec un défaut non traité immédiatement et le manque de ressources. En effet, ni le nombre d'avions en panne, ni les plages d'exploitation (HUB) et ni l'absence de techniciens entretien en ligne, semblent être une raison explicative à ces situations particulières d'assistance.

Devant le faible taux d'occurrence de ces situations (27 sur 380), de la variabilité des situations (25 défauts différents), et des contraintes (i.e. aéroports, rechange, disponibilité techniciens), l'étude en situation naturelle de travail a montré toute sa richesse, mais

également, certaines limites dans la complexité de l'analyse des données et dans la gestion des variables liées aux contraintes. L'analyse a permis de valider partiellement le modèle théorique d'assistance technique (Figure 25). La première étude quantitative de l'activité des THL s'est attachée à analyser les conditions d'entrée (Situation et Contraintes) et de sortie (statut du défaut et Décision) du modèle. Le processus d'assistance technique n'a pas été analysé, parce que l'étude de l'activité en situation naturelle n'a pas été associée à des observations. Compte tenu du faible taux d'occurrence de ces situations particulières, il aurait fallu être présent en permanence (19 heures par jour et 7 jours sur 7 pendant 4 semaines) à la Hot Line. Afin de répondre à ces manques, une nouvelle étude empirique a été réalisée : la simulation d'une assistance technique. Le chapitre 8 se propose d'exposer la méthodologie de construction de la simulation, d'analyse des données et les résultats associés.

# Chapitre 8. La simulation d'une assistance technique

## Introduction au chapitre 8

L'analyse de l'activité des Techniciens Hot Line, sous la forme de Protocole d'Assistance Technique, a permis de mettre en évidence vingt-sept situations dans lesquelles l'avion repart sans qu'une action corrective immédiate de maintenance n'ait été mise en œuvre. Ces situations particulières sont significatives d'un arbitrage en faveur de la production. Cette première étude a fait l'objet de trois hypothèses de recherche dont une a été validée (hypothèse N°2) et deux partiellement (hypothèse N°1 et N°3). Devant le faible taux d'occurrence de ces situations particulières d'assistance, de la variabilité des défauts se produisant sur des avions et des aéroports différents et traités par un des quatorze THL, il est difficile de définir un modèle générique des conditions qui conduisent à une Décision d'Arbitrage. Le recours à la simulation sous forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité (ESCA) permet d'accentuer certains caractères des situations naturelles en contrôlant et fixant les variables indépendantes (contraintes). L'usage d'un questionnaire peut permettre d'évaluer le poids des contraintes identifiées.

Le chapitre 8 est articulé autour de deux sections principales. La première est consacrée aux simulations. Elle traite du scénario, de l'analyse macro et micro et présente les principaux résultats commentés et analysés. La deuxième section aborde l'évaluation des contraintes sous la forme d'un questionnaire. La construction et l'analyse de ce questionnaire ainsi que les résultats seront présentés et commentés.

## 8.1 La simulation : les Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité

### 8.1.1 Objectifs de la simulation et hypothèses de recherche

La simulation d'assistance technique sous forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité (ESCA) vise à répondre à quatre objectifs. 1. Comprendre les mécanismes de la Décision d'Arbitrage ; 2. Appréhender les rapports et l'interaction entre le CDB et le

THL lors de ces situations particulières ; 3. Identifier les facteurs pris en compte par les THL pour arbitrer entre sécurité et production ; 4. Placer les THL qui vont arbitrer en faveur de la sécurité, dans une situation particulière de négociation au cours de laquelle le CDB va les solliciter pour poursuivre les vols, mais sans trop insister.

Afin de répondre à ces quatre objectifs, une étude empirique a été menée, basée sur quatre nouvelles hypothèses de recherche.

**Hypothèse de recherche N°4.**

*« Les traces de l'activité des THL montrent que dans certaines situations particulières l'exploitation de l'avion est maintenue avec un défaut NOGO identifié et non soldé immédiatement. Compte-tenu de la variabilité du niveau d'expertise des THL (tout particulièrement de l'ancienneté au MCC) et de la sévérité des pannes, on peut donc légitimement s'attendre que dans une situation particulière traitée par chaque THL, que certains THL vont arbitrer entre décider de stopper l'exploitation de l'avion (sécurité) et de poursuivre l'exploitation de l'avion avec un défaut NOGO (production) ».*

**Hypothèse de recherche N°5.**

*« Compte tenu de la variabilité des buts individuels de chaque THL et de chaque CDB, l'objet de l'accord est fonction de la nature du défaut. Ceci sous-entend que les THL procèdent à une évaluation des risques basée sur leurs connaissances techniques et savoir-faire ».*

**Hypothèse de recherche N°6.**

*« Ces situations particulières entraînent un jugement de sacrifice : le THL et le CDB essaient de satisfaire à l'objectif de production (maintenir le vol) au détriment de la sécurité (maintenir la performance) ».*

**Hypothèse de recherche N°7.**

*« La décision de poursuivre les vols d'un avion avec un défaut identifié sans action de maintenance, ne peut résulter que d'une négociation entre le CDB et le THL ».* Le champ réglementaire du maintien de la navigabilité partage cette responsabilité entre le CDB et l'organisme de maintien de la navigabilité, et par délégation le THL. Le fait qu'une des deux parties ne soit pas d'accord, se traduit automatiquement par le statut prescrit NOGO de l'avion. Les situations dans lesquelles le CDB, en ayant averti le THL, poursuivrait ses vols sans l'accord du THL, sont assimilées à des violations et sont exclues du champ de la recherche.

## 8.1.2 Méthode d'élaboration du scénario

### 8.1.2.1 Critères de choix du scénario

Afin de répondre aux objectifs fixés pour les ESCA, quatre critères ont été retenus afin de choisir la situation empirique servant de support au scénario. 1. Validité écologique de la simulation : la situation d'assistance technique simulée doit être construite à partir d'une situation naturelle facilement « traitable » par les THL ; 2. Ambiguïté de la plainte : la nature du défaut ne doit pas conduire de façon certaine à ce que le THL prenne la décision d'arrêter l'avion (i.e. perte d'un moteur) et qu'il ne puisse pas différer le défaut en appliquant une règle (MEL). Cette ambiguïté doit ouvrir un espace à l'expression de la « sécurité gérée » ; 3. Dynamique asynchrone temporelle de la situation : le temps du traitement du défaut (acheminement logistique et dépannage) doit être supérieur au temps du transit de l'avion. Mais, la durée de transit doit être suffisante pour ouvrir le champ des possibles dans le traitement de la panne par le THL ; 4. Ouverture : la négociation de différer le traitement du défaut n'est possible que si la plainte est orale (non notée au TLB) et de sorte que le THL ait la possibilité d'ouvrir une négociation avec le CDB sur la poursuite des vols.

### 8.1.2.2 Construction du scénario

Le scénario a été élaboré à partir des quatre critères de choix. Sa construction s'est fait progressivement en cinq étapes : 1. Choix d'une situation écologique de base ; 2. Modélisation de la Décision d'Arbitrage ; 3. Identification et intégration des variables indépendantes (contraintes) aux scénarios ; 4. Choix des indices de caractérisation de la volonté du CDB de poursuivre les vols ; 5. Ecriture du scénario.

#### 8.1.2.2.1 Choix de la situation écologique de base

La consultation du cahier de consignes des THL a permis de sélectionner plusieurs situations d'assistance technique qui présentaient les caractéristiques recherchées. Ensuite, elles ont fait l'objet d'un codage en Protocole d'Assistance Technique et ont été analysées. Le choix s'est porté sur une situation particulière présentant toutes les caractéristiques recherchées. Quatre mois plus tôt, une assistance technique d'un défaut d'alti-secours a donné lieu à la poursuite des vols (malgré le statut NOGO de l'avion) avec un traitement de la panne au night stop. L'équipement en panne n'impactait pas et ne dégradait pas le fonctionnement normal de l'avion. En tant qu'équipement secours, l'alti-secours n'est utilisé que lorsque les deux alti-secours principaux sont en panne. Mais en tant qu'équipement secours, il doit être opérant

pour pallier tous défauts des équipements normaux. Ainsi, il n'est pas possible d'appliquer la règle de la MEL pour un alti-secours. Ce cas concret présente toutes les caractéristiques d'une situation naturelle écologique facilement traitable par les THL, qui n'offre que deux états finaux possibles : la poursuite des vols (production) ou l'arrêt des vols (sécurité).

En vue d'accentuer les caractéristiques de la panne, la décision a été prise de la rendre non permanente : les effets de la panne devaient se manifester à des moments précis du vol (900 ft en montée et en descente) et ensuite il fonctionnait correctement. L'objectif de ces effets était d'ouvrir le champ des possibles (« sécurité gérée ») pour le THL dans sa décision de le laisser poursuivre les vols sans traiter immédiatement le défaut.

#### 8.1.2.2.2 Modélisation de la Décision d'Arbitrage

A partir du modèle d'activité établi à partir du pré-diagnostic (Figure 25), une modélisation théorique de la Décision d'Arbitrage a été réalisée afin de structurer la simulation (Figure 30). Ce modèle présente trois composantes : 1. Un état initial ; 2. Une assistance technique ; 3. Un état final.

1. L'état initial. Il est marqué par une situation, des buts et des contraintes. La situation concerne un défaut mineur qui n'a pas été noté au TLB par le CDB. Le THL et le CDB partagent un but commun ; celui d'assurer l'exploitation sûre de l'avion conformément aux règles de navigabilité et celles fixées par l'entreprise de transport aérien. Mais ils ont des buts individuels liés à leurs environnements professionnel et personnel. Pour le THL c'est par exemple satisfaire à des objectifs de performance technique. Pour le CDB c'est par exemple revenir à sa base pour rentrer à la maison en fin de d'activité de vols. Ces buts individuels du THL ou du CDB peuvent se traduire par le but de poursuivre l'exploitation. L'exploitation de l'avion est soumise à un ensemble de contraintes (i.e. moyens, procédures, objectifs et temporelles). Pour le THL, elles sont liées à la gestion du dépannage (ressources humaines, approvisionnement, acheminement des rechanges, etc.). Quant au CDB, elles concernent la gestion du vol (passagers, créneaux, limitations d'emploi, etc.).

2. L'assistance technique. Dans ce contexte, une assistance technique va donner lieu à un processus de résolution de problèmes entre le CDB et le THL, dans un cadre réglementaire contraint (ultra réglé).

3. L'état final. Il va se traduire par un accord ou désaccord sur le but individuel de poursuivre les vols. La Décision d'Arbitrage (DA) peut conduire à deux situations. La première est de poursuivre l'exploitation d'un avion avec un défaut dont le statut prescrit est NOGO. Cette décision assume une certaine prise de risque pour la sécurité, du fait de l'incertitude sur

l'évolution d'un défaut sans gravité. La deuxième est l'arrêt de l'exploitation de l'avion pour traiter le défaut. Cette décision pénalise la compagnie pour un défaut véniel.

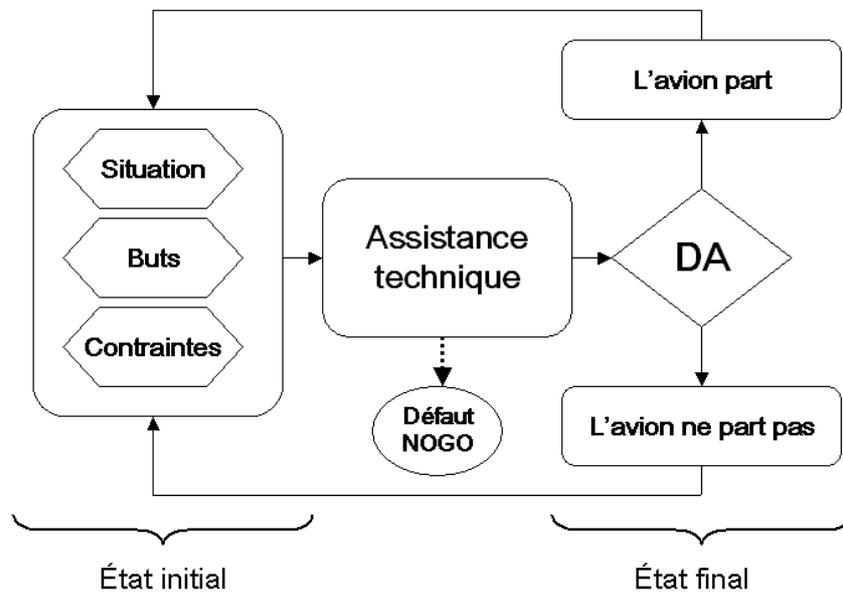


Figure 30. Modèle théorique de la Décision d'Arbitrage d'un défaut NOGO

#### 8.1.2.2.3 Les variables indépendantes : le choix des contraintes

L'identification et le choix des variables indépendantes ont été réalisés à partir du modèle « Les contraintes de l'assistance technique » (Figure 24). Le choix des variables indépendantes s'est axé autour des contraintes liées à l'environnement (l'aéroport), du défaut (type) et du CDB (objectifs).

La contrainte « aéroport » a été choisie parce qu'elle est liée aux contraintes sur les moyens et temporelles. Sur l'aéroport de Nantes, l'avion est isolé sur une base secondaire de maintenance, sans possibilité de le remplacer par un autre avion. Cet aéroport dispose d'un stock minimal de pièces de rechange et de TEL pour une action de maintenance. L'avion a un temps de transit (day stop) relativement long permettant ainsi d'ouvrir les champs des possibles. L'avion est en day stop (4H30) pour une durée inférieure au temps d'acheminement des rechanges (7H00). Cette contrainte temporelle ne peut être identifiée par le THL qu'après un diagnostic des différentes solutions possibles d'acheminement avec le magasinier. Ce fait rend incertain pour le THL la possibilité de traiter l'avion pendant le day stop et participe à n'avoir que deux situations possibles : traiter l'avion immédiatement ou différer le traitement du défaut en laissant l'avion repartir. Les différents scénarii d'acheminement de l'approvisionnement ont été construits à partir de la situation réelle choisie, du positionnement des rechanges et des moyens de transport terrestre ou aérien. Ces scénarii sont

le fruit de la coopération étroite entre le chercheur et le service logistique.

La contrainte « Défaut » a été identifiée lors de la recherche d'une situation écologique de base : défaut NOGO non permanent d'un alti-secours.

La contrainte « CDB » détermine l'objectif de ce dernier de vouloir poursuivre les vols avec un défaut signalé.

Six variables indépendantes ont été retenues parmi ces trois contraintes.

<b>Variables indépendantes</b>	
Moyens	<i>Technicien Entretien en Ligne disponible</i> <i>Pièce de rechange non disponible sur l'aéroport</i> <i>Pas d'avion de remplacement sur l'aéroport</i> <i>Pas de possibilité de réacheminement des passagers</i>
Objectifs	<i>Commandant de Bord veut poursuivre les vols et donc n'inscrit pas le défaut au Technical Log Book</i>
Défaut	<i>Alti-secours : défaut NOGO sans possibilité d'appliquer la règle de dérogation de la Minimum Equipment List</i>

*Tableau 15. Variables indépendantes de la simulation d'activité*

#### 8.1.2.2.4 Indices de caractérisation de la poursuite des vols

En vue de répondre au critère de choix d'« Ouverture » du scénario, deux indices de caractérisation du but du CDB de poursuivre les vols ont été définis : 1. La plainte était orale et le CDB l'exprimait en précisant « *je n'ai rien noté au TLB* » ; 2. Pour le CDB, le défaut n'avait pas de conséquences sur la conduite du vol. Et il l'exprimait en disant « *moi cela ne me dérange pas* » ou « *moi je le trouve pas chiant* ».

Lorsque le CDB dit « *Je n'ai rien noté au TLB* » il ne communique non pas seulement le fait qu'il n'a pas écrit la plainte au TLB ; il laisse entendre que l'avion est toujours conforme pour lui à la navigabilité et surtout qu'il est ouvert à la négociation sur la poursuite des vols. Egalement, lorsque celui-ci dit « *moi cela ne me dérange pas* », il communique que la panne ne le dérange pas pour la conduite des vols mais aussi qu'il est ouvert à la négociation pour la poursuite des vols. Ces indices ont toujours été donnés par le CDB au THL lors du premier échange dans l'intention de constituer une proposition subjective de poursuivre les vols.

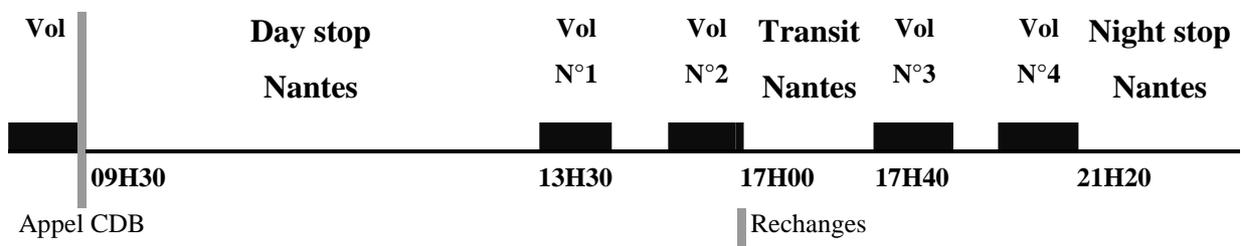
Lors des simulations d'assistance technique, si un THL décidait d'arrêter les vols pour traiter immédiatement le défaut, le CDB devait argumenter son désir de poursuivre les vols,

simplement en réitérant ces indices, mais sans trop insister.

#### 8.1.2.2.5 Le scénario : le défaut d'un alti-secours à Nantes

Le lundi à 09H30, le CDB du vol Marseilles-Nantes contacte la Hot Line pour signaler que son alti-secours accroche aux alentours de 900ft. Il a déjà eu le problème sur le premier vol du matin le Nantes- Marseille.

Le scénario peut être matérialisé sous la forme d'une échelle linéaire temporelle, où apparaissent les différents temps de l'avion et celui de l'arrivée des rechanges (alti-secours et outillages nécessaires). Sur cette échelle sont matérialisés les vols numérotés de 1 à 4 et les trois phases d'arrêts prévues lors de l'exploitation de l'avion sur l'escale considérée (Nantes) : day stop (de 09H30 à 13H30), transit (de 17H00 à 17H40) et night stop (à partir de 21H20).



#### 8.1.2.2.6 Le scénario, la Décision d'Arbitrage et les conséquences

A partir du scénario élaboré, trois Décisions d'Arbitrages possibles ont été identifiées. Ces décisions ont des conséquences sur la production ou présentent des risques pour la sécurité des vols. Le tableau 16 propose de mettre en regard la Décision d'Arbitrage prise par le THL, le temps de traitement du défaut, le risque pour la sécurité des vols et les conséquences sur la production. Par exemple, la Décision d'Arbitrage d'arrêter immédiatement l'avion pour traiter le défaut ne présente aucun risque pour la sécurité des vols. Mais la performance économique est dégradée : les deux premiers vols vont être annulés et 197 passagers ne vont pas être transportés. Les deux autres solutions d'arbitrage sont des compromis entre productivité et sécurité.

Décisions d'Arbitrage THL	Temps traitement avion	Risque sécurité sur les vols	Risques commerciaux
Arrêter production	Immédiat	Sans	2 vols annulés (N°1 et N°2) Perte de 197 passagers
Poursuivre production L'avion part	Transit	Vols N°1 et N°2	Pas de vol annulé mais retard sur les vols N°3 et N°4
Poursuivre production L'avion part	Night stop	Vols N°1, N°2, N°3 et N°4	Sans

Tableau 16. Les Décisions d'Arbitrage possibles, le traitement du défaut et les risques

Le risque pour la sécurité des vols (incident ou accident) lié au défaut de l'alti-secours, augmente avec le nombre de vols effectués par l'avion et devient maximum lorsque la décision est prise de le traiter lors du night stop. Ainsi, plus le traitement du défaut est différé plus le risque pris sur la sécurité est important. Dans le contexte de cette simulation, traiter le défaut au night stop représente un risque plus important que de le traiter au transit. La décision d'arrêter l'exploitation de l'avion est celle qui ne fait courir aucun risque pour la sécurité. Mais les risques commerciaux sur la production sont inversement proportionnels. Le fait d'arrêter immédiatement l'avion pour traiter le défaut conduit à l'annulation de deux vols et par conséquent la perte de cent quatre-vingt dix-sept passagers. La Décision d'Arbitrage de traiter l'avion au night stop n'a pas de conséquence sur la production. Le risque pour le THL et le CDB au niveau réglementaire est le même dès que l'on décide de laisser partir un avion avec un défaut NOGO.

#### 8.1.2.3 Méthode de recueil des données : les variables dépendantes

L'ensemble des ESCA a fait l'objet d'enregistrements audio et de prise de note papier / crayon par le chercheur. La prise de note, sur la feuille de recueil de données, avait pour objectif de récupérer des données non verbalisées par le THL, comme les variables dépendantes identifiées, la consultation et la lecture de documentation (i.e. la MEL).

Pour répondre aux quatre hypothèses émises, quatre variables dépendantes à récupérer ont été identifiées.

<b>Variables dépendantes</b>
Statut de l'avion (part ou ne part pas) en fonction des THL et des classes de THL
Les THL et les contraintes sur les objectifs, les procédures et les moyens
Les THL et le jugement de sacrifice
La négociation entre le THL et le CDB

*Tableau 17. Variables dépendantes de la simulation d'activité*

#### 8.1.3 Méthode d'analyse des Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité

L'analyse des ESCA a constitué en une transcription des dialogues enregistrés qui ont été ensuite codés et analysés à deux niveaux : macro et micro. L'analyse macro (structure de l'ESCA) visait à répondre aux hypothèses de recherche N°4, N°5 et N°6 par l'étude des mécanismes de construction de la Décision d'Arbitrage. L'analyse micro (moment dialogique

d'interaction entre le CDB et le THL) s'intéressait à l'hypothèse de recherche N°7 par l'étude du processus de négociation et de l'objet de la négociation.

#### 8.1.3.1 L'analyse macro

L'analyse macro s'est appuyée sur un processus en cinq étapes.

##### Etape N°1. Transcription du corpus verbal

Dans un premier temps les données écrites ont été transcrites littéralement dans un tableau EXCEL. La transcription des échanges verbaux en écrits a fait l'objet de conventions : les points (.) (...) indiquent des pauses de durée variables et les segments entre chevrons (<>) indiquent des coupures dans le discours du locuteur par l'interlocuteur. Puis les données ont été découpées en deux structures (Echange et Verbalisation/Tâche) et repérées à l'aide d'un code couleur afin de faciliter l'identification. Dans un second temps, chaque structure Echange a fait l'objet d'un découpage en dialogue. La terminologie suivante a été adoptée : un dialogue est composé de « n » interventions successives entre un locuteur et un interlocuteur ayant pour sujet un même objet (Falzon & Darses, 1992).

Ensuite, à l'intérieur des dialogues, les connecteurs interactifs ont été identifiés et marqués en gras. On peut considérer quatre catégories de connecteurs interactifs :

- Les *connecteurs argumentatifs* marquent, sur le constituant subordonné, la relation d'argument à l'acte directeur. (*car, parce que, en effet, etc.*)
- Les *connecteurs consécutifs* marquent, sur l'acte directeur, une relation avec un argument. (*donc, par conséquent, aussi, etc.*)
- Les *connecteurs contre-argumentatifs* marquent une relation de contre-argument à l'acte directeur. (*bien que, mais, quand même, etc.*)
- Les *connecteurs réévaluatifs* marquent la subordination rétroactive d'une intervention présentée d'abord comme indépendante à un nouvel acte directeur. ( *finalement, au fond, en fait, etc.*)

Les débuts de chaque structure et de chaque dialogue ont été repérés temporellement permettant de la sorte de déterminer la durée des structures et surtout des échanges.

Un exemple complet de transcription, appliqué à l'ESCA N°1 est présenté en Annexe 1.

##### Etape N°2. Codage des activités élémentaires en prédicats-arguments

Dans le champ de l'ergonomie, les activités ont été codées en s'appuyant sur la méthodologie proposée par Falzon et Darses (1992). Le codage mis en œuvre dans cette recherche utilise

une forme prédicats-arguments, où les prédicats sont des *actions* (i.e. *informer, générer, critiquer*) et où les arguments sont les *objets* sur lesquels portent l'action (i.e. *objet du domaine, procédure ou règle du domaine, donnée du problème, solution, objectif et focus*) et la *forme* de l'énoncé (i.e. *assertion, requête*). La transposition de cette méthode de codage, au besoin de l'étude, s'est faite en cinq phases.

Phase 1. Identification et codage en « *Actions* » des trois étapes d'une assistance technique.

Les actions ont été déterminées à partir du modèle de théorie de la Décision d'Arbitrage d'un défaut NOGO (Figure 25) qui définit trois étapes lors d'une résolution de problème (Hoc & Amalberti, 1994) : une étape de recherche et collecte d'informations sur le contexte (dialogue avec l'appelant) et la situation étudiée, une étape d'évaluation de la situation et une étape de « prises de décision et d'actions ». Dans un premier temps, un système de codage des actions a été établi à partir de trois verbes d'action : « *Elaborer, Diagnostiquer, Décider* ». Puis dans un second temps, ce codage a été appliqué aux données d'une simulation et a été enrichi par des verbes d'action lors d'aller-retour successifs. Pour terminer, ce codage a été appliqué à l'ensemble des ESCA et a été validé.

Phase 2. Identification et codage des quatre classes de « *Contraintes* ».

Les classes de contraintes ont été identifiées à partir du modèle des contraintes de l'assistance technique (Figure 24). Les quatre classes de « *Contraintes* » retenues sont : moyens, procédures, objectifs et temporelles.

Phase 3. Identification et codage des « *ObjetsNom* »

Les objets sur lesquels portent l'action et la contrainte ont été identifiés puis codés (i.e. Pièce est un objet dont le nom permettant de l'identifier précisément est « *alti-secours* »).

Phase 4. Définition des principes de codage.

Six principes de codage ont été retenus.

- Les débuts des Echanges sont repérés sous le codage *Action\_Qui\_Objet* ;
- Dans l'ensemble des structures les étapes de la résolution du problème sont identifiées sous la forme *Etape\_Contrainte\_ObjetNom* (Elaboration de l'information *Elab*, Diagnostic *Diag*, Prise de décision *Pdéci*) ;
- Les codages *Action\_Contrainte\_ObjetNom* n'apparaissent que s'ils sont pertinents pour différencier les stratégies de prise de Décision d'Arbitrage des THL ;
- Lorsque dans la structure Echange entre le CDB et le THL, on observe une répétition de l'Action « *Proposer* » ou « *Argumenter* », l'ensemble a été codé sous l'Action « *Négociier* ». Ce moment dialogique de négociation entre le CDB et le THL est l'objet du deuxième niveau d'analyse micro ;

- Les débuts des structures Verbalisations/Tâches sont repérés sous la forme *Etape\_Contrainte\_ObjetNom* ;
- Les formes de politesse (« *Bonjour, A plus tard...* ») ne sont pas codées.

L'Annexe 2 présente l'ensemble des codages retenus.

Le tableau ci-contre propose quelques exemples de codage *Action\_Contrainte\_ObjetNom* d'extrait de dialogue.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appel du CDB à la Hot Line : <b>Appel_THL_DefautAlti</b><br/><i>Oui Roger, c'est Pierre Alain je suis le CDB du Fokker</i></li> <li>• Transmission d'un argument sur une règle de navigabilité : <b>Argu_Procé_RègMEL</b><br/><i>Au niveau de la MEL ça c'est si on est rigoureux c'est NOGO</i></li> <li>• Génération de solution sur l'objectif : <b>Propo_Obj_ProdNightStop</b><br/><i>Si tu es d'accord de continuer comme ça avec le petit défaut au niveau de l'alti-secours</i></li> <li>• Evaluer le défaut : <b>Eval_Obj_DefautAlti</b><br/><i>Donc il a la standby alti qui accroche à 900 ft...</i></li> <li>• Décider la poursuite des vols en traitant le défaut au night stop :<br/><b>Deci_Obj_ProdNightStop</b><br/><i>Et ben on finira les vols ce soir et on programmera en temps masqué</i></li> </ul> |
|--|

Tableau 18. Exemple de Codage d'Activités Élémentaires

Phase 5. L'analyse.

Les codages des Activités Élémentaires de Décision d'Arbitrage ont été intégrés aux structures globales des ESCA dans un tableau EXCEL. Ces données ont été ensuite compilées dans deux autres tableaux ayant chacun un objectif afin de procéder à leurs analyses. Le tableau « Structure ESCA » avait pour objectif de permettre l'analyse de l'architecture des ESCA afin d'identifier les mécanismes qui conduisent un THL à une prise de Décision d'Arbitrage. Quant au tableau « Echanges et Verbalisations/Tâches », il avait pour objectif de modéliser l'enchaînement des structures des ESCA en vue de déterminer le processus d'assistance technique.

L'analyse macro a été appliquée en fonction du statut de l'avion à la fin de l'intervention technique et au regard des classes d'expertise des THL. Dans un premier temps, l'analyse a été conduite sur les ESCA dont le statut de l'avion était GO par classe d'expertise puis au niveau des quatre classes. Puis dans un second temps, les quatre ESCA dont le statut de l'avion était NOGO après l'assistance technique ont été examinées.

Un exemple de l'analyse de l'ESCA numéro 1 et des Jeunes Novices peut être trouvé dans respectivement dans les annexes 3 et 4.

### 8.1.3.2 L'analyse micro

L'analyse micro s'est appuyée sur un processus en quatre étapes.

Etape N°1. Choix de la méthode d'analyse.

Les dialogues relatifs à la négociation apparaissent lors des échanges entre le CDB et le THL. Il faut donc décrire de manière détaillée l'architecture conversationnelle générale de cette négociation, et ce à la fois au plan dialogique et au plan méthodologique (Fillettaz, 2005). Au niveau dialogique, le codage *Action\_Contrainte\_ObjetoNom* utilisé pour l'analyse macro, permet de détailler les moments dialogiques d'interaction. Quant au plan méthodologique, les principes de la négociation langagière offrent un cadre de structuration de la construction de la négociation d'une Décision d'Arbitrage.

Pour ce faire, les méthodes, définitions, outils et modèles ont été trouvés dans le champ de la linguistique. Dans cette étude, nous retiendrons la définition proposée par Roulet et al. (1985) qui définit que « toute négociation a sa source dans un problème qui donne lieu à une initiative du locuteur ; cette initiative appelle une réaction qui peut être favorable ou défavorable, de l'interlocuteur. Si elle est favorable, le locuteur peut clore la négociation en exprimant à son tour son accord. ». La modélisation de cette négociation s'est appuyée sur un schéma de négociation (Roulet et al., 1985 ; Roulet, 1992). Ce schéma de négociation fonctionne comme un processus récursif et dynamique qui suit globalement trois étapes (Fillettaz, 2005) : a) L'énonciation d'une proposition (PR), b) L'énonciation d'une réaction (RE), c) L'énonciation d'une ratification (RA). Lorsque la négociation aboutie et est clôturée par un double accord, elle est qualifiée de complétude interactionnelle.

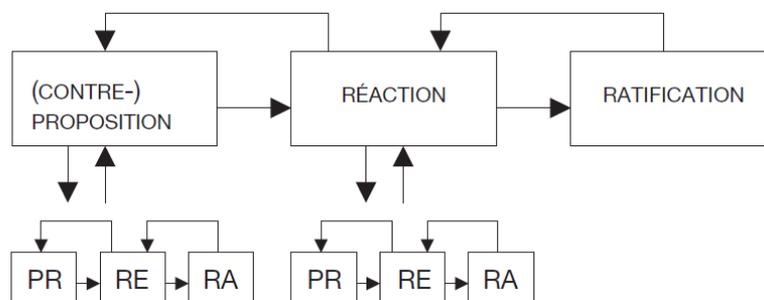
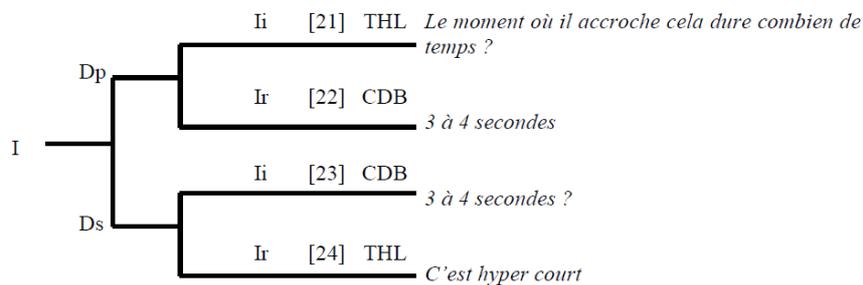


Figure 31. Schéma de la négociation langagière selon Roulet et al. (1985)

## Etape N°2. Découpage des dialogues en intervention

Les dialogues ont été découpés en intervention en référence à la théorie des actes de langages. L'initiateur de cette théorie est le philosophe britannique Austin (1962), qui a été développée par Searle dans deux ouvrages (*Les Actes de Langage*, 1972 ; *Sens et expression*, 1982). Les dialogues sont constitués par n série de deux interventions (I) : l'une avec une fonction initiative (Ii) et l'autre avec une fonction réactive (Ir). Un dialogue peut être subordonné à une intervention soit comme un dialogue principal (Dp) soit comme un dialogue subordonné (Ds). Exemple d'un découpage d'un dialogue de l'ESCA N°10 entre le CDB et le THL (AE) en phase de diagnostic du défaut.



## Etape N°3. Codage des « Actions » des interventions relatives à la négociation.

L'analyse macro des structures des ESCA et tout particulièrement celles des échanges entre le CDB et le THL a nécessité de recourir au codage négociation générique (*Nego\_Obj\_ProdXX*) et de la sorte tronquer volontairement l'analyse des interventions relatives à la négociation. Afin de procéder à l'analyse micro de la négociation entre le CDB et le THL, les interventions ont été codées. Les actions relatives à la négociation ont été identifiées puis codées à partir des trois étapes de la négociation langagières en prédicats- arguments.

Les codages retenus sont présentés dans l'annexe 2.

## Etape N°4. Analyse des négociations.

L'analyse de l'ensemble des moments dialogiques d'interaction entre le THL et le CDB a été effectuée à partir du tableau « Structure/Conversationnelle » développé par Fillettaz (2005) qui permet de modéliser la structure hiérarchique de la négociation. Et ceci afin de caractériser l'architecture de la négociation, dans le triple but de : 1. Modéliser les mécanismes et les conditions de succès (poursuite des vols) ou d'échec (arrêt des vols) ; 2. Déterminer l'objet de la négociation (poursuite des vols jusqu'au transit ou au night stop) ; 3. Comprendre comment l'objectif individuel ou collectif de production peut agir sur le déroulement normal de l'activité (poursuivre l'exploitation d'un avion en situation de NOGO).

Un exemple complet d'application de la méthode appliquée à l'ESCA N°1 peut être trouvée dans l'annexe 5.

#### 8.1.4 Déroulement des ESCA

Tous les ESCA se sont déroulées dans une salle de réunion implantée dans le MCC, dans le but de garder les THL dans leur environnement, mais pas sur leur poste de travail. Tous les techniciens MCC étaient en fonction THL et ont tous effectué la même tâche d'assistance technique dans les mêmes conditions. Le chercheur simulait l'ensemble des acteurs possibles de la simulation.

Les ESCA se sont déroulés selon un protocole expérimental établi.

Lors de la préparation à la simulation (phase préparatoire), le chercheur installait dans la salle tous les supports écrits et informatiques nécessaires à la simulation (documentations techniques constructeurs et compagnie, copie écran de l'ensemble des vols de la journée, copie vierge du cahier de consignes, situation approvisionnement, planning techniciens entretien en ligne Nantes, et un ordinateur portable relié au réseau).

Lors de la phase d'accueil et briefing du THL, le chercheur présentait le cadre de la recherche. Puis il demandait son accord pour enregistrer les entretiens selon des conditions de confidentialité. Ensuite il répondait aux éventuelles interrogations des techniciens et donnait trois consignes au THL : 1. Verbaliser à haute voix toutes les actions, réflexions, analyses, diagnostics, prises de décision et intentions ; 2. Demander les supports de documentation dont il a besoin au chercheur pour conduire son assistance technique qui les lui remettra. Le THL ne disposait au moment de l'appel du CDB que de la copie de l'écran NETLINE (situation naturelle de travail) ; 3. Le chercheur simulera (si besoin) tous les interlocuteurs que le THL souhaite contacter (CDB, magasinier, chef de quart CCO, technicien entretien en ligne, autres).

A l'issue des ESCA, le THL devra répondre à un questionnaire sur les contraintes identifiées.

De plus, pour standardiser les ESCA, un ensemble d'auto-consignes a été défini pour les rôles de magasinier (MAG) et de pilote (CDB) interprétés par le chercheur. En tant que MAG, le chercheur donnera des informations avec des références temporelles au THL, en lisant ou en récitant de mémoire le texte du scénario logistique et en introduisant des attitudes de réaction. Lors du premier contact, le chercheur « CDB » lira un texte de description de la panne, afin que chaque THL ait le même niveau d'information sur le défaut et donnera les

indices de poursuite des vols.

Extrait du texte d'appel du CDB « *Bonjour, ici Pierre ALAIN le commandant de bord du Fokker 100. Je suis à NTE et j'ai eu à deux reprises... euh... d'abord sur l'aller ce matin mon alti-secours qui accroche en montée aux alentours de 900 ft. Après cela semble correct, et il m'a refait çà toujours vers 900 ft sur le vol de retour. J'ai rien noté au TLB pour l'instant, tu vois ce que tu peux faire ? C'est moi qui fais encore un aller-retour cette après midi avec le F100* ».

En tant que CDB, le chercheur s'appuiera sur son expérience de navigant pour renseigner le THL sur le défaut de l'alti-secours. Lors des échanges avec le THL, le chercheur « CDB » s'en tiendra au but individuel fixé : poursuivre ses vols. Lorsque le THL décidera l'arrêt des vols, le chercheur « CDB » essaiera de négocier la poursuite des vols, sans trop insister, en répétant les indices de caractérisation de la poursuite des vols.

Les quatorze ESCA se sont déroulés du 20 janvier au 05 février 2010 et chaque ESCA a duré deux heures (préparation + briefing + ESCA+ questionnaire). Les données totales des enregistrements des ESCA représentent une durée totale de 155 minutes et 35 secondes (moyenne 11 minutes / mini 7,5 maxi 17,9) (Figure 32). Ces durées d'assistance reflètent la durée normale d'une assistance technique en terme de temps de communication (CDB et THL, MAG et THL) dont l'identification du défaut ne fait pas appel à une recherche de panne complexe et ne nécessite pas la transmission de données supplémentaires. De plus, pendant l'ESCA, la plupart des tâches ont été simulées et, de ce fait, ne sont pas représentatives de la durée réelle d'exécution d'une tâche (i.e. renseigner le logiciel de disponibilité des avions ne dure que 4 secondes lors de la simulation et prend environ trois minutes pour saisir les données dans le logiciel).

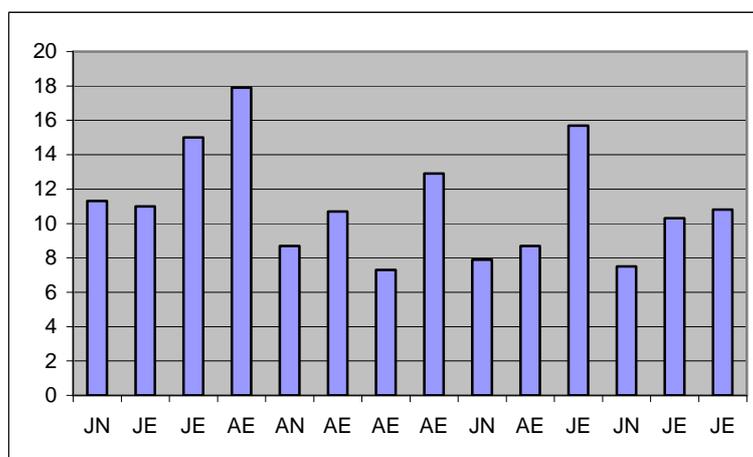


Figure 32. Histogramme classes d'expertise THL et durée de l'ESCA en minutes

## 8.1.5 Les résultats

### 8.1.5.1 Les Décisions d'Arbitrage en faveur de la performance

#### 8.1.5.1.1 Le traitement de l'avion : production ou sécurité ?

A partir des décisions prises lors de la simulation d'assistance technique, nous pouvons observer (Figure 33) une forte propension des THL à laisser repartir l'avion sans traiter immédiatement le défaut dont le statut réglementaire est non navigable. Cette tendance s'exprime sous la forme suivante :

- Dix THL décident la poursuite des vols avec un avion dont le statut est non navigable ;
- Quatre experts appartenant aux classes JE et AE décident d'arrêter les vols.

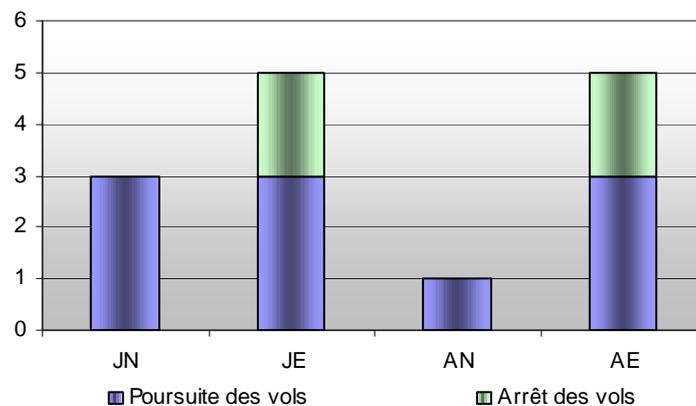


Figure 33. Histogramme classes d'expertise THL et décision prise

Nous pouvons constater qu'il n'y a pas de classes d'expertises où l'ensemble des THL décide d'arrêter l'exploitation de l'avion avec un défaut dont le statut réglementaire est non navigable. De plus, l'ensemble de la classe d'expertise Novices (les JN et le AN) laisse repartir l'avion dans ces conditions. On pouvait s'attendre à observer que les JN respectent scrupuleusement les règles écrites du fait de leur faible expérience (nombre de cas identiques rencontrés) ; ce ne fut pas le cas. Ils se sont comportés comme la majorité des Experts.

#### 8.1.5.1.2 Les effets de l'expérience : capacités à réagir, surveiller et anticiper

Sur les dix THL qui laissent repartir l'avion, nous pouvons remarquer (Figure 34) que la majorité des THL (6 sur 10) décident de traiter le défaut lors du night stop. Mais sur ces six THL, cinq Experts (trois AE et deux JE) mettent en œuvre une stratégie identique dans le suivi et l'organisation temporelle du traitement du défaut. Ils planifient le remplacement de l'alti-secours lors du night stop mais, en parallèle, anticipent le remplacement de l'équipement au transit. L'intervention technique est mise en œuvre uniquement si une dégradation du

défaut est observée et reportée par le CDB (réagir et surveiller). Cette stratégie présente l'avantage de n'avoir aucun impact sur l'exploitation (remplacement de l'équipement de nuit au night stop) et de minimiser le retard sur les vols N°3 et N°4 au cas où le remplacement de l'alti-secours s'avérerait nécessaire (évolution du défaut). Cette stratégie a été mise en évidence en repérant le codage *Antici\_Obj\_ProdTransit* et n'est observée que pour la classe THL des Experts.

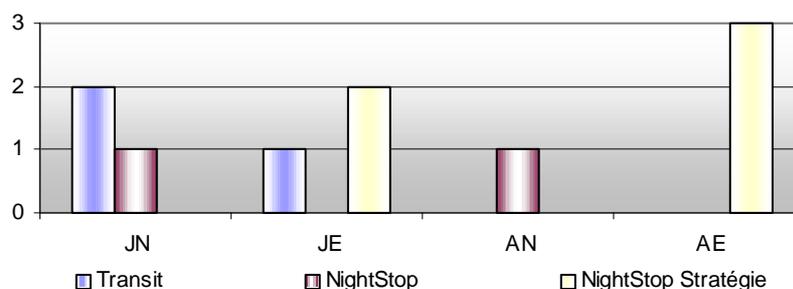


Figure 34. Histogramme classes d'expertise THL et temps de traitement du défaut

Aux trois solutions de décisions possibles envisagées lors de l'élaboration du scénario (Cf. Tableau 16), s'ajoute une quatrième décision adoptée par cinq THL : poursuivre l'exploitation en surveillant l'évolution du défaut et en ne remplaçant l'alti-secours au transit que si le défaut s'aggrave. Cette stratégie est une solution de compromis entre le risque sécurité et les risques commerciaux. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des Décisions d'Arbitrage possibles pour cette situation particulière.

THL	Décisions d'Arbitrage	Temps traitement avion	Risque sécurité sur les vols	Risques commerciaux
JE2 JE11 AE4 AE8	Arrêter production	Immédiat	Sans	2 vols annulés (N°1 et N°2) Perte de 197 passagers (≈ 6000 euros)
JN1 JN9 JE3	Poursuivre production L'avion part	Transit	Vols N°1 et N°2	Pas de vol annulé mais retard sur les vols N°3 et N°4
JE13 JE14 AE6 AE7 AE10	Poursuivre production en surveillant et anticipant L'avion part	Night stop sauf si défaut évolue au Transit	Vols N°1, N°2, N°3 et N°4 Ou Vols N°1 et N°2	Sans ou Pas de vol annulé mais retard sur les vols N°3 et N°4
JN12 AN5	Poursuivre production L'avion part	Night stop	Vols N°1, N°2, N°3 et N°4	Sans

Tableau 19. Les quatre Décisions d'Arbitrage, le traitement du défaut et les risques

On peut également remarquer sur la Figure 34, que deux novices (un JN et le AN) décident de procéder à l'échange standard de l'alti-secours lors du night stop. Ces deux novices se comportent de la même façon et présentent des parcours professionnels similaires : Novice en tant que THL (< 5 ans) mais un nombre d'années important en tant que technicien entretien en ligne. Cette expérience pratique du dépannage des avions en escale et du contact direct avec les pilotes sur avion pourrait renforcer l'expertise d'un THL.

Pour terminer, trois THL (2 JN et 1 JE) adoptent une solution intermédiaire en décidant la poursuite des vols N°1 et N°2. La production est maintenue et le défaut est traité à l'issue de ces deux vols. Cette solution n'est appliquée que par la classe d'expertise Jeune. Les JN n'ont pas assez d'expérience pour mettre en place une stratégie de surveillance du défaut accompagnée d'anticipation dans son échange standard. Ils mettent en œuvre la solution qui est la plus acceptable pour eux : poursuivre l'exploitation de l'avion et traiter le défaut au transit ou au night stop.

#### 8.1.5.2 Les Techniciens Hot Line et les contraintes

A partir du modèle des contraintes de la l'assistance technique (Figure 24), trois contraintes ont été retenues pour l'analyse : 1. La production ; 2. Les règles ; 3. La sécurité. La contrainte temporelle n'a pas été intégrée, car elle n'était qu'une variable destinée à la dynamique du scénario afin d'ouvrir les champs des possibles.

##### 1. Les THL et maintenir la production : trouver une solution pour transporter les passagers.

Cinq THL (JN1, JN12, JE2, JE3 et AE4) essaient de maintenir la production en recherchant une solution d'affrètement (avion d'une autre compagnie) ou d'utiliser un avion de remplacement (spare) de la compagnie. Cette recherche de moyens pour maintenir la production est conduite seulement par environ un tiers des THL. L'arbitrage en faveur de la production ou de l'arrêt de la production n'est donc réalisé qu'après avoir recherché toutes les solutions possibles pour transporter les passagers. Le fait que les autres THL n'ont pas recherché d'autres solutions de réacheminement ne signifie pas qu'ils n'intègrent pas cette contrainte. On pourrait raisonnablement penser que les huit Experts avaient déjà identifié que sur cet aéroport il n'existe pas de solution de réacheminement des passagers.

##### 2. Les THL et les règles : suivre ou ne pas suivre le prescrit.

Lors de l'assistance technique, les THL doivent respecter deux règles de navigabilité : la MEL pour différer un défaut et le TLB pour mentionner un défaut.

Le tableau ci-dessous présente l'usage de la MEL par les THL en fonction de la Décision d'Arbitrage prise.

Décision d'Arbitrage	MEL			Règle inconnue
	Consulter	Pas consulter	Evoquer	Evoquer
L'avion part	3	3	2	2
L'avion ne part pas	3	1	0	0

Tableau 20. Décision d'Arbitrage des THL et utilisation de la MEL

Les THL n'ont pas tous le même rapport avec la MEL. Six THL la consultent (Tableau 20). Après lecture (consulter) de la MEL, trois THL décident de stopper l'avion et trois THL laissent repartir l'avion en sachant que le statut prescrit de l'avion est NOGO. Deux THL experts qui font référence (évoquer) à la MEL sans la consulter laissent eux aussi repartir l'avion. Quatre THL ne la consultent pas et n'y font pas référence. Malgré cela, trois d'entre eux décident de la poursuite des vols. Le fait de ne pas consulter la MEL ou simplement de l'évoquer n'est pas conforme à l'activité prescrite d'assistance technique. L'identification du statut prescrit du défaut passe par la consultation de la MEL. Il est donc important de savoir si ces THL avaient identifié au cours de la simulation le statut prescrit du défaut. Deux THL s'appuient sur des règles, non identifiées, afin d'arbitrer pour la poursuite des vols. Ces règles utilisées doivent être identifiées.

Trois THL ont eu recours à une règle opérationnelle, les conditions météorologiques d'exploitation d'un avion, lors de leur arbitrage en faveur de l'arrêt des vols. Trois THL, qui ont arbitré en faveur de la sécurité, se sont renseignés auprès du CDB de la situation météorologique sur les aéroports de départ et d'arrivé. Ceci traduit l'intégration dans leur évaluation des risques du facteur météorologique. Si les conditions météorologiques sont « bonnes » (visibilité horizontale et verticale), alors l'alti-secours semble moins nécessaire.

Trois THL demandent au CDB de remplir le TLB après avoir pris leur décision d'arrêter l'exploitation de l'avion. Le fait de noter le défaut au TLB met fin à toute négociation sur la poursuite des vols. Les THL utilisent cette règle pour bloquer l'avion. Ce dernier n'étant plus navigable une intervention de maintenance est donc obligatoire.

3. Les THL et la sécurité : argumenter en faveur de l'arrêt des vols.

Lors des ESCA cinq Experts (3 JE et 2 AE) ont argumenté en faveur de la sécurité. Le fait d'apporter des arguments en faveur de la sécurité s'est traduit par l'arrêt des vols dans quatre ESCA. Malgré des arguments sécurité, le JE3 a arbitré en faveur de la production (traitement du défaut au transit). Au cours des ESCA, neuf THL ont évoqué l'arrêt de la production.

Pourtant, cinq ont décidé de la poursuite des vols et quatre Experts ont décidé de traiter immédiatement le défaut.

### 8.1.5.3 La modélisation de la Décision d'Arbitrage

#### 8.1.5.3.1 La Décision d'Arbitrage en faveur de la poursuite des vols

La modélisation du processus (Figure 35) qui conduit à arbitrer en faveur de la poursuite des vols a été réalisée en mettant en relation le contexte (situation, but et contraintes) et les trois étapes de la résolution de problème (élaboration de l'information, diagnostic et prise de décision).

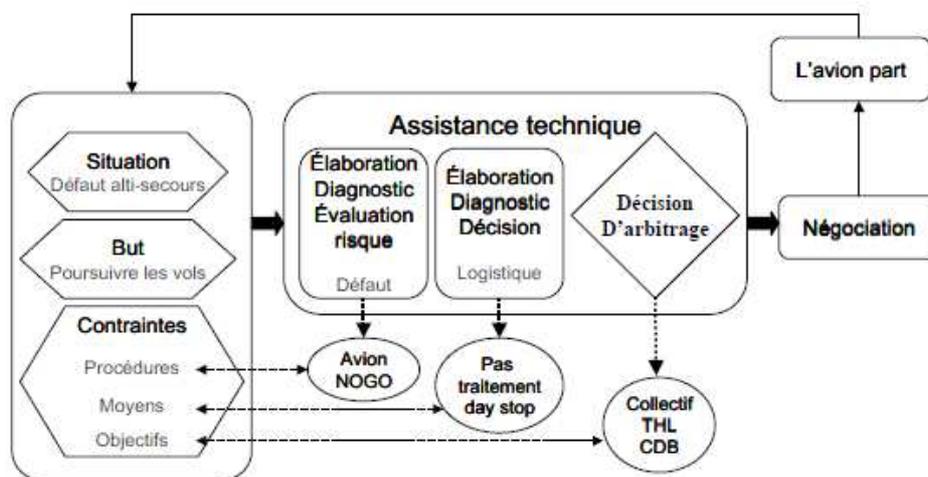


Figure 35. Processus de Décision d'Arbitrage en faveur de la production

Après la transmission par le CDB des symptômes du défaut et des indices sur son objectif de poursuivre les vols, les THL élaborent de l'information concernant le défaut de l'alti-secours et parfois rappellent les indices du CDB. Ensuite, les THL effectuent ou non le diagnostic de l'état prescrit du défaut (consultation de la MEL). Cette phase de diagnostic consiste également en une évaluation des risques qui est conduite soit par le THL ou avec le CDB (« JE3 : bien sur si tu vois qu'il y a le moindre doute sur la sécurité on ne le fait pas. »). Puis le THL cherche à déterminer si le défaut peut être traité pendant le day stop. Pour ce faire, il élabore des données logistiques sur l'alti-secours (seul ou avec le magasinier), puis il le contacte. Cette phase de diagnostic logistique donne toujours lieu à la prise de décision sur la solution d'acheminement la plus rapide de l'ensemble du matériel. Cette étape est importante car elle révèle l'impossibilité de traiter le défaut pendant le day stop (le matériel ne pouvant arriver avant le départ du vol N°1) et de la sorte, les vols N°1 et N°2 vont être annulés. A

partir de ce constat, la Décision d'Arbitrage est construite différemment : les trois JN décident de s'appuyer sur le collectif, deux JE choisissent de voir avec le CDB et cinq THL (un JE, le AN et trois AE) décident seuls. Ensuite ils rappellent le CDB afin de négocier la poursuite des vols. Après ratification de l'accord de poursuivre les vols, les THL gèrent le dépannage avec le technicien entretien en ligne et le magasinier, puis matérialise le dépannage dans le logiciel de suivi des avions.

#### 8.1.5.3.2 La Décision d'Arbitrage en faveur de la sécurité

La modélisation du processus (Figure 36) qui conduit à arbitrer en faveur de la sécurité a été effectuée selon la même méthode que pour celle de maintenir la production.

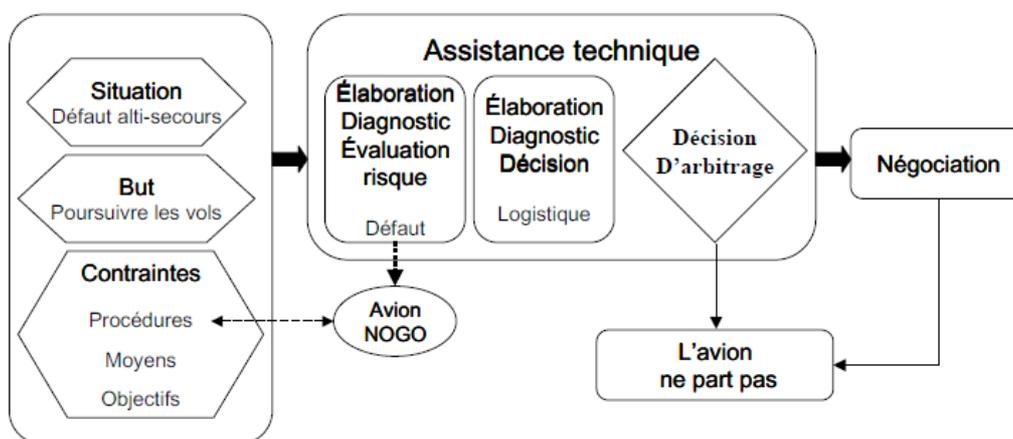


Figure 36. Processus de Décision d'Arbitrage en faveur de la sécurité

Sur les quatre ESCA, la simulation du JE12 révèle une structure de construction identique à une Décision d'Arbitrage en faveur de la poursuite des vols dont la négociation a échoué. Pour les trois autres THL, la structure de la prise de décision est identique. Après la transmission par le CDB des symptômes du défaut et des indices sur son objectif de poursuivre les vols, les THL élaborent de l'information concernant le défaut de l'alti-secours. Le JE11 et le AE8 intègrent les indices du CDB. Ensuite, les THL effectuent le diagnostic de l'état prescrit du défaut (consultation de la MEL) et constate que l'avion est en situation de NOGO. De ce fait, ils prennent la décision d'arrêter la production et de traiter immédiatement le défaut. En appliquant la règle, les THL n'ont pas besoin de procéder à une analyse du risque. Toutefois, ces experts utilisent des arguments en faveur de la sécurité des vols pour justifier leur décision (JE11 : « Ben le truc quand même c'est que là on a deux accroches, c'est un système secours.. Un système standby... Euh c'est un petit peu litigieux on n'est pas à la merci de... de se retrouver avec l'alti-secours qui se mette en botte quoi »). Le reste de la

simulation est alors consacré à l'organisation du dépannage : diagnostic logistique avec prise de décision sur le mode de transport le plus rapide permettant d'acheminer l'ensemble du matériel. Après avoir signifié à l'organisation que l'avion est en situation de NOGO, ces THL essaient de trouver des solutions pour acheminer les passagers (avion de remplacement ou affrètement d'un avion). Le rappel téléphonique du CDB par les THL donne lieu à une négociation de la part du CDB de poursuivre les vols qui échoue.

#### 8.1.5.4 Le jugement de sacrifice

Le scénario offrait deux solutions possibles : poursuivre la production ou stopper la production immédiatement pour traiter le défaut. Les THL étaient confrontés à un sacrifice : sécurité ou production. L'expression du sacrifice a été identifiée par la répétition de deux propositions de solutions, l'une en faveur de la sécurité, l'autre en faveur de la production. L'expression du jugement de sacrifice est visible dans les verbalisations des JN1, JE2 et le AN5.

La balance a penché du côté de la production pour les deux novices (JN1 et AN5), tandis que le JE2 a décidé de stopper la production. Le JN1 a exprimé ce jugement au magasinier. Le JE2 et le AN5 l'ont énoncé lors du deuxième appel au CDB. Le JE2 (Tableau 21) a accompagné ce jugement d'arguments et de contre-arguments en plaçant les passagers au cœur du dilemme.

Codage	Qui	Verbatims
Eval_Obj_DefaultAlti	JE2	<i>Sachant que l'on a deux solutions</i>
Propo_Obj_ProdStop	JE2	<i><b>soit</b> je plante l'avion de suite on remplace l'alti-secours de suite</i>
Argu_Obj_ProdStop	JE2	<i>cela serait une bonne chose ou...</i>
Coarg_Obj_ProdPAX	JE2	<i><b>et</b> on a des soucis pour réacheminer les PAX</i>
Argu_Obj_ProdPAX	JE2	<i><b>mais</b> les OPS ils vont s'arranger ou</i>
Propo_Obj_ProdTransit	JE2	<i><b>soit</b> c'est à toi de voir si tu veux faire un aller-retour</i>
Info_Obj_ProdRetard	JE2	<i><b>mais</b> c'est à savoir que même si tu fais un aller-retour, après, le transit est trop court pour faire remplacer l'Alti</i>

Tableau 21. Expression du jugement de sacrifice du JE2

Même avec une faible expérience de la Hot Line, les novices ont présent à l'esprit les conséquences de leur décision sur la production. A ce stade de l'étude, le fait de ne pas avoir trouvé des traces de verbalisation du jugement de sacrifice, ne signifie pas que l'ensemble des THL n'intègre pas les dimensions production et sécurité dans leur prise de décision.

### 8.1.5.5 La négociation entre le THL et le CDB

L'analyse micro s'est concentrée sur le contact téléphonique de rappel du THL au CDB. Cet appel a toujours constitué la phase d'acceptation conjointe sur l'objectif que ce soit pour la poursuite de la production ou pour l'arrêt de la production. Avant cet appel neuf THL avaient déjà arbitré en faveur de la sécurité ou de la production. Les autres THL n'avaient pas encore verbalisé leur décision mais des indices penchaient en faveur de la poursuite des vols (i.e. JE13 : «*La seule chose... la seule solution c'est de rappeler le CDB et lui expliquer, lui expliquer, discuter avec lui sur le scénario. Donc j'appelle le CDB on va discuter.* »).

Les analyses micro ont été effectuées en fonction de la structure macro de la prise de décision et de son issue : la poursuite des vols ou l'arrêt des vols.

#### 8.1.5.5.1 La négociation : durée et nombre d'interventions

La durée et le nombre d'interventions lors des négociations entre le CDB et les THL sont des éléments révélant la qualité et la richesse des échanges. L'analyse de ces données (Tableau 22) a été réalisée en suivant le regroupement décidé pour les analyses micros.

Négociation CDB THL															ESCA		
	JN1	JN9	JN12	JE13	JE11	AE4	AE8	AE7	AE10	JE2	JE3	JE14	AN5	AE6	Mini	Maxi	Moy
Durée échange	62	63	85	77	91	87	122	64	97	177	139	168	96	58	62	177	104
Nombre d'interventions	12	12	12	13	11	11	16	14	16	37	21	26	17	12	11	37	17

Tableau 22. Durée en secondes et nombre d'interventions des négociations CDB et THL

Pour les JN, les durées d'échanges ainsi que le nombre d'interventions sont égales ou très proches des valeurs minimales de l'ensemble des ESCA. La négociation entre le JE13 et le CDB a quantitativement les mêmes valeurs que celles des JN. Les négociations réalisées par les JN sont donc les plus rapides et les moins riches en interventions.

Le nombre d'interventions des trois THL qui décident d'arrêter l'exploitation de l'avion est minimal pour les JE11 et AE4, et en dessous de la moyenne pour le AE8. Ceci s'explique par le fait que leur décision est prise et qu'il n'y a plus rien à négocier.

Pour les deux THL (AE7 et AE10) qui ont vu leur décision contrariée, la durée des échanges est inférieure à la moyenne mais le nombre d'interventions est supérieur à la moyenne.

La durée des échanges ainsi que le nombre d'interventions sont supérieurs à la moyenne pour les cinq THL (JE2, JE3, JE14, AN5 et AE6) qui n'avaient pas encore exprimé leur décision avant d'appeler le CDB. On observe même dans ce groupe, les valeurs les plus élevées pour les durées d'échanges et en nombre d'interventions. La négociation entre le CDB et le THL présente une grande intensité dans les échanges.

#### 8.1.5.5.2 La négociation sur le maintien de la performance : poursuivre les vols

L'analyse micro du rappel du THL au CDB montre que plus le THL est expérimenté plus il maîtrise des habiletés non techniques de négociation en faveur du maintien de la performance.

- Les Jeunes Novices : une négociation élémentaire sur la poursuite des vols.

Ces négociations s'inscrivent dans le schéma de négociation langagière (Roulet et al., 1985) : une proposition du THL suivie d'une réaction du CDB qui va se conclure sur un accord (différer le traitement du défaut). Pour les JN, une structure identique la plus élémentaire de négociation (proposition, réaction et ratification) a été observée et ceci quel que soit l'objet de la ratification (traitement défaut au transit ou au night stop). Dans la première étape, les JN accompagnent toujours leur proposition des mêmes contre-arguments et le CDB réagit toujours par les mêmes contre-arguments (gravité, défaut et risque pour les vols). Ces informations sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

<b>THL</b>	<b>Proposition JN Contre-arguments</b>	<b>Réaction CDB</b>	<b>Ratification CDB et THL Traitement défaut</b>
<b>JN1</b>	<b>Transit</b> Gravité défaut Disponibilité matériel	Risque pour les vols Assurance exécution dépannage	<b>Transit</b>
<b>JN9</b>	<b>Transit</b> Gravité défaut	Risque pour les vols	<b>Transit</b>
<b>JN12</b>	<b>Night stop</b> Gravité défaut Disponibilité matériel Indice CDB poursuivre les vols	Risque pour les vols Assurance exécution dépannage	<b>Night stop</b>

Tableau 23. Contre-arguments des JN et réaction du CDB

- Les AE7 et AE10 : le CDB modérateur du traitement du défaut au transit.

Avant de rappeler le CDB, les AE7 et AE10 avaient pris la décision de traiter le défaut lors du night stop. Au cours de la négociation, deux réactions vont remettre en question cette décision :

- Celle du AE10, qui fait référence à la règle (« *on est quand même limite au niveau de la MEL* ») et donc au statut prescrit NOGO de l'avion. Cette remarque va entraîner une réaction du CDB sur la poursuite des vols. Celle-ci débouchera sur un double accord entre le CDB et le THL de traiter le défaut au transit ou non en fonction de son évolution (aggravation ou pas) ;

- Celle du CDB, qui face à la proposition du AE7 de traiter le défaut au night stop ou au transit si le défaut s'aggrave, fait la contre-proposition de le traiter au transit.

Dans le premier cas, la réaction du CDB a permis de maintenir la production. Et dans le deuxième cas, la contre-proposition du CDB est un modérateur sur le risque pour la sécurité des vols.

- o Les JE3 et JE14 : la maîtrise de la négociation.

Lors de l'assistance technique, les JE3 et JE14 annoncent qu'ils vont rappeler le CDB afin de négocier. Ils se sont rendus compte que la poursuite des vols passe par un accord avec le CDB. La négociation est très structurée, bien construite et argumentée. Elle est marquée par un rappel des faits, suivis de contre-arguments en faveur du maintien de la production : les rechanges sont disponibles mais ils ne peuvent arriver avant le départ du vol N°1. Le JE14 va jusqu'à rappeler au CDB les conséquences s'il n'accepte pas de poursuivre les vols : « *c'est à dire ...Si vous considérez qu'il n'est pas bon cela annule les deux premiers vols.* ». Ensuite ils proposent au CDB de poursuivre les vols N°1 et N°2. Le CDB réagit en rappelant ses indices en faveur de la poursuite des vols puis il ratifie cette proposition. Le JE14 ne se contente pas de cette solution et fait une contre-proposition basée sur une stratégie (ne remplacer l'alti-secours au transit que si le défaut s'est aggravé). Le CDB accepte cette contre-proposition. Ces accords procèdent d'une véritable négociation construite et argumentée.

- o Le JE13 : pas de négociation avec le CDB.

L'ESCA N°13 est différent des autres simulations de part son évolution dynamique. Lors du dernier échange le JE13 demande au CDB « *s'il est bien arrivé à Marseille ?* ». Le JE13 propose au CDB de remplacer l'alti-secours au night stop avec comme stratégie qu'en cas de dégradation du défaut de le remplacer au transit Il n'y aura pas de négociations, le CDB ratifie simplement la proposition du JE13.

- o Les AN5 et AE6 : les effets de l'expertise dans la négociation.

Les AN5 et AE6 ont déjà proposé au CDB, lors de son premier appel, de traiter le défaut au night stop. Le CDB a répondu positivement à la demande du AN5 et a rappelé ses indices de poursuivre les vols au AE6. La réaction du CDB à la proposition de l'AN5, de traiter le défaut au night stop, se traduit par une contre-proposition de traiter le défaut au transit. L'AN5 acceptera cette proposition sans négocier. La forte expérience technique de l'AN5 lui a permis de diagnostiquer rapidement que le défaut n'est pas traitable lors du transit et de proposer immédiatement de le différer au night stop. Vraisemblablement sa faible expérience de THL, n'en a pas encore fait un habitué de la négociation avec le CDB. Malgré la réponse positive du CDB lors de sa première demande, il n'a pas réussi à obtenir le traitement du défaut au

night stop. Après avoir exposé ses contre-arguments (neuf interventions), c'est le CDB qui reprend la main (sept interventions) pour imposer sa préférence.

La réaction du CDB à la stratégie du AE6 est positive (« *Moi cela me va super bien* ») et accompagnée des mêmes intentions, traiter le défaut au night stop (« *Si tu as pas le temps en transit on le fera ce soir* »). Le AE6 a montré tout son art de la négociation. Il dirige l'échange (75% des interventions) de façon rapide et efficace, révélant de la sorte une expérience certaine dans la négociation pour maintenir la production.

#### 8.1.5.5.3 La tentative de négociation du CDB pour le maintien de la performance

- Les JE11, AE4 et AE8 : des Experts qui résistent aux sollicitations du CDB.

Lorsque ces trois Experts rappellent le CDB, ils avaient déjà pris leur décision d'arrêter les vols. Cette décision s'est appuyée sur les règles de navigabilité : la MEL. Le AE4 a dit que l'avion était en situation de NOGO sans consulter la règle MEL. Le JE11 et l'AE8 ont consulté la MEL. Les résultats de l'analyse (Tableau 24) montrent que ces négociations s'inscrivent bien dans le schéma de négociation langagière. Cette dernière est plus riche en proposition du CDB, du fait de la consigne suivie par le chercheur d'essayer de négocier la poursuite des vols.

THL	Proposition THL Arguments	Contre-proposition CDB Contre-arguments	Réaction THL Arguments	Ratification CDB et THL Traitement défaut
JE11	<b>Production stop</b> Sécurité des vols	<b>Production transit</b> Indice	<b>NON</b> Est au courant Sécurité des vols	<b>Production stop</b>
AE4	<b>Production stop</b> Sécurité des vols	<b>Production night stop</b> Indice	<b>NON</b> Ne peut pas	<b>Production stop</b>
AE8	<b>Production stop</b> Sécurité des vols	<b>Production transit</b> Indice	<b>NON</b> Est au courant Sécurité des vols	<b>Production stop</b>

Tableau 24. Négociation du CDB pour poursuivre les vols

Ces trois Experts ont résisté aux sollicitations du CDB en refusant ses propositions (CDB : « *Moi j'aurais fait l'aller-retour* » réponse AE8 : « *NON* »). Les arguments des THL qui accompagnent la proposition d'arrêter les vols font toujours référence à la sécurité des vols. Mais lorsque le CDB propose de poursuivre les vols, le AE8 et le JE11 argumentent qu'ils sont au courant maintenant du défaut (« *Tu me l'as dit* » et « *Comme tu m'as prévenu je préfère ne pas prendre de risque* ») ou pour le AE4 qu'il ne peut pas « *Je peux pas dire que*

*l'avion est bon. Je ne peux pas te laisser partir ».*

En référence à la théorie des actes du langage, du fait que la panne a été reportée verbalement, pour ces THL la situation a changé. Pour eux, ce fait est équivalent à une inscription sur le TLB. Ces deux arguments non techniques et non factuels demandent à être explicités ; une dimension contractuelle de la situation semble émerger.

- Le JE 2 : une négociation en faveur de la performance qui a échoué.

Le JE2 avant de rappeler le CDB n'avait pas encore pris sa décision, mais avait identifié que le défaut était NOGO. Les résultats de l'analyse de la négociation montrent un schéma classique de négociation langagière. Elle est marquée par un objet de négociation avec une proposition du JE2 de poursuivre ou d'arrêter les vols. Puis la réaction du CDB (« *Tu es inquiet ?* ») va générer trois propositions de poursuivre les vols suivies de trois réactions du JE2 et sa prise de décision d'arrêter les vols. La négociation se termine en l'acceptation (et non la ratification) de l'accord par le CDB. Ce dernier a échoué dans son objectif de poursuivre les vols avec le défaut identifié. Il est obligé de se soumettre à la décision du JE2 : la sécurité l'a emporté sur la production.

## 8.2 Les techniciens Hot Line et les contraintes : évaluation par questionnaire

### 8.2.1 Objectifs du questionnaire

L'objectif du questionnaire a été de recueillir, auprès des THL, des données sur le poids qu'ils accordent aux contraintes liées aux assistances techniques. Les Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité ne permettent pas d'appréhender le poids des contraintes pour les THL.

### 8.2.2 Méthode de construction du questionnaire

Les questionnaires ont été construits en deux étapes.

Etape N°1. Identification des items des questionnaires à partir des contraintes.

Les contraintes sur les moyens, les procédures, les objectifs et temporelles, entretiennent d'étroites relations entre elles. Les contraintes qui portent sur les moyens influent sur celles qui portent sur les objectifs et réciproquement. En effet, les moyens dont les THL disposent pour résoudre son problème vont permettre de définir les objectifs à atteindre, qui vont avoir un impact sur les moyens pour y parvenir. A partir de ces quatre types de contraintes, vingt items ont été identifiés. Ces items devaient répondre à deux critères, pertinence et précision, afin que les contraintes soient cernées précisément et de permettre de mesurer ce que l'on veut quantifier. Par exemple, la contrainte « moyens » intègre des composantes allant de la

disponibilité du matériel, d'un avion de remplacement ou de technicien entretien en ligne. Ces contraintes sur les moyens influent sur les capacités d'entretien de l'aéroport, ainsi que sur la charge de travail des TEL.

Dans l'intention de réduire le biais d'ordre, une rotation des questions a été mise en place entre les quatre types de contraintes et les items retenus. Ainsi, vingt items ont été conservés (Tableau 25).

	<i>Items</i>	<i>Classes de contraintes</i>
Q1	<b>Interaction avec le CDB</b>	Objectifs
Q2	<b>Décision du CDB</b>	Objectifs
Q3	<b>Impact potentiel sur la sécurité du vol</b>	Objectifs
Q4	<b>Temps nécessaire pour traiter le problème</b>	Temporelles
Q5	<b>Approvisionnement disponible</b>	Moyens
Q6	<b>Temps nécessaire pour obtenir l'approvisionnement</b>	Temporelles
Q7	<b>Durée d'exploitation de l'avion avant que la réparation ne soit effectuée</b>	Temporelles
Q8	<b>Avion est sur une ligne possédant des capacités d'entretien</b>	Moyens
Q9	<b>Disponibilité technicien escale qualifié</b>	Moyens
Q10	<b>Charge de travail de l'escale</b>	Moyens
Q11	<b>Disponibilité d'un avion de spare sur l'escale</b>	Moyens
Q12	<b>Nombre d'avion indisponible pour l'exploitation</b>	Objectifs
Q13	<b>Commerciale : nombre de passagers / délai attente / possibilité de réacheminement</b>	Objectifs
Q14	<b>Performance technique de la semaine</b>	Objectifs
Q15	<b>Délai pour obtenir une réparation autorisée (Constructeur / Autorité / Engineering)</b>	Temporelles
Q16	<b>Coût d'une réparation autorisée (Constructeur / Autorité / Engineering)</b>	Objectifs
Q17	<b>Gestion de ses ressources (savoir-faire, connaissances, etc.)</b>	Procédures
Q18	<b>Mise en oeuvre des procédures</b>	Procédures
Q19	<b>Utilisation de la documentation</b>	Procédures
Q20	<b>Connaissance et historique de la panne</b>	Procédures

*Tableau 25. Relation entre les items et les quatre niveaux de contraintes*

Etape N°2. Détermination du format de l'échelle.

L'étalonnage des réponses s'est fait sur la base d'une échelle sémantique à sept degrés d'Osgood (1 à 7). L'option de réponse « très », traduisant l'importance maximale attribuée par le THL à cette contrainte, a reçu la valeur d'échelle la plus élevée (7).

### 8.2.3 Le recueil des données

A l'issue de chaque ESCA, les THL ont répondu aux vingt items du questionnaire, à partir de la question : « *Comment évaluez-vous l'importance des facteurs suivants dans vos prises de décision de remise en service d'un avion ?* ».

### 8.2.4 Analyse statistique

La totalité des données recueillies a été saisie à l'aide de tableurs Excel. Les résultats sont exprimés en une sommation des items pour les quatre classes de contraintes et ceci pour chaque THL et pour chaque classe de THL. Pour l'ensemble des résultats, la moyenne, l'écart type et la médiane ont été calculés. L'analyse statistique des données a été réalisée avec le logiciel Excel.

### 8.2.5 Résultats

Les résultats sont présentés en fonction des quatre types de contraintes puis au regard des vingt items du questionnaire.

#### 8.2.5.1 Les types de contraintes et les classes des Techniciens Hot Line

La première analyse a consisté à comparer la moyenne de chaque classe des THL par rapport aux quatre types de contraintes (Figure 37).

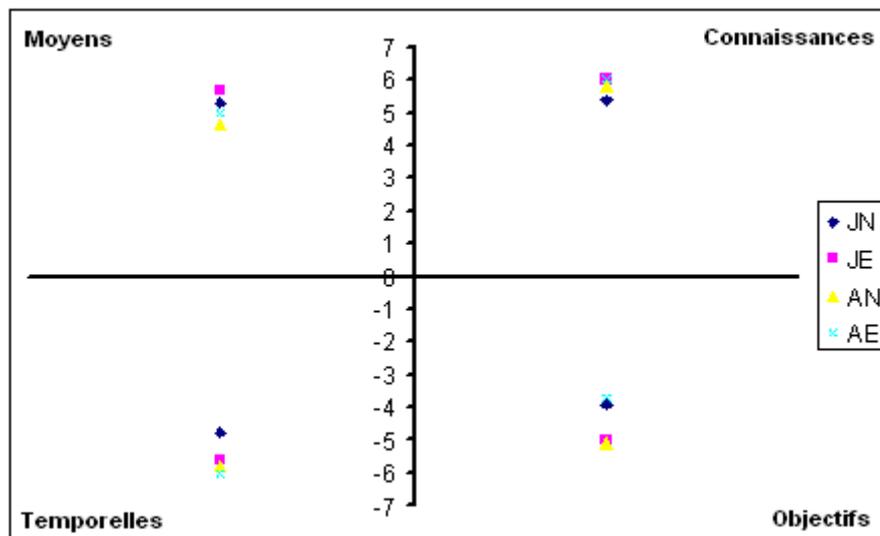


Figure 37. Graphique des quatre types de contraintes et des quatre classes de THL

Les THL accordent sensiblement le même poids dans leur évaluation sur les contraintes « Moyens » et « Connaissances ». On peut observer des différences pour les contraintes sur les objectifs et temporelles. Les JN attribuent une importance plus faible aux contraintes

« Temporelles » et tout particulièrement au délai pour obtenir une réparation autorisée. Du fait de leur faible expérience, les JN n'ont pas forcément rencontré de situation dans laquelle il leur a fallu solliciter le constructeur pour obtenir une réparation autorisée. Le délai est relativement long (plus de 24 heures) entre l'obtention des documents constructeurs et les laissez-passer de l'autorité française et européenne. Dans la classe de contraintes « Objectifs », les JN et les AE se singularisent en accordant une moindre importance aux objectifs. Les JE et AN attribuent le même poids à cette contrainte. Les JN et les AE accordent très peu d'importance à la performance technique de la semaine. En effet, plus le nombre d'annulations et d'affrètements est élevé, plus la performance technique est mauvaise et plus la compagnie aérienne enregistre de faibles bénéfices. Cet objectif n'est donc pas encore intégré par les JN (pas de vision systémique de l'assistance technique) et n'est plus un objectif pour les AE. Des performances techniques faibles ne sont pas un critère d'arbitrage pour les JN et AE en faveur de la production.

#### 8.2.5.2 Les vingt items du questionnaire et les Techniciens Hot Line

La deuxième analyse a consisté à étudier les vingt items à partir de la moyenne des THL (Figure 38).

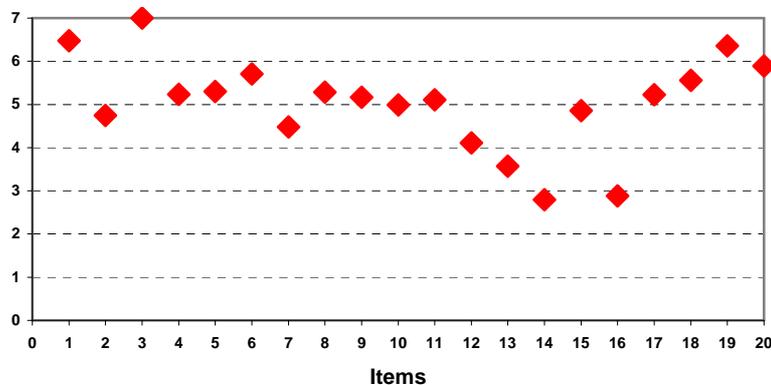


Figure 38. Score moyenné des 20 items

Trois items ont beaucoup d'importance (> 6) pour les THL. L'impact potentiel sur la sécurité des vols (item 3) fait l'unanimité chez les THL (note maximale de 7). La sécurité des vols est au cœur des préoccupations des THL lors d'une assistance technique. L'affirmation « *La sécurité en premier* » se retrouve bien souvent à tous les niveaux de l'organisation, mais les actes au quotidien sont en contradiction avec ce beau principe (Huber et al., 2009). Les ESCA ont montré une propension des THL à laisser repartir un avion avec un défaut dont le statut est NOGO ; ce qui va à l'encontre théoriquement avec les principes d'une culture sécuritaire.

Cela semble plutôt signifier que les THL intègrent la sécurité dans leur arbitrage. L'interaction avec le CDB (item 1) est un facteur primordial pour les THL. Ceci est en lien direct avec la Décision d'Arbitrage qui résulte d'une négociation entre le CDB et le THL dans laquelle la relation est prépondérante. L'utilisation de la documentation par les THL est une contrainte forte (item 19). L'accessibilité rapide à l'information pertinente conditionne la remise en service de l'avion. Le fait de ne pas trouver, par exemple, une valeur de tolérance dans un délai très court (maximum de 30 minutes) va conduire inexorablement à l'annulation du vol. Cette valeur peut se trouver dans différents documents constructeurs ou compagnie. Les THL ne peuvent pas et ne doivent pas les connaître par cœur. De plus, la multiplicité des sources rend fastidieux leur recherche.

A l'opposé, deux items ne posent pas de problème pour les THL. La performance technique de la semaine (item 14) et le coût d'une réparation autorisée (item 16) ne semblent pas préoccuper les THL. Ces deux items ont fait l'objet de la première analyse (Cf. Chapitre 8.2.5.1).

Une attention particulière sur les sept items dont l'écart type était supérieur à 0,9 (Tableau 26) a été apportée.

Items	Moyenne JN	Moyenne JE	Moyenne AN	Moyenne AE	Ecart type
2	3,3	5,8	5	4,9	1,03
11	5,7	6,2	4	4,6	1,003
12	3,1	4,6	6	2,7	1,501
14	1,9	3	4	2,3	0,926
15	3,9	6,4	5	4,1	1,133
16	2,3	4,2	3	2	0,971
17	4	6,2	5	5,7	0,956

Tableau 26. Score des items dont l'écart type est > 0,9

La contrainte liée à la décision du CDB (item 2) divise les THL : les JN y accordent moins de poids (3,3) alors que pour les JE cette contrainte est plus importante (5,8). Les âgés AN et AE l'évaluent de la même façon (4,9 et 5). Les ESCA ont montré que les TEL prennent leur décision de façon différente. Les JN ont recours au collectif (l'autre THL ou le TEL) et certains JE font appel au CDB pour arbitrer, alors que les AE sont autonomes pour décider. Ce fait corrobore le faible poids accordé à la décision du CDB par les JN et les AE. La disponibilité d'un avion (item 11) de remplacement (spare) sur l'escale n'est pas appréhendée

de la même manière entre les THL. Pour les JE c'est une contrainte forte (6,2) alors que pour les Agés cela l'est beaucoup moins (4,6). En relation avec la performance de la semaine (item 14), le nombre d'avions indisponibles (item 12) ne préoccupent pas beaucoup les JN et les AE. L'écart type concernant le délai pour obtenir une réparation provisoire est élevé et a été explicité lors de la première analyse. Les JE attachent plus d'importance au coût d'une réparation autorisée (item 16) que les trois autres classes de THL. Le coût d'une assistance technique d'un constructeur est faible par rapport au coût d'une annulation (rapport de deux). La gestion de ses ressources (item 17), pour les JN, semble ne pas être une préoccupation. Ceci est surprenant, car on pouvait s'attendre à observer que, pour un technicien qui a une faible expérience de l'assistance technique, la maîtrise de la situation dynamique passe par une bonne gestion de ses ressources.

## Synthèse Chapitre 8

L'analyse de l'activité (Cf. Chapitre 7) a permis d'étudier les conditions d'entrée (Situation et Contraintes) et de sortie (statut du défaut et Décision) du modèle de l'assistance technique (Figure 25). Afin d'analyser le processus d'assistance technique, qui peut conduire à un arbitrage en faveur de la production, avec un défaut non navigable (NOGO), une simulation d'une assistance technique sous forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité à été conduite, suivie d'un questionnaire sur les contraintes. Pour ce faire, quatre nouvelles hypothèses de recherche ont été établies : N°4. « *Les traces de l'activité des THL montrent que dans certaines situations particulières, l'exploitation de l'avion est maintenue avec un défaut NOGO identifié et non soldé immédiatement. Compte-tenu de la variabilité du niveau d'expertise des THL (tout particulièrement de l'ancienneté au MCC) et de la sévérité des pannes, on peut donc légitimement s'attendre que dans une situation particulière traitée par chaque THL, que certains THL vont arbitrer entre stopper l'exploitation de l'avion (sécurité) et poursuivre l'exploitation de l'avion avec un défaut NOGO (production)* » ; N°5. « *Compte tenu de la variabilité des buts individuels de chaque THL et chaque CDB, l'objet de l'accord est fonction de la nature du défaut. Ceci sous-entend que les THL procèdent à une évaluation des risques basée sur leurs connaissances techniques et savoir-faire* » ; N°6. « *Ces situations particulières entraînent un jugement de sacrifice : le THL et le CDB essaient de satisfaire à l'objectif de production (maintenir le vol) au détriment de la sécurité (maintenir la performance)* » ; N°7. « *La décision de poursuivre les vols d'un avion avec un défaut identifié, sans action de maintenance ne peut résulter que d'une négociation entre le CDB et le THL* ».

Les résultats de la simulation ont permis de valider l'hypothèse de recherche N°4, selon laquelle, dans une situation particulière d'assistance technique, les THL vont arbitrer soit en faveur de la production et de la sécurité en fonction de leur expertise. L'analyse macro des ESCA a révélé que la majorité des THL (10 sur 14) ont laissé repartir l'avion avec un statut non navigable (NOGO) en différant le traitement du défaut. L'ensemble des classes des Novices a arbitré en faveur de la production. Seulement quatre Experts ont arbitré en faveur de la sécurité en décidant de stopper immédiatement l'avion pour le réparer. Du fait de leur faible expérience, les Jeunes Novices s'appuient sur le collectif (autre THL de vacation) pour arbitrer entre production et sécurité. Ceci confirme l'analyse (Cf. Chapitre 7.3) sur la possibilité que les JN recourent au deuxième THL de vacation dans ces situations particulières d'assistance. Certains Jeunes Experts s'appuient sur le CDB pour arbitrer en faveur du maintien de la production. Plus le THL est expérimenté moins il recourt au collectif pour décider.

L'analyse macro a fait apparaître lors d'arbitrages en faveur de la production, que cinq Experts mettent en œuvre une stratégie dans le traitement du défaut. Celle-ci consiste à minimiser l'impact sur les vols et sur la sécurité (en différant le traitement du défaut de nuit), tout en prévoyant, le remplacement de l'équipement défectueux, uniquement en cas d'évolution. Ce fait démontre les capacités des Experts à anticiper (risque de perdre l'alti-secours), à surveiller (évolution du défaut et autres systèmes anémométriques) et à réagir (prévoir le remplacement de l'alti-secours au transit).

Les résultats de l'analyse des ESCA et des questionnaires n'apportent pas suffisamment de données pour valider l'hypothèse N°5 de recherche concernant l'évaluation des risques. L'argument sur la sécurité n'apparaît que pour justifier l'arrêt de la production lors de la simulation. Alors que la sécurité est l'objectif premier de tous les THL (Cf. Chapitre 8.2 Questionnaire).

Le fait que certains THL ont arbitré en faveur de la production et d'autres en faveur de la sécurité révèle que l'accord est fonction de la nature du défaut. Les ESCA et les questionnaires n'ont pas rendu possible l'identification des critères d'acceptabilité d'un défaut. Ainsi, l'hypothèse N°5 n'a pas permis de valider l'hypothèse de recherche N°1 dans sa dimension liée à la sécurité.

L'hypothèse de recherche N°6 laissait supposer que dans ces situations particulières d'assistance technique, le THL était confronté à un jugement de sacrifice entre production et

sécurité. L'expression concrète du jugement de sacrifice a été observée chez trois THL, sous la forme de l'évocation des conséquences sur la production (annulation des vols) et la sécurité. Mais cela ne permet pas de conclure que les autres THL ne soient pas confrontés à ce sacrifice. L'hypothèse de recherche N°6 n'est donc pas validée et ni invalidée.

Les résultats de l'analyse micro ont permis de valider l'hypothèse de travail N°7 selon laquelle « *La décision de poursuivre les vols d'un avion avec un défaut identifié sans action de maintenance ne peut résulter que d'une négociation entre le CDB et le THL* ». Le processus de négociation entre le CDB et le THL, pour décider conjointement de la poursuite des vols avec un défaut identifié sans action de maintenance, a été caractérisé. La négociation est construite et argumentée. Elle s'inscrit dans le champ des principes de la négociation langagière (Roulet et al., 1985). Dans la négociation apparaît une dimension contractuelle (voire morale) d'engagement entre le CDB et les THL. Certains Experts ont révélé tout leur art dans ce domaine et les Novices ont montré peu de maîtrise dans la négociation. Cette dimension contractuelle demande malgré tout à être explicitée.

Les questionnaires d'évaluation des contraintes par les THL ont révélé un comportement généralement identique des quatre classes de THL. Les contraintes sur les « Moyens » et les « Connaissances » ont la même importance pour les THL. Les JN se différencient sur les contraintes « Temporelles » en accordant un faible poids à celles-ci. Le plus surprenant, c'est qu'ils accordent peu d'importance aux contraintes sur les « objectifs » comme les AE. La faible expérience des JN ne leur permet pas d'intégrer la performance en tant qu'objectif. Lorsqu'ils deviennent des Experts, cette contrainte est assimilée et, ensuite, elle n'a plus d'importance. L'hypothèse de recherche N°3 ne peut être à ce stade de l'étude invalidée, bien que les contraintes sur les « Moyens » semblent ne pas être à l'origine des arbitrages en faveur de la production.

A l'issue de cette deuxième étude, des points non explicités par l'analyse des ESCA demeurent. Par exemple, les critères d'acceptabilité d'un défaut et l'évaluation des risques, l'usage des règles (MEL et autres) et la propension de l'ensemble des THL à arbitrer en faveur de la production, demandent à être précisés. Pour ce faire, une dernière étape dans cette recherche a été menée : l'autoconfrontation des THL à leur ESCA et l'évaluation de l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage et leurs dimensions.

# **Chapitre 9. L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage et leurs dimensions**

## Introduction au chapitre 9

Le chapitre 8 a exposé en détail la simulation d'assistance technique réalisée sous la forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité. L'analyse macro des ESCA a fourni une compréhension du processus d'une Décision d'Arbitrage. Ces simulations ont permis de recueillir des données partielles sur les facteurs pris en compte par les THL pour arbitrer entre sécurité et production. Les critères d'acceptabilité d'un défaut et l'évaluation des risques par les THL n'ont pas été mis à jour lors des ESCA. Lors des simulations d'activité des problématiques d'utilisation de la règle de la MEL, de la connaissance du statut prescrit de l'avion, ainsi que de l'utilisation de règles non identifiées sont apparues.

L'analyse micro a permis d'appréhender la négociation et l'interaction entre le CDB et le THL lors d'une situation particulière d'assistance technique. Dans cette situation singulière de simulation, quatre THL se sont conformés au prescrit en résistant aux sollicitations du CDB. Mais l'analyse de l'activité a montré que l'ensemble des THL ne se conforme pas toujours au prescrit. Nous ne connaissons pas les raisons qui ont poussé ces Experts à arbitrer en faveur de la sécurité dans cette situation particulière d'assistance. De plus, lors de la négociation, une dimension contractuelle entre le CDB et le THL a été observée.

Afin d'objectiver ces constats demeurés sans réponse, l'étude s'est enrichie d'une troisième étape : un entretien d'explicitation avec les THL et une évaluation de l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage et leurs dimensions.

Le chapitre 9 se compose de deux sections. La première section aborde les autoconfrontations. Dans cette section, seront présentés les objectifs, la méthode de construction, le recueil des données ainsi que la méthode d'analyse accompagnée des résultats des autoconfrontations. La deuxième section traite de l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage.

## 9.1 Les autoconfrontations

### 9.1.1 Objectifs

Les entretiens individuels d'autoconfrontation visaient à faciliter à l'aide d'un questionnaire, de questions de relance et de l'enregistrement audio de sa simulation, la détermination des critères pris en compte par le THL, pour arbitrer entre production et sécurité et l'explicitation des constats demeurés sans réponse.

### 9.1.2 Méthode de construction des autoconfrontations

Les autoconfrontations ont été construites en deux temps : 1. Détermination des objectifs en fonction de quatre critères ; 2. Construction d'un guide d'autoconfrontation.

1. La détermination des objectifs. Dans un premier temps, les constats non explicités à l'issue des simulations ont été regroupés dans quatre critères et associés à un objectif (Tableau 27).

<b>Critères</b>	<b>Objectifs</b>
Tâches / Buts	Faire ressortir les préoccupations du THL lors de cette assistance technique
Marges de manœuvres potentielles	Cerner les attentes et les anticipations que le technicien peut effectuer au regard des contraintes de la situation
Référentiel gestion des risques	Identifier les connaissances, règles, principes (généraux, usuels ou habituels) mobilisés par le THL pour gérer les risques
Enjeux	Mettre en évidence les éléments pris en compte par le technicien pour évaluer le risque ou le bénéfice dans la situation de simulation ou dans d'autres situations d'assistance

*Tableau 27. Objectifs et critères associés des autoconfrontations*

2. La construction d'un guide d'autoconfrontation. Dans un second temps, pour traiter les objectifs, un ensemble de questions en lien avec la simulation et des questions fermées plus spécifiques a été écrit. La principale difficulté a concerné l'exigence de précision des questions, mais également d'adaptation pour refléter la simulation et son contenu, tout en respectant l'objectif assigné. Le chercheur devait utiliser les mots justes pour exprimer la signification des propos du THL. Cette recherche de justesse a passé par des écoutes répétées

de chaque ESCA afin d'identifier les mots pertinents à inclure dans le guide d'autoconfrontation personnalisé pour chaque THL (Tableau 28). Ainsi, cette préparation en amont a libéré des ressources attentionnelles du chercheur, lui permettant de ne pas se consacrer uniquement à écouter les réponses du THL. Cette qualité d'écoute et de disponibilité a permis l'expression de questions de relance pertinentes, tout en favorisant la collaboration du THL.

<b>GUIDE D'AUTOCONFRONTATION</b>		
<b>Critères</b>	<b>Questions</b>	<b>Remarques</b>
<b>Tâche / Buts</b>	Que cherchais-tu à faire lors du 1 <sup>er</sup> contact avec le CDB quand tu lui demandes, si on pouvait changer le stand-by au night-stop ? Quelles étaient tes préoccupations en rappelant plusieurs fois « dès que possible » ?	Préoccupations et buts du technicien
<b>Marges de manœuvres Potentielles</b>	Comment savais-tu que le CDB était d'accord pour différer le traitement du défaut ? En rappelant le CDB tu lui as fait la proposition, tu t'attendais à quoi, qu'il accepte ou ... ? Comment cela se passe généralement pour toi, dans des situations similaires, dans ta relation avec le CDB, c'est-à-dire quand le CDB dit « j'ai un défaut, j'ai rien noté au TLB » ?	Attentes et anticipations que le technicien peut effectuer dans la tâche d'assistance au regard des contraintes de la situation
<b>Référentiel gestion des risques</b>	Comment savais-tu que l'avion était NOGO ? Qu'est-ce qui te fait dire qu'il n'y avait pas de risques pour l'avion à le laisser repartir avec le défaut identifié ? Qu'est-ce qui t'as conduit à prendre cette décision ? Quels sont tes critères d'acceptabilité d'un défaut ? C'est-à-dire que quand tu es dans une situation identique, c'est quoi tes critères ? Comment tu juges ? Comment tu estimes ?	Connaissances, règles, principes (généraux, usuels ou habituels) mobilisés par le technicien
<b>Enjeux</b>	Quel élément prenais-tu en compte dans la situation pour prendre ta décision ? Quels aspects étaient importants pour toi, pour prendre ta décision ? Quel était le bénéfice attendu de ta prise de décision ?	Éléments pris en compte pour évaluer le risque ou le bénéfice dans la situation

Tableau 28. Guide d'autoconfrontation de l'AN5

### 9.1.3 Le recueil et la méthode d'analyse des données

Les entretiens individuels ont consisté en une confrontation du THL avec les traces audio de sa simulation, au cours de laquelle il a été invité à répondre aux questions du chercheur, en expliquant et commentant ses réponses. Lors des questions de relance le chercheur veillait à

ne pas influencer les réponses du THL. Les entretiens d'autoconfrontation ont été enregistrés suivant le même protocole que pour les simulations.

La construction des données d'autoconfrontation a consisté à retranscrire mots à mots les verbatims audio des enregistrements de l'ensemble des confrontations. La retranscription des autoconfrontation a été menée à la main, sans en changer le texte, sans l'interpréter et sans abréviation. Ensuite ces données écrites ont fait l'objet d'un traitement afin d'en extraire le contenu et d'en dégager des résultats. Ligne par ligne, question par question, les textes des autoconfrontations ont été décrits et classés selon une procédure ouverte et inductive (pas de construction d'une grille d'analyse). A l'aide des questions du guide d'autoconfrontation, une recherche des idées de base qui apparaissent le plus fréquemment a été menée à partir des verbatims. Ces idées de base ont été ensuite regroupées en fonction des quatre critères retenus dans le guide d'autoconfrontation, afin de ne s'intéresser qu'aux passages qui ont une signification. L'analyse empirique a constitué sur une compréhension approfondie des données et sur une démarche itérative permettant des aller et retour entre les données recueillies et l'analyse. Cette démarche a facilité la compréhension du sens des verbatims et a permis d'en approfondir les idées.

#### 9.1.4 Les résultats

Les treize entretiens d'autoconfrontation se sont déroulés du 16 au 23 février 2010 (sur une période de six jours). Un des THL était en mission à l'étranger pour une longue période et n'a pas été confronté à sa simulation. Les résultats sont présentés en fonction des quatre points ou hypothèses demeurés non explicités à l'issue de l'analyse des simulations.

##### 9.1.4.1 Les critères d'acceptabilité d'un défaut : une évaluation subjective des risques par le THL

Le premier contact téléphonique est destiné pour la majorité des THL (9 sur 13 dont l'ensemble des JE) à l'évaluation technique du défaut (« *mesurer l'importance du défaut* »), afin de déterminer si le traitement du défaut est différé (JE 11 : « *recueillir de l'information au cas où il n'y ait pas d'appro pour évaluer la gravité du défaut pour voir si on pourrait faire encore quelques vols* »). La détermination d'acceptabilité du défaut varie en fonction de l'expertise du THL et du type de défaut. L'ensemble des THL évalue la gravité du défaut pour arbitrer en faveur de la poursuite des vols (JN1 : « *Cela dépend de ce que c'est quoi. Quand c'est vraiment des gros trucs NOGO, pas noté ou pas je ne laisse pas passer. Et sur des* »).

*choses comme ça ou des ampoules oui ça peut m'arriver de faire ce schéma là quoi. »*). Par exemple, le JE11 qui a décidé de traiter immédiatement le défaut (NOGO) lors de la simulation, a exprimé que sur un système secours pas question de discuter, mais sur un autre système, « la porte n'est pas fermée » (« *sur autre chose je dis pas* »). Ce fait montre que ce THL arbitre en faveur de la production avec un défaut dont il estime qu'il n'y a pas de risque.

L'acceptabilité du défaut repose sur une évaluation subjective des risques basée sur l'expérience du : 1. THL ; 2. CDB.

1. Pour l'ensemble de la classe des Agés Experts, c'est l'expérience qui permet d'évaluer l'acceptabilité d'un défaut. Le AE6 explique que ce risque ne peut pas être pris sans expérience de l'assistance technique : « *Un gamin qui.. du hangar et qui vient chez nous euh.. qui a 6 mois de boîte, c'est pas évident qui ... lui ... je pense que si lui il est intelligent il prendra pas le risque* ». L'AE8 fait référence au métier (« *après c'est l'expérience, c'est le métier qui fait que on peut dire oui ... non* »).

L'acceptabilité du risque repose, non seulement sur l'analyse technique du défaut, mais également sur les systèmes. Par exemple, dans le cadre des simulations, certains Experts font référence à la conception du système altimétrique (« *deux principaux et un secours* ») et d'autres sur la conception de l'alti-secours : instrument mécanique (AE8 : « *Bon un stby alti c'est un mécanisme mécanique avec des engrenages, des... S'il accroche c'est que les engrenages accrochent ou je sais pas quoi à l'intérieur* »).

2. Pour les autres THL, l'acceptabilité du défaut est déterminée par le CDB, après leur analyse technique du défaut et/ou du système (JN1 : « *redondance des systèmes...* », « *deux ADC derrières...* », « *pas de risque à perdre les deux ADC...* »). Ils s'appuient sur les « *propos* » du CDB pour arbitrer en faveur ou non de la production. Pour décider, les THL ne disposent que des informations verbales transmises par le CDB, à partir desquelles ils évaluent le défaut. Par exemple, en référence à la simulation, le JN9 se réfère à l'évaluation du risque qui est faite par le CDB : « *pas de problème... accroche un peu...* ».

Les THL ne disposent pas des connaissances opérationnelles nécessaires pour évaluer l'impact du défaut sur la gestion du vol. Donc si le CDB veut poursuivre les vols c'est qu'il a évalué qu'il n'y a pas de risque pour le faire (JE11 : « *De toute façon ils ne sont pas là pour voler avec des items NOGO. Ils savent aussi que la sécurité des vols c'est important.* »).

La notion de « risque » prend différentes acceptions selon le THL. Par exemple, le JN9 assimile le risque à la perte de l'avion ou à une situation d'urgence. Le défaut d'alti-secours

ne présente pas ce type de risque : « *là en l'occurrence ce n'est pas le cas* ». Le AE7 parle de « *péril* » et de « *risque majeur* ». Pour certains THL, le risque s'exprime en terme de conséquences (perte de l'avion) et, pour d'autres, de probabilité technique de perdre l'ensemble des systèmes. Le manque de connaissance en gestion des risques des THL peut expliquer cette variabilité dans la notion de risque perçu.

L'analyse n'a pas permis de mettre en évidence des critères communs d'acceptabilité d'un défaut, mais de définir deux types d'approches liées à l'expertise. Pour les Agés Experts, elle repose sur leurs connaissances qui leur permet d'évaluer techniquement le défaut ou le système. Pour les Jeunes Experts (JE12, JE13 et JE14) « *c'est au cas par cas...* ». Pour les autres THL, elle repose sur l'expertise du CDB et de leur propre analyse technique du défaut et/ou du système. Mais pour tous les THL, de ces critères sont exclus de fait tous les défauts NOGO qualifiés « *d'importants* ». Ce constat est conforme aux résultats de l'analyse de l'activité (Cf. Chapitre 7) qui a montré que les THL ne différencient pas les défauts concernant les systèmes critiques.

#### 9.1.4.2 Le THL et le CDB : deux systèmes en interaction

Pour la majorité des THL, ces situations particulières d'assistance technique prennent la forme de médiation avec le CDB, qui valide toujours l'arbitrage en faveur de la production (« *Analyse et diagnostic entre deux experts, mais le CDB a toujours le dernier mot* », « *Lorsque ce n'est pas au TLB c'est un arrangement verbal* » et « *Il faut l'accord du CDB* »). Ainsi l'arbitrage en faveur du maintien de la production est une décision conjointe précédée d'une médiation à l'initiative du THL ou du CDB.

Lors des autoconfrontations, la remarque du JE3, « *Quand il y a de la médiation on le sent tout de suite. On le sent dans les paroles. Et quand il y en a pas à nous d'argumenter et de faire le nécessaire pour que cela se passe bien.* », a suscité une question de relance : « *C'est à dire que vous pouvez reprendre la main pour proposer au CDB ?* ». Le JE3 a précisé qu'il peut également reprendre la main en faisant des propositions : « *Après si un CDB a une opinion bien définie à nous aussi de lui ouvrir les yeux et lui dire non y a d'autres propositions, et on peut utiliser cette solution là pour dispatcher l'avion* ». Le AE10 exprime le fait qu'il agit aussi comme un modérateur aux sollicitations des CDB de poursuivre les vols : « *Bon c'est pas parce que lui il est d'accord de repartir que nous on va être d'accord. Des fois il y a des contraintes au niveau technique.* ». Le AE7 précise que dans cette médiation il a le dernier mot mais le CDB peut toujours refuser de partir : « *On décide à deux*

*de la panne, mais c'est moi qui ai le dernier mot. Si je dis on est dans les tolérances on peut partir... maintenant lui aussi il est CDB. ».*

L'analyse met donc en évidence que, la décision de maintenir la production avec un défaut au statut prescrit de non navigable, dont le risque pour la sécurité est évalué comme étant « négligeable », résulte d'une médiation entre le CDB et le THL qui se conclue par un double accord sur l'arbitrage. Ceci, s'explique par le fait que les pouvoirs et prérogatives du CDB en terme de navigabilité sont plus importants que ceux du THL. Ainsi, à partir des observations sur l'activité et de l'importance de la médiation, le CDB et le THL peuvent être assimilés à un système d'activité en interaction (Engeström, 1999). Le concept de maintien de la navigabilité est au centre de la coordination, et la collaboration mise en œuvre peut se traduire par un non respect de ce concept (Figure 39). Le CDB peut être à l'origine de l'ouverture vers cet arbitrage, mais aussi le THL qui peut prendre l'initiative de proposer ou de suggérer au CDB des solutions permettant d'arbitrer en faveur de la poursuite des vols.

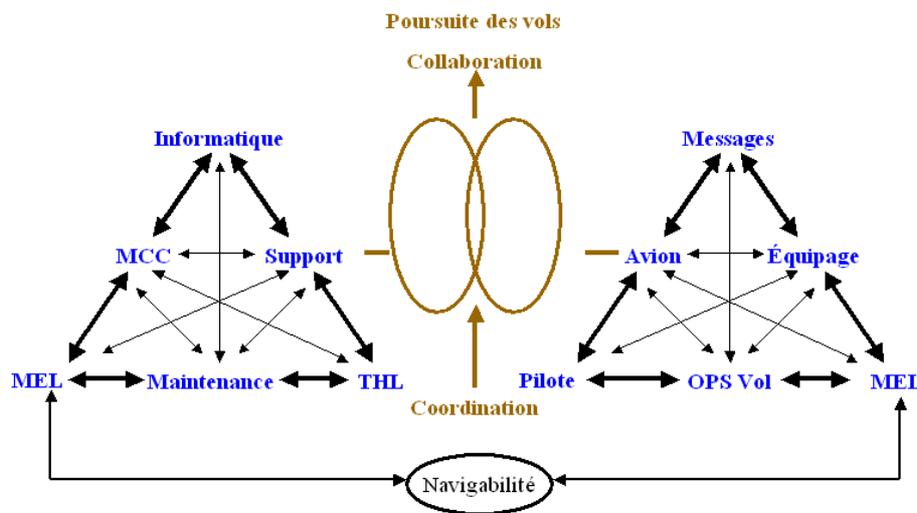


Figure 39. L'assistance technique : un système en interaction

Lors des simulations des AE8 et JE11, une dimension contractuelle « morale » est apparue. Cette dimension a été confirmée lors de l'analyse des autoconfrontations. Par exemple, le AE8 qui a arbitré en faveur de l'arrêt des vols a demandé au CDB s'il était d'accord pour poursuivre les vols : « *toi tu le garderais jusqu'à la fin ?* ». Il explicite cette préoccupation par le fait que si c'est quelque chose d'envisageable, il l'incite à lui dire « *oui je pars avec et je reviens avec* ». Cet accord représente pour lui un contrat moral qui se substitue aux règles de navigabilité.

#### 9.1.4.3 L'usage des règles par les THL

L'analyse des autoconfrontations a permis de montrer que lorsque les THL ne peuvent pas faire référence à une règle prescrite pour traiter une assistance technique, ils sont confrontés à un arbitrage : suivre la règle (« *quand c'est pas écrit ce n'est pas autorisé* ») et, de la sorte, stopper la production ou ne pas la suivre. Par exemple, pour le JN1 l'arbitrage survient lorsqu'il ne peut pas se référer à la MEL pour permettre la poursuite des vols : « *lorsqu'il y a des items de MEL, on ne se pose pas la question. Cette question se pose sur des systèmes qui n'ont pas de MEL.* ». L'AE8, lui se réfère à la tolérance : « *La tolérance elle est donnée, moi je ne la dépasse pas...Maintenant quand il n'y a en pas...* ». Ces THL font référence à la « vraie vie ».

Lors de la simulation, il y avait une règle de MEL qui précisait que le défaut était NOGO, et pourtant la majorité des THL (10 sur 14) ont arbitré en faveur de la poursuite des vols. Donc, il apparaît un deuxième arbitrage pour le THL : respecter la règle ou ne pas la respecter en fonction de critères d'acceptabilité pour différer le défaut. Cette réalité apparaît nettement dans les verbatims de l'AE10 : « *Ben parce que l'alti-secours il marche pas comme il devrait marcher. C'est vrai quand étant rigoureux normalement l'avion il repart pas. Mais dans la vraie vie pour un truc comme ça .... il repart* ».

Pour les THL, les arbitrages réalisés lors d'assistance techniques sont des situations difficiles à gérer (AE8 : « *Bon c'est des décisions qui sont toujours difficiles à prendre quand même, parce que on est pas pile poil avec la documentation !!! C'est là que notre métier est difficile* »). Par exemple pour le JE13, ces situations lui posent un « soucis » : « *effectivement en fonction des échanges et de l'analyse qui est faite entre deux experts techniciens on peut éventuellement se mettre d'accord mais cela demeure une situation inconfortable* ». Cette remarque est très importante car elle soulève la problématique de la prise d'une décision non conforme aux règles en vigueur et de ses conséquences potentielles pour le THL en cas d'incident.

Les JN expriment également que pour eux ces décisions sont difficiles à prendre et, c'est pour cela qu'ils s'appuient sur le collectif (JN1 : « *Ben parce que c'est des décisions où on est toujours sur le fil, ben je préfère prendre mes décisions avec mes collègues. Et dans les cas où mes collègues ne sont pas d'accords c'est peut être que moi je fais une mauvaise analyse et dans ce cas là je remets en question ce que j'ai fait et on en rediscute et s'il le faut on plante l'avion* »).

Lors de la première question des autoconfrontations, les JE13 et AE7, qui ont utilisé une règle non identifiée pour arbitrer en faveur de la poursuite des vols, ont spontanément fait référence à cette règle. Le JE13 a évoqué une tolérance de MEL de trois jours pour l’alti-secours, et le AE7 une tolérance de cinquante pieds (50ft) d’écart.

L’analyse a confirmé que le JE13 a commis une erreur de règle (Reason, 1990). En cherchant à solder le défaut en moins de trois jours en conformité avec la MEL, le JE13 a fait une mauvaise application d’une règle correcte. Le JE13 n’a pas consulté la MEL pour s’assurer de la pertinence de la dérogation de trois jours pour poursuivre les vols.

Le AE7 s’est servi d’une autre règle de tolérance non applicable dans ce cas précis pour arbitrer en faveur de la production. Pour ce faire, il s’est appuyé sur une règle de tolérance de l’Aircraft Maintenance Manuel qu’il a transposé en tolérance acceptable pour lui au défaut de l’alti-secours : « *Si j’avais eu un écart plus gros que 50 ft alors...alors je ne l’aurais pas laissé repartir* ».

L’analyse des simulations a montré que six THL ont consulté la règle de la MEL, deux l’ont évoquée, quatre l’ont consultée et deux ont fait référence à une règle inconnue que se soit pour arbitrer en faveur de la production (10), ou de la sécurité (4).

Les autoconfrontations ont permis de déterminer, que sur les six THL qui n’ont pas consulté la MEL, ou l’ont évoquée, cinq savaient que cet item est NOGO (AE10 : « *Je n’ai pas regardé la MEL mais je sais que de l’alti-secours c’est du NOGO* »). Ainsi le tableau 21, concernant la Décision d’Arbitrage des THL et l’utilisation de la MEL, peut être complété par les données issues des autoconfrontations (Tableau 29).

Décision D’Arbitrage	MEL				
	Consulter	Pas consulter			
		Connaissances de l’item	Expérience THL	Erreur	Tolérances AMM
L’avion part	3	5		1	1
L’avion ne part pas	3		1		

Tableau 29. Décision d’Arbitrage des THL et utilisation de la MEL

#### 9.1.4.4 Les Décisions d’Arbitrage : maintenir la performance en intégrant la dimension sécurité

L’analyse des autoconfrontations a permis de déterminer que la performance (économique ou commerciale) est le principal bénéfice attendu pour l’ensemble des THL (10) qui ont arbitré

en faveur de la poursuite des vols malgré le statut NOGO du défaut. Cinq THL placent la production comme le principal bénéfice de leur décision et, pour deux d'entre eux, la production est accompagnée de l'aspect sécurité (JE3 et AE7). Le JN9 inscrit son action d'assistance technique dans une perspective commerciale : « *Si on engendre pas de risque on peut régler le défaut très rapidement et à moindre coût. Je crois qu'il ne faut pas s'en priver de ça. On a une vocation commerciale on a pas une vocation autre* ». A l'opposé le AE6 place son action en tant que garant de la sécurité : « *Le premier c'est la sécurité.. C'est la navigabilité. Mais demeure... y a toujours un aspect financier qui n'est pas négligeable. Mais la sécurité primera toujours on est les garants de la sécurité donc on va pas faire passer l'aspect financier en premier* ».

Mais la recherche du maintien de la performance ne se fait pas au détriment de la sécurité. Les THL ne les opposent pas ; ils priorisent l'une ou l'autre. Par exemple, le JE3 a exprimé que le maintien de la performance ne doit pas impacter la sécurité des vols : « *...on fait parti de la même société, qu'on est là pour transporter nos passagers. Après si on peut trouver des solutions n'engendrant pas la sécurité des vols.* ».

Seuls les JN ne font référence qu'à la performance (Tableau 30). Mais cela ne signifie pas que la dimension sécurité est omise. La dimension sécurité semble être intégrée à la validation par le collectif de l'arbitrage réalisé (JN12 : « *on est à deux donc normalement c'est bien là tu en parles à la personne qui est à côté, à savoir si tu te rates pas complètement* »).

Le tableau 30 propose les bénéfices attendus par les THL de leurs décisions avec l'ordre d'importance (1 étant le plus important pour ceux qui ont évoqué les deux bénéfices).

	<b>Bénéfices attendus de la décision</b>	
	<b>Performance</b>	<b>Sécurité</b>
JN1	1	
JN9	1	
JN12	1	
JE3	1	2
JE13	2	1
JE14		1
AN5	2	1
AE6	2	1
AE7	1	2
AE10	2	1

Tableau 30. Bénéfices attendus de la Décision d'Arbitrage

## 9.2 Les cadres pilotes : l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage

### 9.2.1 Objectifs de l'évaluation de l'acceptabilité de la Décision d'Arbitrage

Afin de déterminer l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage prises par les THL lors des simulations, une évaluation a été conduite auprès de cinq cadres pilotes.

### 9.2.2 Méthode et recueil des données

Population. Les cinq cadres pilotes font partie de l'encadrement de haut niveau de la direction opérationnelle des vols. Au-delà de leurs fonctions d'encadrement, ils assurent pendant une semaine une permanence téléphonique de support aux équipages. Ces derniers ont pour mission d'assister les équipages dans des situations particulières opérationnelles, au cours desquelles ils peuvent être confrontés à des arbitrages entre des buts conflictuels (i.e. production, régularité, règles d'emploi). Ces cadres pilotes sont tous Commandant de Bord très expérimentés.

Méthode. A partir du scénario de la simulation, deux questions ont été posées au cours d'un entretien individuel avec les cadres pilotes. Ces derniers devaient répondre aux questions, en se plaçant en tant que cadre pilote de permanence sollicité, lors d'une assistance technique (scénario de la simulation).

Question N°1. En tant que cadre, quelle solution choisissez-vous parmi les quatre propositions suivantes ? Les propositions sont les quatre solutions mises en œuvre par les THL (Cf. Tableau 19. « Les quatre Décisions d'Arbitrage, le traitement du défaut et les risques »).

Questions N°2. Comment évaluer-vous l'acceptabilité des quatre propositions de traitement du défaut de l'avion sur une échelle de 1 à 5 ? (1 n'étant pas du tout acceptable et 5 tout à fait acceptable).

Recueil et traitement des données. L'analyse des données a été conduite à partir de la feuille d'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage remise au pilote. Le traitement de ces données a été manuel.

### 9.2.3 Résultats

L'analyse des questionnaires a montré que seulement un cadre décide de stopper immédiatement les vols pour traiter le défaut (Tableau 31). Et pourtant, ce cadre PIL2 juge peu acceptable d'arrêter la production avec le défaut non permanent de l'alti-secours.

Solutions	Cadre PIL 1		Cadre PIL 2		Cadre PIL 3		Cadre PIL 4		Cadre PIL 5	
	Choix	Acceptabilité								
1. Stopper immédiatement les vols pour traiter le défaut		4	X	2		5		4		5
2. Poursuivre les deux premiers vols (aller-retour NTE-MRS) et traiter le défaut lors du transit		4		1	X	3	X	4		2
3. Poursuivre les quatre vols (les deux aller-retour NTE-MRS) et traiter le défaut lors du night stop	X	4		1		1		2		1
4. Poursuivre les quatre vols (les deux aller-retour NTE-MRS), avec mise en place d'un suivi. Au transit envoyer le technicien EL NTE afin de vérifier l'évolution du défaut. Si le défaut n'a pas évolué, poursuivre les deux derniers vols et traiter le défaut au night stop. Si le défaut a évolué traiter le défaut lors du transit		4		3		1		5		-
5. Autre										CDB

Tableau 31. Acceptabilité Décisions d'Arbitrage par les cadres pilotes

Les quatre autres cadres estiment acceptable et tout à fait acceptable de stopper immédiatement les vols. Ceci montre une acceptation des réponses réglementaires. Pourtant, trois de ces cadres arbitrent en faveur de la poursuite des vols. Ce point révèle leur accord pour faire un écart à la règle. Le cadre PIL5 se singularise par rapport aux autres, en laissant le choix de la poursuite des vols au CDB. Le traitement du défaut au night stop en effectuant les quatre vols n'est pas du tout acceptable ou pas acceptable pour quatre cadres.

Les réponses des cinq cadres manifestent :

- d'une part une grande cohérence collective dans la façon de juger les situations, trace d'une culture de l'arbitrage raisonnée ;
- d'autre part, le maintien d'une attitude d'ouverture et de respect professionnel vis à vis des arbitrages des autres, à l'intérieur d'une enveloppe.

## Synthèse Chapitre 9

L'analyse de l'activité (Cf. Chapitre 7) et la simulation d'activité sous la forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité (Cf. Chapitre 8), ont permis de construire deux nouveaux modèles de la Décision d'Arbitrage en faveur de la production (Figure 35), et de la sécurité (Figure 36), à partir du modèle théorique (Figure 25). Au cours de ces deux études, sept hypothèses de recherche ont été établies, dont trois ont été partiellement validées (N°1, N°5 et N°6). De plus, certains points des ESCA demeuraient non explicités. Une troisième étape a été mise en œuvre : l'autoconfrontations des THL à leur ESCA et l'évaluation de l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage et leurs dimensions.

Les résultats des autoconfrontations ont permis d'invalider l'hypothèse de recherche N°6. L'ensemble des THL intègre la dimension sécurité lors de l'assistance technique d'un avion

en exploitation. Le maintien de la performance ne se fait pas au détriment de la sécurité, dans laquelle la balance a penché du côté de la performance. Ces deux dimensions ne sont pas opposables pour les THL. Ils se trouvent donc confrontés à un sacrifice lorsqu'il n'existe pas de règle applicable, ou lorsqu'il évalue que la gravité du défaut est mineure, et que son traitement technique peut être différé, même si la règle ne l'autorise pas.

Les Décisions d'Arbitrage demeurent difficiles à prendre pour les THL lors de ces situations particulières d'assistance. Dans un milieu ultra réglé, tout écart à la norme est assimilé à une violation et passible de sanctions.

Les points concernant l'usage de la règle MEL lors de la simulation ont été clarifiés. Ce n'est pas, parce que le THL ne consulte pas la règle qu'il ne l'a connaît pas. Mais le fait de ne pas la consulter peut conduire à une erreur. Le JE13, qui s'est appuyé sur ses connaissances, a commis une erreur de règle. L'expertise peut également servir pour s'appuyer sur des règles de tolérances non applicables à la situation ; l'AE7 n'a pas commis d'erreur de règle, mais se réfère à d'autres règles pour gérer la situation d'assistance.

Les autoconfrontations ont permis d'établir un modèle d'interaction entre le THL et le CDB (Figure 39) et de découvrir que le CDB ou le THL peut être initiateur de la négociation en faveur du maintien de la production. Le concept de maintien de la navigabilité est au centre de la coordination. La collaboration mise en œuvre peut se traduire par un non respect de ce concept sous l'effet de la négociation. Lorsque cet espace se situe hors du champ des règles de navigabilité, il peut être régi par un contrat (moral) entre le CDB et le THL. Les clauses qui encadrent ce contrat n'ont pas pu être déterminées.

Les résultats des autoconfrontations ont révélé que l'ensemble des THL, face à des défauts dont le statut prescrit est non navigable, peut arbitrer en faveur de la performance en intégrant les aspects liés à la sécurité des vols. L'acceptabilité du défaut repose sur une évaluation technique du défaut (système concerné) associée à une évaluation des risques. L'évaluation du défaut technique est toujours conduite par le THL alors que celle des risques peut être réalisée par le THL ou par le CDB. Plus le THL est expérimenté moins il recourt au CDB pour évaluer les risques. Pour les AE, cette expertise repose sur leur expérience qui leur permet de faire un écart raisonné aux règles. Une évaluation technique des risques est donc réalisée par le THL basée sur ses connaissances techniques et savoir-faire. Les JN, qui ne maîtrisent pas ces savoir-faire d'expertise, ont recourt au collectif pour valider leur Décision d'Arbitrage en

faveur de la performance. L'hypothèse N°1 est validée. L'analyse des autoconfrontations a révélé que l'évaluation des risques demeure subjective et qu'il n'existe pas de critères d'acceptabilité partagés entre les THL. L'hypothèse N°5 est donc partiellement validée.

L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage prises lors de cette simulation d'une assistance technique particulière a été évaluée par cinq cadres pilotes. L'encadrement opérationnel arbitre en faveur d'une performance raisonnée, dans laquelle s'articulent production et sécurité.

## Synthèse globale des résultats

Afin de tester les deux hypothèses de cette thèse concernant les Décisions d'Arbitrage, une étude empirique a été conduite dans une unité fonctionnelle d'un système ultra sûr : la Hot line en charge de l'assistance technique des avions en exploitation d'une compagnie aérienne régionale. La première hypothèse laissait supposer que dans un système ultra réglé, les arbitrages entre maintenir la performance et la sécurité se produisent lorsque la « sécurité gérée » et la « sécurité réglée » rentrent en conflit. La deuxième hypothèse donnait un caractère positif à ces situations particulières d'arbitrage. En effet, elles sont supposées être les symptômes d'une capacité adaptative de sécurité des opérateurs qui permet aux systèmes d'opérer aux limites des frontières de l'enveloppe de sécurité tout en maintenant la performance. Pour ce faire, les opérateurs devaient avoir en combinaison : une parfaite conscience de la situation et une maîtrise suffisante des connaissances techniques permettant de faire un écart raisonné aux règles. L'acceptabilité du risque repose sur une évaluation subjective du risque conduite par les opérateurs.

Dans le but de croiser les angles d'étude et d'analyse (Hamel, 1997 cité par Leplat, 2002), trois méthodes ont été mises en œuvre. Utilisées conjointement, elles ont permis d'enrichir les données apportées par chacune d'elles et d'identifier de façon précise la problématique. Les méthodes ont été choisies dans le but de regarder l'objet de l'étude sous différents angles afin de mieux l'appréhender. Cette combinaison de méthodes s'est inscrite dans la perspective théorique de recherche sur la décision en situation naturelle de Klein et al. (1993). L'analyse de l'activité a constitué le socle de la recherche, sur lequel, la simulation sous forme d'Entretien Scénarisé Centré sur l'Activité s'est appuyée pour en contrôler les variables indépendantes (contraintes). Les questionnaires, puis les autoconfrontations, sont venus éclairer les points non explicités et les hypothèses de recherche non validées par ces deux méthodes.

A l'issue de la phase de pré-diagnostic, trois hypothèses de recherche ont été émises. Afin de tester ces hypothèses, une analyse des traces de l'activité des THL en situation naturelle de travail a été réalisée. L'analyse des protocoles (codage prédicat/argument), a mis en évidence vingt-sept situations d'assistance technique, au cours desquelles, l'exploitation de l'avion est poursuivie avec un défaut dont le statut est non navigable (NOGO). Le défaut est pris en compte et son traitement est différé (hors exploitation de l'avion). De la sorte, aucune

conséquence sur la performance n'est à déplorer. Ces situations particulières d'assistance n'ont pas généré d'événement sécurité. Une analyse fine de ces assistances a permis de différencier deux types de situations. La première montre que dans douze situations, volontairement les Experts n'ont pas appliqué la règle de maintenance. Et, dans quinze assistances techniques, les THL ne disposaient pas de règle applicable. Ces arbitrages en faveur de la performance sont une pratique de l'ensemble des techniciens du MCC.

A l'issue de la phase d'analyse, quatre nouvelles hypothèses de recherche ont été émises. Afin de les valider, la simulation d'une tâche d'assistance technique sous la forme d'Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité a été mise en œuvre. En contrôlant les variables indépendantes (contraintes), les techniciens étaient confrontés à un défaut non navigable (NOGO) sans possibilité de le traiter avant le départ de l'avion. Trois Décisions d'Arbitrage possibles et leurs conséquences sur la performance et la sécurité ont été identifiées. Travailler sur du matériel verbal a nécessité l'utilisation conjointe de plusieurs méthodes issues de l'ergonomie et de la linguistique.

L'analyse macro des ESCA a révélé une forte propension des THL (10 sur 14), dans cette situation particulière d'assistance technique à arbitrer en faveur de la production. Les THL arbitrent de façon différente : les JN s'appuient sur le collectif et, plus il est expérimenté, plus le THL prend sa décision en autonomie. Cette analyse a permis d'identifier que certains Experts mettent en œuvre une stratégie dans le traitement du défaut. Celle-ci consiste à minimiser l'impact sur les vols et sur la sécurité (en différant le traitement du défaut de nuit) tout en prévoyant le remplacement de l'équipement défectueux au transit, uniquement en cas d'évolution. Ce fait démontre les capacités des Experts à anticiper (risque de perdre l'alti-secours), à surveiller (évolution du défaut et autres systèmes anémométriques) et à réagir (prévoir le remplacement de l'alti-secours au transit). Cette Décision d'Arbitrage peut être assimilée à une forme de « sécurité gérée ». En s'appuyant sur leurs connaissances, ces Experts anticipent sur une situation future probable dégradée, et traitent en différé la défaillance d'un équipement jugé non critique pour la sécurité des vols, tout en maintenant la performance.

L'analyse micro a été l'occasion d'appréhender finement le processus de négociation entre le CDB et le THL. Cette pratique constitue une habileté non technique chez certains Experts. L'accord s'inscrit dans un contrat moral où chaque partie s'engage : pour le CDB à poursuivre les vols et le THL à organiser le dépannage dans les conditions temporelles négociées. Lors

de ces négociations, le jugement de sacrifice s'exprime verbalement. La prise en compte des dimensions sécurité et performance apparaît clairement.

Les quatre niveaux de contraintes (moyens, procédures, objectifs et temporelles) ont été abordés par un questionnaire renseigné par les THL à l'issue de leur simulation. Les THL ne se différencient que sur les contraintes liées aux objectifs et au temps. Les JN et les AE (deux classes opposées) se comportent de la même façon, en accordant peu de poids aux objectifs en terme de performance commerciale ou disponibilité des avions. Mais la sécurité demeure l'objectif premier de l'ensemble des THL.

Bien adaptée dans le cadre des hypothèses de travail, les ESCA et les questionnaires n'ont pas permis de valider complètement trois hypothèses de recherche relatives aux critères d'acceptabilité d'un défaut, à l'évaluation des risques par les THL et au jugement de sacrifice. De plus, certains points (MEL, usage des règles) demandaient à être éclairés. Pour clarifier ces points une méthode supplémentaire est venue enrichir l'étude.

Les interviews d'autoconfrontation ont consisté à présenter à chaque THL, dix jours après la simulation, l'enregistrement audio de son ESCA et à répondre à vingt questions.

Les autoconfrontations ont permis de valider l'hypothèse de recherche N°1. Lors des assistances techniques particulières (défauts dont le statut prescrit est non navigable), l'ensemble des THL peut arbitrer en faveur de la performance en intégrant les aspects liés à la sécurité des vols. Cela signifie que les THL ne choisissent pas entre production et sécurité. Ils cherchent à préserver la performance en minimisant le risque pris, en évaluant la sévérité de la panne et son évolution possible, et en cherchant des moyens de réévaluation de la situation.

L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage a été évaluée au travers des autoconfrontations et d'un questionnaire soumis à cinq cadres pilotes. L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage comporte trois dimensions : technique, organisationnelle et sociale.

L'acceptabilité du défaut repose sur une évaluation technique du défaut réalisée par le THL, associée à une évaluation des risques conduite par le THL ou le CDB. Plus le THL est expérimenté moins il recourt au CDB pour évaluer les risques, et plus son expertise lui permet de faire un écart raisonné aux règles. Mais cette évaluation des risques demeure subjective, sans critères d'acceptabilité partagé par les THL. L'hypothèse N°5 est donc partiellement validée. Ainsi, le maintien de la performance ne se fait pas au détriment de la sécurité. Nous sommes dans le risque acceptable, pas dans l'insécurité. Pour les THL, la performance et la sécurité ne sont ni opposables et ni mises en balance. Le sacrifice se produit lorsqu'il n'existe

pas de règle applicable, ou lorsque le THL évalue que la gravité du défaut est mineure et que son traitement technique peut être différé. L'usage des règles a été clarifié, tant dans la dimension consultation, que dans l'usage détourné à des fins d'expertise.

Afin d'évaluer l'acceptabilité organisationnelle des Décisions d'Arbitrage prises par les THL, lors de la simulation d'une assistance technique particulière, cinq cadres pilotes ont été sollicités. L'analyse des questionnaires d'acceptabilité a montré que, l'encadrement opérationnel arbitre en faveur d'une performance raisonnée, dans laquelle s'articulent production et sécurité.

L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage revêt également une dimension sociale. Le THL et le CDB sont deux systèmes en interaction dans l'espace de la navigabilité. Toute sortie de cet espace réglé procède d'une gestion raisonnée commune et négociée régit parfois par un contrat moral.

Cette étude empirique, menée en combinaison de méthodes, a fourni un corpus de connaissances exploitables qui demande à être discuté. Lors du chapitre 5, deux questions de recherche ont été soulevées. La première question concerne les deux composantes de la sécurité observée (« réglée » et « gérée ») et leur adéquation. La deuxième se rapporte aux Décisions d'Arbitrage. Cette recherche a permis de les objectiver dans un milieu ultra sûr. Ces décisions peuvent être assimilées à des violations ou à de la résilience.

La dernière partie se propose, à partir des conclusions de cette étude, de répondre aux deux questions de recherche, en les confrontant aux données de la littérature.

## **Discussion / Conclusion**

## Introduction à la partie Discussion / Conclusion

Le système de l'aviation commerciale et tout particulièrement une unité fonctionnelle, (l'assistance technique d'un avion en exploitation), a été retenue dans le cadre de cette recherche, du fait qu'il est un système ultra sûr et aussi ultra réglé. De part ces caractéristiques, il offrait un terrain propice pour l'étude des arbitrages réalisés par les opérateurs de premières lignes (niveau « sharp end ») en situation naturelle. Le choix de ce terrain était légitime du fait du peu d'intérêt porté par les chercheurs par la maintenance des avions. Mais depuis 2003, les données concernant par exemple les erreurs de maintenance se sont enrichies, que ce soit au niveau de l'ensemble du système sociotechnique et des compagnies aériennes (Kanki & Hobbs, 2008). Ce domaine fait l'objet de recherches, principalement en Australie (i.e. Hobbs), Norvège (i.e. Pettersen) et Etats Unis (i.e. Endsley). L'un des principaux résultats, de la recherche empirique conduite par combinaison de méthodes, a été de mettre en lumière, que lorsque les Techniciens Hot Line sont en défaut par rapport à la règle, ils peuvent arbitrer en faveur de la performance (maintenir les vols) en intégrant les aspects liés à la sécurité. La simulation d'activité d'assistance technique a révélé des stratégies de traitement d'un défaut mise en place par les Experts, lors de la poursuite des vols avec un défaut non traité immédiatement. Ces stratégies regroupent les quatre piliers de la définition de la résilience proposée par Hollnagel et al. (2010) : 1. Anticiper (i.e. organiser le dépannage de nuit) ; 2. Gérer (i.e. manager les risques) ; 3. Répondre (i.e. prévoir le remplacement de l'équipement si le défaut évolue) ; 4. Apprendre (i.e. chaque cas traité renforce l'expérience). En anticipant les évolutions potentielles et ayant prédéfini les réponses à apporter en cas d'évolution du défaut, les opérateurs mettent en œuvre des stratégies proactives (Pariès, 2010b)

Le cadre théorique, centré sur les systèmes sociotechniques complexes, et les résultats de cette recherche ont abouti à trois axes de réflexion en lien avec la problématique de recherche. En effet, maintenant que nous avons constaté ces pratiques et que nous les avons objectivées, comment allez plus loin ? Le premier axe de réflexion concerne la compagnie aérienne, et tout particulièrement les propositions de pistes de solution permettant d'appréhender ces arbitrages. Les deux autres axes de réflexion visent à répondre aux questions de recherche. Le deuxième axe se rapporte au statut des Décisions d'Arbitrage et son acception en tant que marqueur de résilience. Pour terminer, le troisième axe concerne la possibilité de réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée » dans un système ultra sûr.

La dernière partie de cette thèse s'articule autour de trois sections qui se proposent de traiter les trois axes de réflexion soulevés.

## 10.1 La compagnie aérienne et les Décisions d'Arbitrage

### 10.1.1 La restitution des résultats

Les résultats obtenus lors de la partie empirique ont fait l'objet d'une restitution orale à la compagnie aérienne, associée à une discussion sur les analyses du chercheur. Ces réunions ont pris la forme de réunions individuelles et collectives de travail avec le Directeur de la Maintenance, du Responsable MCC, des Techniciens Hot Liner et des cadres pilotes. La partie empirique a fait ressortir la mise en œuvre d'arbitrage visant à privilégier la production, alors que le statut de l'aéronef était non navigable, tout en minimisant le risque. Ces situations particulières n'ont pas généré d'événements sécurité ; le fonctionnement du système est sûr malgré ces arbitrages. Comme le soulignent les résultats, l'ensemble des THL arbitrent en faveur de la production afin de satisfaire le client (le passager) et l'entreprise sans en tirer aucun avantage personnel. La prise en compte de la dimension des arbitrages réalisés par les THL a conduit, lors de la restitution, à réfléchir et à proposer des solutions pertinentes et acceptables par tous. Ces réflexions ont concerné non seulement le niveau du management (« blunt end ») mais également le niveau des opérateurs (« sharp end »).

### 10.1.2 Pistes d'amélioration envisagées au niveau du management

Les réunions avec l'encadrement ont soulevé de nombreux questionnements relatifs aux Décisions d'Arbitrage. L'objectivation de ces dernières, a agi comme un révélateur de la « zone grise » dont il devenait difficile d'ignorer l'existence. De cette réalité a découlé l'interrogation sur l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage. Les réflexions qui ont suivi, se sont concentrées autour de deux points : l'intégration des règles d'arbitrage aux référentiels et l'impact de la culture de sécurité. Les paragraphes suivants se proposent d'aborder dans un premier temps l'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage puis les deux points de réflexion évoqués.

#### 10.1.2.1 L'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage

Cette recherche empirique a mis en évidence la réalité des Décisions d'Arbitrage dans un système ultra sûr, et le fait que ces décisions sont implicites et non reconnues par l'organisation comme l'ont montré plusieurs recherches (Hollnagel et al., 2006). Ces cas

particuliers d'assistance technique sont identifiés dans le transport aérien, sous le vocable de « zone grise » dont les contours et la compréhension sont flous. L'objectivation du phénomène des Décisions d'Arbitrage a suscité dans un premier temps des réactions de déni pour certains, ou une volonté d'agir immédiatement pour stopper immédiatement ce phénomène indésirable. Lorsque le temps de la raison fut venu, l'encadrement a été confronté à un arbitrage sur sa position face aux Décisions d'Arbitrage. Quatre pistes de solutions ont été ainsi envisagées.

1. La solution la plus facile à mettre en oeuvre serait de les assimiler à des violations et de les bannir. Ce recadrage dans l'enveloppe de « sécurité réglée » ne garantirait pas la généralisation des arbitrages en faveur de la sécurité, et se traduirait inexorablement par la baisse de la performance économique. Et ainsi, lorsque la pression de la production deviendrait plus forte, ces pratiques pourraient à nouveau se faire jour. De plus, aujourd'hui ces arbitrages sont visibles par le système et le risque de les voir être dissimulés (peur de la sanction) rendrait difficile leur gestion.

2. La deuxième solution simple à appliquer serait de les ignorer. Cette solution n'est pas concevable lorsque ces pratiques ont été objectivées. Ne rien faire, voir éviter les problèmes est bien une réalité qui a été observée chez les acteurs et les organisations (Gilbert, 2005).

3. La troisième solution consisterait à les assimiler à de la « sécurité gérée ». Et naturellement se pose la question de : « comment les légitimer dans un système ultra réglé ? ». La solution pourrait prendre la forme d'une non décision par l'organisation sur le statut des Décisions d'Arbitrage, mais la mise en place de séances de retour d'expérience et de formation des opérateurs. Lors de ces séances, des cas réels seraient étudiés sans recourir à l'usage des règles. Les réflexions devraient porter sur les relations entre compromis et sécurité et sur les termes de la négociation afin de mettre à jour les critères permettant de distinguer les bons et les mauvais compromis.

4. Transférer la « sécurité gérée » dans la « sécurité réglée » pourrait constituer la dernière solution envisageable. Ceci revient à poser la question de : « comment intégrer les règles d'arbitrage aux référentiels en vigueur ? ».

De ces quatre propositions, seule la troisième solution peut s'assimiler à une acceptabilité des Décisions d'Arbitrage en leur conférant le statut de « sécurité gérée ». On pourrait ainsi instaurer une règle de discussion de la « sécurité gérée », qui deviendrait de ce fait un sous-ensemble de la « sécurité réglée ». Toutefois, appliquer cette solution dans un système ultra réglé semble difficile à mettre en oeuvre.

#### 10.1.2.2 Intégrer ces règles aux référentiels

Les règles officielles qui structurent le concept de navigabilité sont définies par les autorités européennes (EASA) et françaises (DGAC). A ces règles, s'ajoutent celles intégrées dans ce cadre par les constructeurs d'avions. Ces règles sont donc construites hors du champ des acteurs du transport aérien. Certains experts des compagnies aériennes participent à la construction des règles, mais cela demeure une affaire de spécialistes. Les compagnies aériennes doivent donc les transposer en procédures en respectant le socle minimal restrictif des règles supra-locales. La question qui se pose est de savoir s'il est possible d'intégrer les arbitrages en faveur de la performance lorsqu'il n'existe pas de règle de maintenance applicable dans un référentiel ?

L'analyse de trois cent quatre-vingts assistances techniques a révélé que, dans vingt-sept cas, l'avion était remis en service avec un défaut dont le statut réglementaire était non navigable (Cf. Chapitre 7). Dans douze cas, une règle de maintenance était applicable et dans les quinze autres les THL ne disposaient pas de règle de maintenance. Dans un système ultra réglé, il n'est pas concevable de déroger à des règles de navigabilité. La question ne se pose donc que pour les situations d'assistance technique dont il n'existe aucune règle de maintenance applicable.

La réglementation européenne (Partie 21, 2003) permet aux industriels de devenir Organisme de Conception Approuvé (DOA - Design Organisation Approval). Cet agrément permet dans un cadre bien défini et avec certaines limitations, de concevoir des modifications mineures et majeures et des réparations mineures, d'approuver des modifications de réparations mineures, sans passer systématiquement par le constructeur de l'avion ou l'Autorité (DGAC). Pour ce faire, l'entreprise doit mettre en place une organisation et former ce personnel, les habilitier et rédiger dans un manuel les procédures d'usage. Une amélioration de la ponctualité et de la régularité de l'exploitation a été constatée parmi les compagnies aériennes agréées DOA. Ainsi, les arbitrages ne seraient plus nécessaires, car les opérateurs disposeraient d'un cadre prescrit pour autoriser la poursuite des vols.

Cette solution revient à transférer la « sécurité gérée » dans la « sécurité réglée ». Ceci se traduit par une augmentation de la composante « sécurité réglée » et une diminution de la « sécurité gérée », mais vraisemblablement, sans aucune augmentation de la « sécurité observée ».

### 10.1.2.3 La culture de sécurité de l'entreprise

La nécessité de développer une culture de sécurité s'est transformée en exigence dans le domaine aéronautique avec la mise en place d'un système de management de la sécurité. Ce qui détermine une culture, ce ne sont pas des messages ou des règles : c'est l'expérience partagée de pratiques répétées et convergentes (Daniellou et al., 2010). Selon ces auteurs, la culture de sécurité repose donc avant tout sur l'engagement personnel des membres de la direction et de l'encadrement pour promouvoir la convergence des messages et des pratiques : ce qui est fait par l'encadrement va dans le même sens que ce qui est prôné aux opérateurs d'exploitation. Si l'on se réfère à l'étude d'acceptabilité des Décisions d'Arbitrage par les cadres pilotes (Cf. Chapitre 9), une culture d'arbitrage raisonnée émerge, identique à celle des opérateurs. La position adoptée par l'organisation concernant les Décisions d'Arbitrage doit être clairement affichée et traduite en comportement en adéquation par tous. Une piste de solution pourrait être, celle évoquée par Chevreau et Wybo (2007), de former l'encadrement à la maîtrise des risques. Ces auteurs abordent la culture de sécurité sous l'angle de la maîtrise des risques industriels. Cette formation trouverait naturellement sa place dans le cadre des obligations liées au système de management de la sécurité. Grâce à cette nouvelle compétence d'évaluation des risques les situations particulières d'assistance technique seront mieux maîtrisées. Le décideur aura une meilleure appréhension de la zone à risque et de la ligne rouge de l'enveloppe de sécurité à ne pas franchir. Fort de ce savoir-faire, l'encadrement pourra identifier les situations à risque, avoir une meilleure gestion des Décisions d'Arbitrage au quotidien, en ne les laissant pas dévier en risque d'accident.

### 10.1.3 Pistes d'amélioration envisagées au niveau des opérateurs

Deux hypothèses ont été formulées lors de la problématique de recherche. La deuxième hypothèse a défini trois conditions nécessaires qui doivent être réunies, afin que les opérateurs puissent opérer aux limites des frontières de la sécurité, tout en maintenant la performance :

1. Une parfaite conscience de la situation ;
2. Une maîtrise suffisante des connaissances techniques permettant un écart raisonné aux règles ;
3. Une évaluation pertinente de l'acceptabilité du risque.

Sur la base de ces trois conditions, trois pistes d'amélioration ont été évoquées. Les paragraphes suivants vont aborder ces pistes.

#### 10.1.3.1 La gestion saine et responsable des Décisions d'Arbitrage

Bien que ces situations particulières d'assistance technique n'aient pas généré d'événement sécurité dans certains cas, la production aurait dû être arrêtée avant qu'une issue indésirable

ne survienne. Une des pistes proposée par Woods (2004) et Hollnagel et al. (2006) est de développer un guide explicite pour aider les opérateurs à faire un jugement de sacrifice sous incertitude. Pour ce faire, ces auteurs soulignent le besoin de créer des indicateurs permettant de mesurer un déséquilibre des arbitrages en faveur de la production ou de la sécurité. A ce jour, aucun guide et modèles d'indicateurs sont disponibles. Ce point pourrait faire l'objet de recherches futures.

Le haut niveau de sécurité et de performance recherché requiert que les opérateurs évaluent en permanence les arbitrages entre performance et sécurité. A partir de l'évaluation, ils peuvent prendre des décisions de sacrifice en arrêtant la production lorsque les marges de sécurité sont franchies au-delà du niveau acceptable (Saurin et al., 2008). Cette gestion saine et responsable repose sur les savoirs et savoir-faire des opérateurs. L'étude empirique conduite a montré que les THL ont une parfaite conscience de la situation. Les Experts ont montré qu'ils étaient capables d'anticiper les changements futurs dans l'évolution de la panne qui pourraient affecter la capacité de l'avion à poursuivre ses vols. Cette capacité repose sur leur forte expérience technique qui leur permet de faire un écart raisonné aux règles. Cet écart repose sur l'évaluation subjective des risques, qui est basée également sur l'expertise technique, et non pas, sur une expertise en gestion des risques. Ces savoir-faire des opérateurs peuvent être renforcés par le Retour d'Expérience et la formation des opérateurs à faire face à des situations imprévues. Les deux chapitres suivants se proposent de discuter du bénéfice de ces deux pistes de solution.

#### 10.1.3.2 Le Retour d'Expérience par la confrontation des pratiques

La démarche de « Retour d'Expérience » consiste à se mettre « à l'écoute des signaux provenant de l'installation » et à se saisir de tout accident, incident, anomalie, pour en retirer le maximum d'enseignements (Vérot, 1999). Selon cet auteur, elle constitue une réponse à « l'intransparence » des systèmes complexes. Dans le cadre des pistes d'amélioration, l'idée de mettre en œuvre des séances de retour d'expérience, au sein du MCC, est destinée non seulement à tracer et assurer la visibilité de ces Décisions d'Arbitrage par l'organisation, mais également à créer un espace de discussion d'acceptabilité des critères d'arbitrage. Les espaces de discussion peuvent favoriser le partage de situations problématiques et permettre l'élaboration d'un « référentiel commun d'arbitrage ». Plutôt que de partir de l'idée que le retour d'expérience est une impérieuse et indiscutable nécessité, il est donc préférable de s'interroger sur les conditions dans lesquelles il peut effectivement être mis en œuvre (Gilbert, 2001). Ainsi, le recours à la méthode de confrontation de pratique appelée « Jugement

différentiel d'acceptabilité des écarts - JDA » (Nascimento, 2009) peut s'avérer utile. Selon cet auteur, l'objectif de cette confrontation de pratique est de délimiter un espace de pratiques acceptables qui remplace la « ligne rigide à suivre ». Cette ligne sous-tend les règles qui la bordent. Comme nous l'avons constaté dans les chapitres 7, 8 et 9, lorsque les THL sont en défaut par rapport à la règle, ils mettent en œuvre des Décisions d'Arbitrage. De la sorte, les séances de « Retour d'Expérience » peuvent permettre de combler le vide entre les procédures et les pratiques réelles de travail et de développer la capacité de jugement sur, quand et comment s'adapter à l'implicite des procédures ou à l'imprévu des situations (Dekker, 2003). Ces séances de « Retour d'Expérience » ne doivent pas se limiter seulement aux opérateurs du MCC ; la présence de pilotes doit contribuer à partager la vision de l'utilisateur de l'avion. Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 9, l'assistance technique est l'interaction de deux systèmes : la maintenance et les opérations vols qui n'échangent que verbalement et à distance. Ainsi, ces deux systèmes pourront se rencontrer physiquement et avoir une vision globale des contraintes de chacun et sur le risque perçu, afin de mesurer leurs impacts sur les Décisions d'Arbitrage.

Le Retour d'Expérience doit être structuré et managé (Gaillard, 2008), afin de tirer tous les enseignements des situations d'arbitrage vécues. L'organisation doit réguler ce processus (Bourdeaux et Gilbert, 1999, cités par Gaillard, 2008).

La première régulation concerne le cadre de réalisation des sessions de « Retour d'Expérience ». Le principe de la « non punition » doit être clairement affiché, afin d'éviter que les opérateurs (techniciens et pilotes) ne reportent pas les arbitrages dont ils pensent risquer une sanction. Il faut donc déconnecter ces séances des logiques disciplinaires : savoir sans punir (Gilbert, 2001). Ces réunions peuvent s'inscrire dans le cadre légal des « chartes Retour d'Expérience » du Système de Management de la Sécurité. De plus, afin d'aborder les arbitrages jugés « mineurs » par les opérateurs, le principe « d'importance de l'événement » doit être écarté. Faute de formation adéquate et de vision d'ensemble des risques dans l'organisation, les opérateurs peuvent tout d'abord ne pas avoir conscience de l'importance d'un événement qu'ils jugeront mineur, et ne pas « faire sens » de cet événement (Weick, 1995).

La deuxième régulation est temporelle et structurelle. La tenue de séance trimestrielle est acceptable au niveau de la fréquence en tenant compte de la disponibilité des opérateurs et des pilotes. La difficulté réside dans le fait, que le MCC est un système opérationnel qui ne peut s'arrêter de fonctionner et, de ce fait, l'ensemble des techniciens ne peut être présent à la séance. Une certaine flexibilité est donc requise. Le pilotage des séances doit être réalisé

rigoureusement en leur donnant un caractère officiel et obligatoire afin d'éviter de les voir tomber en désuétude. Le management du MCC ou les cadres pilotes doivent animer les séances, sans en influencer le contenu afin de mettre en débat les arbitrages réalisés.

Les séances de Retour d'Expérience, sous la forme de « Jugement différentiel d'acceptabilité des écarts - JDA », correspondent peu au standard dominant des formes de retour d'expérience existantes. Mais, elles présentent l'avantage de créer un référentiel commun d'arbitrage pour aider les opérateurs lors des assistances techniques et d'offrir une vision globale sur les écarts à surveiller par l'organisation. De plus, ces séances contribuent au développement d'une culture de sécurité (Gilbert, 2001).

#### 10.1.3.3 Améliorer la « sécurité gérée » : la sécurité comme une activité de « sensemaking »

La fiabilité des Décisions d'Arbitrage requiert de la part des opérateurs la capacité de détecter des situations inattendues d'une manière stable, mais également de faire face à l'imprévu de manière variable (Weick & Sutcliffe, 2007, cités par Grotan et al., 2008). La capacité des opérateurs à savoir faire face à des situations imprévues dépend, entre autres, de leur capacité à (re)construire au plus vite le sens de la situation ambiguë. Pour les opérateurs, cela signifie qu'ils réunissent certaines conditions comportementales (Karsenty & Quillard, 2011) et tout particulièrement, dans la relation au collectif :

- pouvoir reconnaître et communiquer les écarts au nominal sans directement interpréter ou porter de jugements sur ces faits ;
- être capable de prendre du recul sur la situation et d'adopter un changement de point de vue avec, si besoin, l'aide d'autres acteurs ;
- pouvoir rester individuellement et collectivement aussi critique que possible face aux informations perçues, aux hypothèses générées, et aux décisions prises, en sollicitant des avis divergents.

Dans les systèmes sociotechniques à risques, la sécurité est une activité de gestion par les opérateurs, des événements non prévus par le système découlant de la variabilité des situations. Ainsi, le management des situations inattendues (anticiper et réagir) dépend d'habiletés et de connaissances des opérateurs, qui doivent être développées. Savoir gérer les compromis relève d'un apprentissage particulier, qu'il faut aujourd'hui renforcer chez les

acteurs et les décideurs, en s'inspirant de nos capacités naturelles (écologiques) à gérer les risques (Amalberti, 2000).

Cet apprentissage particulier signifie renforcer la résilience individuelle des opérateurs. Pour ce faire, trois composants sont nécessaires (Resilience Engineering Network, 2008) : 1. Compétences techniques ; 2. Compétences non techniques ; 3. Attitude positive.

1. La formation technique ne doit pas se contenter d'apporter des connaissances techniques, mais de les transposer dans le contexte de l'assistance technique, en les reliant à la gestion des risques et au positionnement dans l'enveloppe de sécurité.

2. Les compétences non techniques doivent être développées dans le cadre des formations facteurs humains qui sont obligatoires pour le personnel de la maintenance. La conscience de la situation, la prise de décision sous contrainte et les situations imprévues sont des thèmes à aborder. Les habiletés de communication sont également importantes pour renforcer la conscience de la situation et le travail en équipe.

3. Les compétences techniques et non techniques doivent s'accompagner d'une attitude positive des opérateurs pour faire face à la situation.

Le cadre des formations est déjà en place ; une personnalisation des contenus doit permettre rapidement de renforcer la résilience des opérateurs.

#### Synthèse des pistes d'amélioration

Les Décisions d'Arbitrage sont inévitables et difficiles à prendre pour les opérateurs et ne sont pas dénuées de risques. Afin de les aider à prendre des Décisions d'Arbitrage raisonnées, nous avons proposé plusieurs pistes de solution possibles qui se déclinent en :

1. Pour l'entreprise, prendre une position claire par rapport aux Décisions d'Arbitrage et l'afficher à tous les niveaux de la hiérarchie.

2. Etudier la possibilité de devenir « Organisme de Conception Approuvé », réduit aux besoins de l'entreprise, afin d'instaurer un cadre légal aux situations d'assistance technique dont il n'existe aucune règle applicable.

3. Mettre en place des sessions de retour d'expérience de « confrontation de pratique ».

4. Adapter les contenus des formations afin de renforcer les aptitudes non-techniques des opérateurs et tout particulièrement celles liées au « sensemaking ».

Et ceci, afin que les Décisions d'Arbitrage soient prises en toute sécurité, visibles par l'organisation et mises en débat.

## 10.2 Les Décisions d'Arbitrage : marqueur de résilience

### 10.2.1 Les Décisions d'Arbitrage : violation ou intelligence dans l'action ?

Comme nous venons de le montrer dans cette étude, l'objectif des opérateurs qui arbitrent en faveur de la poursuite des vols, avec un défaut dont le statut prescrit est non navigable, est de préserver la production en minimisant le risque. Pourtant, ces situations au cours desquelles, l'opérateur s'écarte des règles, sont qualifiées de « violations » (Reason, 1990). Ce phénomène de violations est un fait objectivé dans la maintenance des avions (McDonald et al., 2000 ; Hobbs & Williamson, 2002 ; Hobbs & Kanki, 2008). Par exemple Hobbs et Williamson (2002) ont montré dans leur étude que 80% des techniciens ont dévié des procédures au moins une fois l'année précédente et 10% le font souvent voire très souvent. Ce phénomène tend à être plus présent dans les compagnies régionales et de charter, où les jeunes techniciens ont tendance à commettre plus de violations de routine ou exceptionnelle (Hobbs & Williamson, 2002). Le fait de ne pas suivre les procédures semble donc être une pratique courante dans les opérations de maintenance d'un avion. Ce système ne fait pas figure de « mauvaise élève » car aucun groupe d'humains se conforme complètement aux règles et les déviations sont une réalité dans tous les systèmes industriels (Amalberti et al., 2004).

Les violations se traduisent par l'exploitation d'un avion dont le statut est non-navigable (Lattanzio et al., 2008), comme nous l'avons également montré dans notre recherche. Sur la période de quatre semaines d'analyse de l'activité aucun événement concernant la sécurité ne s'est produit. Le fonctionnement du système reste sûr malgré ces arbitrages.

Ainsi se pose la question de savoir si nous devons assimiler ces Décisions d'Arbitrage à des violations ?

Une nouvelle vision positive des violations émerge de nos jours. Celle de l'ergonomie française consiste à considérer les déviations comme une valeur ajoutée de professionnels, qui font face à de nombreuses incohérences dans leurs situations complexes de travail (Amalberti et al., 2004). Selon ces auteurs, ces violations ne sont pas le fruit du hasard, mais plutôt le reflet de l'intelligence et de capacités des opérateurs. L'ingénierie de la résilience apporte une vision positive de l'écart, entre le prescrit et le réel, en tant que marqueur de résilience (Dekker, 2006). Ce qui est frappant, c'est que les violations qui étaient pensées uniquement négativement, changent aujourd'hui de statut (Falzon, 2011). Comme nous l'avons montré dans cette étude, les arbitrages raisonnés sont une réponse intelligente à une demande particulière liée au contexte et à l'environnement. Face à la variabilité des situations,

l'opérateur doit s'adapter en permanence pour maintenir la performance du système, mais également, pour fournir de la sécurité au système. Les règles ne sont pas suffisantes pour fournir de la sécurité (Falzon, 2011). Cette adaptation raisonnée aux règles est une forme d'intelligence dans l'action. Il faut donc réinterroger notre vision des violations. La nouvelle approche de la sécurité proposée par l'engineering de la résilience peut servir de cadre pour cette nécessaire réflexion.

De plus, nous ne pouvons pas continuer à blâmer les opérateurs lorsqu'ils commettent des violations dans les situations quotidiennes de travail, et à les traiter en héros (i.e. Accident de l'Hudson, 2009) lorsqu'ils ne suivent pas les règles en situations d'urgence. De même, on ne peut pas demander aux opérateurs de respecter sans écart le prescrit au quotidien, et en cas de situation exceptionnelle imprévue, espérer qu'ils puissent sortir du cadre afin de gérer l'événement. Sanctionner les écarts, c'est sanctionner la raison même pour laquelle il y a des humains dans les systèmes sociotechniques : le besoin d'adaptation (Besnard, 2010).

#### 10.2.2 L'arbitrage raisonné dans un système sociotechnique ultra réglé

Les résultats de l'analyse de l'activité (Cf. Chapitre 7) ont montré que dans vingt-sept situations d'assistances techniques les opérateurs ont arbitré en faveur de la poursuite des vols, en minimisant les risques, alors que le statut de l'avion était non navigable. L'analyse a mis en évidence deux facteurs contextuels lors de ces arbitrages : existence de règles non appliquées et pas de règles applicables. La simulation d'activité (Cf. Chapitre 8) a confirmé que dans la situation particulière simulée, où une règle était applicable, la majorité des opérateurs ont décidé de ne pas la suivre en évaluant la sévérité du défaut, son évolution possible et, pour les Experts, en cherchant des moyens de réévaluation de la situation. Il faut donc discuter maintenant des règles et de leurs impacts sur les arbitrages.

##### 10.2.2.1 Décider de ne pas suivre la règle

Dans douze situations d'assistance technique, les opérateurs disposaient de règles de maintenance. Ils n'ont pas respecté le travail prescrit en arbitrant en faveur de la poursuite des vols. Aucun item de la règle de la « Minimum Equipment List » ne permettait la poursuite des vols. Ce constat d'écart d'usage de la règle MEL a été également démontré par Munro et Kanki (2003), Munro et al. (2004) et Suzuki et al. (2008). Dans notre étude, nous avons émis et validé l'hypothèse que les pilotes ne notaient pas le défaut au « Technical Log Book » afin d'ouvrir la possibilité de poursuivre les vols et, ce faisant, d'ouvrir la discussion avec le THL.

Ce fait a été également démontré par Munro et al. (2008) qui ont montré que les pilotes et les techniciens n'inscrivaient pas le défaut au TLB parce qu'il y avait besoin de l'avion pour la production.

Les arbitrages raisonnés ne se font pas en faveur de la performance au détriment de la sécurité. Ils se font en faveur d'une performance globale, intégrant production et sécurité. Ils reposent sur une évaluation subjective des risques, conduite par l'opérateur ou par le collectif et sur leur expertise. Les arbitrages raisonnés n'opposent pas la sécurité et la performance, ou encore, le bon et le mauvais compromis. En évaluant le bénéfice attendu et le risque, en ayant une parfaite conscience de la situation et une maîtrise suffisante des connaissances, les opérateurs peuvent ainsi faire un écart raisonné aux règles.

#### 10.2.2.2 Décider lorsqu'il n'y a pas de règle

Dans les environnements dynamiques et complexes, il n'est pas possible d'établir des procédures pour toutes les conditions possibles (Rasmussen, 1997). Dans quinze situations d'assistance technique, les opérateurs ne pouvaient pas se référer à des règles. En aéronautique, le principe de « *lorsqu'il n'y a pas de règle, ce n'est pas autorisé* » est devenu une règle non formelle. Ne disposant pas de règles applicables, les opérateurs auraient dû stopper la production afin de privilégier la sécurité. Mais, parfois, les opérateurs doivent interpréter les procédures en respectant un ensemble d'actions et de circonstances, que les procédures elle-mêmes ne peuvent jamais entièrement spécifier (Dekker, 2003). Pour cet auteur, la capacité des opérateurs d'adapter (ou non) les procédures aux circonstances locales est synonyme de sécurité. De plus pour faire progresser le niveau de sécurité, l'organisation doit surveiller et comprendre les raisons de ces écarts. Une des pistes de solutions proposées (Cf. Chapitre 10.1), serait de légitimer les situations dans lesquelles l'opérateur ne dispose pas de règle applicable, en devenant Organisme de Conception Approuvé. Mais cela reviendrait encore à réduire l'autonomie des opérateurs en transformant la « sécurité gérée » en « sécurité réglée ».

#### 10.2.2.3 L'arbitrage raisonné : un conflit de « sécurité »

En modélisant les deux situations (Figure 40) qui génèrent des arbitrages (règles ou absence de règles), on peut constater que dans l'unité fonctionnelle du système sociotechnique ultra réglé étudié, toutes les décisions sont assimilables à des arbitrages. En effet, la profusion de règles et de procédures contraint les opérateurs à devoir adapter les buts conflictuels (de l'organisation, du collectif et de l'opérateur) aux variations liées aux contextes et aux

contraintes associées. Les arbitrages sont l'expression de l'adaptation raisonnée des procédures par les opérateurs, compte-tenu de la spécificité des situations (Amalberti, 2007). Lorsque la règle rentre en conflit avec les buts de l'opérateur, ce dernier doit arbitrer entre, respecter ou ne pas respecter la règle et gérer la situation hors du cadre réglementaire. De même, lorsqu'il n'existe pas de règles applicables, l'opérateur doit également arbitrer entre suivre la règle informelle restrictive en faveur de la sécurité ou gérer la situation imprévue. Ainsi, les arbitrages se produisent parce que la « sécurité réglée » rentre en conflit avec la « sécurité gérée ». Les opérateurs ne cherchent pas à améliorer la performance du système, mais à la maintenir, sans pour autant sacrifier la sécurité. Les opérateurs sont conscients des risques et des conséquences de leurs actes. Ce n'est pas une opposition entre sécurité et performance, mais bien un conflit de sécurité entre les règles qui régissent le fonctionnement sûr du système et la gestion par l'opérateur, acteur actif de la sécurité du système.

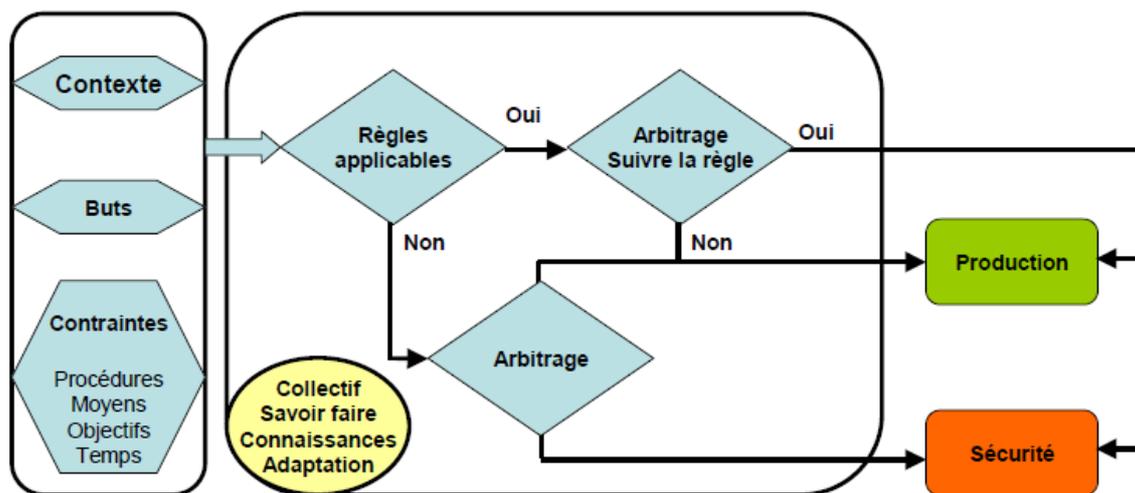


Figure 40. Modèle de Décision d'Arbitrage raisonnée des opérateurs dans un système sociotechnique ultra réglé

### 10.2.3 Les Décisions d'Arbitrage : une nouvelle approche de la « sécurité réglée »

Comme nous l'avons montré dans cette étude, les Décisions d'Arbitrage raisonnées, en faveur de la production, ne sont pas nuisibles pour le système, et elles ont une certaine utilité dans le fonctionnement au quotidien de l'organisation. Les actions qui découlent des Décisions d'Arbitrage peuvent, selon les situations : permettre de maintenir la productivité avec une sécurité acceptable, maintenir la productivité mais avec des risques, ou maintenir la sécurité en sacrifiant la productivité (Tassaux et al., 2010). Cette étude a révélé que les Décisions d'Arbitrage sont utiles pour le système, car elles maintiennent la production avec un niveau de

sécurité acceptable, et lorsqu'il n'est pas jugé acceptable, la sécurité est maintenue en sacrifiant la production.

Dans notre système sociotechnique complexe étudié (l'aviation commerciale), la « sécurité réglée » est le seul cadre affiché de prise de décision. Cette étude a objectivé l'expression d'une autre forme de sécurité : la « sécurité gérée ». Comme nous l'avons proposé (Cf. Chapitre 10.1), en instaurant une règle de discussion de la « sécurité gérée », elle pourrait devenir alors un sous-ensemble de la « sécurité réglée ». Dans le champ de la résilience et d'une vision positive du rôle de l'opérateur, nous proposons d'élargir la définition de la « sécurité réglée » aux arbitrages raisonnés réalisés par les opérateurs de première ligne dans les systèmes sociotechniques complexes et ultra réglés :

***« Éviter toutes les défaillances prévisibles par des formalismes, règles, automatismes, mesures et équipements de protection, formations aux comportements sûrs et la mise en débat collective de la sécurité gérée ».***

Si l'on se réfère au cadre théorique de Hollnagel et Woods (2006), la capacité des opérateurs des systèmes sociotechniques complexes d'arbitrer et de faire des compromis entre les objectifs de sécurité et de performance est assimilable à de la résilience. Cette nouvelle approche, basée sur la résilience, peut être une des réponses apportées par l'organisation aux arbitrages entre les buts conflictuels (Herrera & Tinmannsvik, 2006). Pour ces systèmes, accepter et reconnaître l'existence d'arbitrages sécuritaires dans la production, en redonnant de l'autonomie aux opérateurs (Amalberti, 2007) est une voie vers l'ultra sécurité. En intégrant la « sécurité gérée » comme un sous-ensemble de la « sécurité gérée », la capacité de résilience des opérateurs serait conservée et légitimée.

#### 10.2.4 L'arbitrage raisonné des opérateurs : une réalité légitime probable ?

La mise en œuvre de cette approche dans les systèmes sociotechniques complexes, qui repose sur les opérateurs, soulève trois questions fondamentales :

1. L'acceptation et la reconnaissance des Décisions d'Arbitrage doivent être une réalité non seulement au niveau des entreprises, mais également au niveau des autorités nationales et supra-nationales. On peut légitimement s'interroger si dans un système ultra sûr et ultra réglé, les organisations et les autorités de tutelle sont en mesure de remettre en question les stratégies de sécurité qui ont montré leur efficacité pour suivre la piste de la résilience ? Un difficile

arbitrage se dessine : maintenir le niveau de sécurité actuel ( $0.5 \cdot 10^{-6}$ ) ou prendre le risque de voir ce niveau évoluer (négativement) ? De plus, la période de transition entre deux systèmes de régulation peut être très dangereuse et introduire de nouveaux risques (Becker, 2002 ; cité par Blaskstad et al., 2010). Ce risque est vraisemblablement inacceptable pour le grand public. La voie proposée par Amalberti (1996) d'acceptabilité du risque comme une alternative à la réduction du risque est aujourd'hui une réalité, au travers du concept de niveau de sécurité acceptable des Systèmes de Management de la Sécurité (OACI Safety Management Manual, 2009). Mais, communiquer sur cette notion de risque acceptable est très délicat, face aux pressions du public qui demande de plus en plus de sécurité, et recourt fortement à la justice pour trouver un responsable en cas d'accident.

2. L'enveloppe de sécurité est construite par des experts bien souvent éloignés de la production. Ainsi, on peut se demander si les opérateurs ont la capacité de détecter un fonctionnement hors de l'enveloppe de sécurité ? (Pariès, 2010a). L'opérateur navigue dans un espace de contraintes administratives, fonctionnelles, et de sécurité, dont il n'a pas généralement connaissance du fondement des limites fixées. Les stratégies de défense en profondeur ne sont pas forcément visibles et, le franchissement d'une barrière n'est pas toujours accompagné d'effets. Il faut donc rendre visible les frontières du domaine acceptable aux opérateurs (Amalberti, 2007) par des frontières bruyantes. Selon cet auteur, c'est l'une des pistes suivie pour concilier une « sécurité réglée » avec une « sécurité autogérée ». La capacité des opérateurs à diagnostiquer que le système quitte l'enveloppe de variabilité potentielle, est assimilable à de la résilience (Cuvelier & Falzon, 2010).

3. Les Décisions d'Arbitrage visent à répondre à l'immédiateté d'un problème. La « sécurité gérée », reposant sur les stratégies de maîtrise des risques des opérateurs, est-elle suffisante pour assurer durablement un fonctionnement sûr au système ? (Van Daele & Ait Ameer, 2010). Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 3, il est difficile d'évaluer l'impact des erreurs et des violations dans le domaine de la maintenance. Les effets se manifestent en général lors de combinaisons de pannes multiples, ou de réaction inadéquate de l'équipage. Le fait qu'aucun évènement sécurité se soit produit renforce l'opérateur dans son jugement que le sacrifice n'était pas nécessaire.

La nouvelle voie proposée par l'ingénierie de la résilience peut servir de cadre de réflexion et de conduite de recherches, destiné à apporter des réponses à ces questions fondamentales.

Dans un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé, les Décisions d'Arbitrage sont inévitables, lorsque la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée » rentrent en conflit. Elles se

produisent à tous les niveaux du système sociotechnique. Nous ne devons pas les assimiler à des comportements déviants de l'opérateur ou de l'organisation. L'adaptation raisonnée aux règles des arbitrages est une forme d'intelligence dans l'action, qui constitue l'expression de la résilience du système, du management et de l'opérateur.

Il faut donc poursuivre le développement de cette nouvelle méthode de management de la sécurité qu'est l'ingénierie de la résilience. Les situations d'arbitrage ne sont pas le fruit d'un ensemble de défaillances du système (i.e. moyens, ressources), mais le résultat de la variabilité des systèmes qui demande à l'opérateur humain de s'adapter en permanence pour atteindre les objectifs fixés par l'organisation.

Dans un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé, les arbitrages se font jour lorsque la « sécurité gérée » et la « sécurité réglée » rentrent en conflit. Cette acception invite à s'interroger sur ces deux composantes de la sécurité totale (ou observée) considérées comme étant additives par certains chercheurs (i.e. Morel, 2007 ; Nascimento, 2009 ; Daniellou et al., 2010).

### 10.3 La Sécurité gérée et la Sécurité réglée : deux composantes de la sécurité des systèmes

#### 10.3.1 La « sécurité gérée » : une composante de la sécurité aux multiples visages

Leplat et de Terssac (1990) soulignaient que la place de l'homme dans les systèmes complexes reste essentielle et que, dans bien des cas, son travail dépasse le simple respect des procédures. Comme nous venons de le voir dans l'étude d'un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé la « sécurité gérée » est dépendante des opérateurs. Mais, peut-on parler de sécurité gérée dans un système sous réglé et peu sûr, de la même façon que dans un système moyennement réglé et sûr, voir ultra sûr, ou fortement procéduralisé et ultra sûr ? Autrement dit, est-ce que la « sécurité gérée » dans un système moins contraint par les règles, est de nature identique à celle d'un système soumis à des règlements ?

Le champ de la « sécurité gérée » a été investi par une communauté de chercheurs en ergonomie (i.e. Morel, 2007 ; Nascimento, 2009 ; Cuvelier, 2011). Différents systèmes sociotechniques ont servi de supports aux recherches menées en fonction de leurs caractéristiques : de peu sûr à ultra sûr. Ainsi les résultats de ces recherches permettent d'effectuer un comparatif des définitions proposées de la « sécurité gérée ».

Niveau de sécurité du système	Niveau de réglementation sécurité	Définition de la « sécurité gérée »
<i>Pêche maritime</i>		
Peu sûr	Très peu réglé	<i>Très dépendant du savoir-faire des opérateurs</i>
<i>Radiothérapie</i>		
Sûr	Moyennement réglé	<i>Fondée sur les connaissances locales des opérateurs</i>
<i>Anesthésie</i>		
Ultra sûr	Moyennement réglé	<i>Dépend de la gestion des ressources des opérateurs</i>
<i>Transport aérien</i>		
Ultra sûr	Ultra réglée	<i>Repose sur l'expertise des opérateurs qui permet de faire un écart raisonné aux règles</i>

*Tableau 32. Définition de la « sécurité gérée » en fonction du niveau de sécurité du système sociotechnique et de la « sécurité réglée »*

Le tableau 32 de synthèse permet de constater que la définition de la « sécurité gérée » diffère selon le système sociotechnique, et que cette différence s'exprime aussi en fonction du niveau de sécurité du système et, par conséquent, de la « sécurité réglée ». Ainsi, nous pouvons raisonnablement en déduire que la « sécurité gérée », et la « sécurité réglée » sont interdépendantes et en interactions, et que la « sécurité gérée » s'exprime différemment selon le niveau de sécurité du système sociotechnique. Ce constat est en adéquation avec l'hypothèse de Nascimento (2009), selon laquelle, la « sécurité gérée » dans un système moins contraint par les règles, n'est pas de nature identique à celle d'un système soumis à des réglementations.

### 10.3.2 La sécurité totale du système : bien plus qu'une simple addition de la « sécurité gérée » et de la « sécurité réglée »

Nous avons proposé (Cf. Chapitre 10.2) une nouvelle définition de la « sécurité réglée » qui intègre un sous-ensemble : la « sécurité gérée ». Dans le système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé étudié, la « sécurité gérée » s'exprime non seulement dans la zone contrainte par les règles mais aussi hors de cette zone. Si l'on matérialise ces zones dans l'enveloppe de

sécurité (Hale et al., 2007), il apparaît dans cet espace multidimensionnel (Figure 41) trois zones de sécurité.

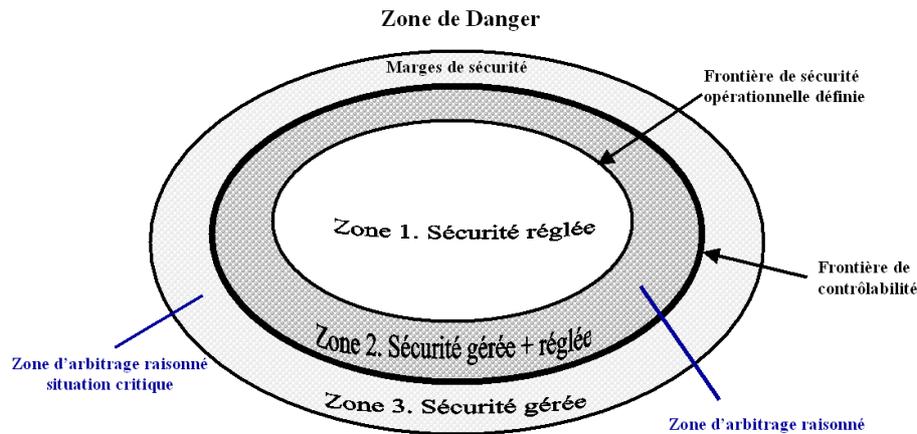


Figure 41. Les zones d'arbitrages raisonnés et l'enveloppe de sécurité

Zone 1 : dans laquelle la « sécurité réglée » permet à l'activité de se dérouler sans que des dommages puissent se produire. Cette zone est bordée par la frontière de sécurité opérationnelle définie au niveau « blunt end » qui garantit des marges de sécurité. Mais ces marges se font au détriment de la production ou d'autres objectifs de l'entreprise. Dans cette zone, les règles sont suffisantes pour atteindre simultanément les objectifs fixés par l'organisation et le niveau de sécurité attendu.

Zone 2 : dans laquelle la « sécurité gérée » permet à l'activité de s'y dérouler temporairement sans dommage. Comme nous l'avons proposé, cette zone de contrôlabilité est définie aux niveaux « blunt end » et « sharp end » et est bornée par « la sécurité réglée ». La pénétration dans cette zone se fait lors d'arbitrages raisonnés, lorsque la règle ou la situation imprévue ne permet pas de maintenir les objectifs. L'entrée volontaire et raisonnée dans cette zone repose sur les capacités de résilience de l'opérateur. Ainsi dans cet espace, la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée » évoluent de façon disjointe. En maintenant le niveau de sécurité les opérateurs essaient de maintenir la performance. L'opérateur ne sacrifie pas la sécurité au détriment de la performance. C'est par exemple, le pilote qui fait le choix de poursuivre son approche stabilisée en dessous de 1000 ft, tout en sachant qu'il sera stabilisé avant 500 ft. Le pilote essaie de maintenir la performance en minimisant les risques. L'avion va se poser à l'heure, et l'incursion dans la zone d'arbitrage raisonnée est consciente et contrôlée.

Zone 3 : dans laquelle la « sécurité gérée » permet de faire face à une situation critique imprévue et extrêmement rare (qualifiée d'impensable). L'opérateur (niveau « sharp end »)

dispose de règles d'urgence, adaptées ou non à la situation. Pour gérer la situation, l'opérateur doit faire preuve de toutes ses capacités de résilience. La performance n'est plus un objectif ; seule la sécurité prime. C'est par exemple, confronté à la double panne moteur après le décollage (i.e. amerrissage de l'airbus sur l'Hudson en 2010), l'équipage qui arbitre dans un premier temps entre, se poser sur l'Hudson ou faire un retour sur le terrain de départ. Puis, il arbitre entre suivre les règles (procédures de secours) ou les adapter.

Dans la partie 2 (Cf. Chapitre 2.1.1), nous avons abordé la compatibilité des deux formes de sécurité « gérée » et « réglée ». A la lumière de notre analyse, nous pensons que ces deux expressions de la sécurité sont interdépendantes et en interactions. De plus, en s'appuyant sur le modèle des zones d'arbitrages raisonnés et de sécurité (Figure 41), nous avons souligné que la sécurité totale d'un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé n'est pas qu'une simple addition de deux composantes. Ainsi nous proposons que la formule de Morel (2007) et Daniellou et al. (2010), évolue vers :

$$\text{Sécurité Totale (ou observée)} = \text{Sr U Sg}$$

En effet, la Sécurité Totale d'un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé est bien plus que la somme des deux composantes de la sécurité : « réglée et gérée ». Ces deux formes de sécurité ne sont pas les extrémités de deux continuums de sécurité, dans laquelle la « sécurité réglée » permet de prévoir le mieux possibles les situations possibles, et la « sécurité gérée » permet de faire face aux situations imprévues. Les arbitrage raisonnés qui intègrent performance et sécurité en sont la preuve ; la « sécurité gérée » est un sous-ensemble de la « sécurité réglée ».

Considérer ces deux formes de sécurité comme étant additives revient à avoir une vision classique de la sécurité. Celle-ci est basée sur la conformité aux règles sans déviance pendant l'exécution pour les situations anticipées et sur la capacité de s'écarter des règles pour faire face aux situations imprévues par l'organisation. Ce modèle n'est pas réaliste dans notre système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé, dans lequel, par son omniprésence, la « sécurité réglée » étouffe la « sécurité gérée ». Un excès de normalisation peut mettre en péril la résilience du système (capacité à faire face aux situations imprévues résiduelles) en tuant la « sécurité gérée » (Tassaux et al., 2010). Ainsi, notre deuxième question de recherche rejaillit : « Est-il possible de réinjecter de la « sécurité gérée » dans un système ultra sûr ? ».

### 10.3.3 Réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée »

Notre première question de recherche concernait les deux composantes de la sécurité observée : la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée ». Au cours de la discussion nous avons souligné que ces deux composantes de la sécurité sont interdépendantes et en interactions, et que la « sécurité gérée » s'exprime différemment selon le niveau de sécurité du système sociotechnique. Nous avons proposé que la sécurité totale du système ne résulte pas de la simple addition de la « sécurité réglée » et la « sécurité gérée ». En s'appuyant sur ces propositions, nous pouvons maintenant nous attacher à discuter s'il est encore possible de réinjecter de la « sécurité gérée », sans affecter la « sécurité réglée » dans un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglé.

L'analyse de trois cent quatre-vingts assistances techniques a révélé que dans vingt-sept cas l'avion était remis en service avec un défaut dont le statut réglementaire était non navigable (Cf. Chapitre 7). Dans quinze situations, les opérateurs ne disposaient pas de règle de maintenance applicable et, dans douze cas, une règle de maintenance était applicable et n'a pas été mise en œuvre par les Experts. Dans le premier cas, la proposition de solution consiste à transférer la « sécurité gérée » dans la « sécurité réglée », en donnant un cadre légal d'expression à ces situations. Ce transfert ne se traduira vraisemblablement pas, par une augmentation du niveau de Sécurité Totale du système. Dans les douze cas où la règle n'a pas été suivie par les opérateurs, il n'existe pas actuellement de solution pour les légitimer. Pour nous, ces situations particulières d'assistances sont l'expression de la « sécurité gérée » et assimilable à de la résilience. L'introduction du Système de Management de la Sécurité va se traduire par la mise en œuvre du pilier de la gestion des risques. Cette analyse proactive va conduire les entreprises de transport aérien à mettre en place des mesures destinées à protéger le système contre les risques identifiés. Ces mesures vont avoir principalement comme objectifs de renforcer les barrières existantes ou d'en construire de nouvelles. La « sécurité réglée » va être renforcée. Et, si lors de ces études de risques, des traces d'expression de la « sécurité gérée » se font jour, l'organisation sera tentée de les déverser dans la « sécurité réglée ». De la sorte, le niveau de la « sécurité réglée » va augmenter, et le nombre d'arbitrages raisonnés va inexorablement augmenter avec le risque de devenir hors de contrôle de l'organisation.

L'idée, qui domine actuellement et selon laquelle l'articulation de la « sécurité gérée » et la « sécurité réglée » repose sur un ajustement ( curseur que l'on déplace), présente certaines

limites. Ces deux formes de sécurité ne sont pas les extrémités de deux continuums de sécurité. Les opérateurs articulent et combinent en permanence la « sécurité gérée » et la « sécurité réglée » pour faire face à la complexité et la variabilité des systèmes sociotechniques. C'est un équilibre sans cesse reconstruit entre les règles et l'action (Nascimento, 2009). Il ne faut donc pas opposer ces deux composantes de la Sécurité Totale (Valenduc, 2009). Alors, réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée » n'est pas une chose aisée. Cela passerait, dans un premier temps, par simplifier et nettoyer les règles accumulées pour ne garder que celles contributives (Amalberti, 2003), puis, à partir des pratiques de sécurité établir des règles pertinentes (De Terssac et al., 2009) intégrant la « sécurité réglée ». Dans un second temps, il faudrait rendre de l'autonomie aux opérateurs et développer leurs habiletés à opérer aux limites de l'enveloppe de sécurité, à faire face à l'inattendu, et à sortir du cadre en situation d'urgence. Cette autonomie retrouvée devrait être accompagnée et explicitée (i.e. formation, guide). Ces habiletés devraient être enseignées et maintenues en permanence. De part les relations de dépendance entre ces deux formes de sécurité, réinjecter de la « sécurité gérée » ne peut se faire une évolution conjointe de la « sécurité réglée ».

De nos jours, il n'y a pas de solution pour, à la fois, sur-sécuriser un système sociotechnique ultra sûr, et entretenir et développer la résilience des opérateurs. L'ingénierie de la résilience peut être la voie à suivre afin de réintroduire de la résilience dans les systèmes complexes tout en améliorant le niveau de sécurité atteint.

## Perspectives de recherche

La question de recherche qui demande de nouvelles études, est celle de la possibilité de réinjecter de la « sécurité gérée » sans affecter la « sécurité réglée » dans un système sociotechnique ultra sûr et ultra réglée. Les recherches futures devront s'attacher à déterminer les modalités de réintroduction de la « sécurité gérée » et, à évaluer le gain espéré et attendu en sécurité du système, afin de ne pas suivre une piste qui conduirait à sa fin. Les industries à risques ont besoin de l'apport de la recherche pour leur offrir une vision moderne du concept de sécurité et non pas seulement pour servir de terrain d'investigations en cas d'événement. Comprendre ce qui s'est passé c'est bien, mais cela ne protège pas contre l'accident de demain.

L'ingénierie de la résilience (Hollnagel, Woods & Leveson, 2006 ; Hollnagel et al., 2010) sort doucement de sa chrysalide. L'ergonomie doit y investir ses connaissances, ses méthodes et ses outils afin d'opérationnaliser le concept de résilience. La résilience est un nouveau regard sur la sécurité qui a besoin de l'éclairage, de l'ergonomie pour mettre en relation l'activité des opérateurs, et la gestion des risques.

## Bibliographie

AASE, K., WIIG, S., HOYLAND, S. Safety First! Organizational Efficiency Trends And Their Influence On Safety. *Safety Science Monitor*, 2009, 13 (2), 1-11

ACSNI Human Factors Study Group. Third Report: *Organising for Safety*, Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations, Health and Safety Commission, 1993

AIR JOURNAL. [ 30 juin 2011], <http://www.air-journal.fr/>

AIT AMEUR, L., VAN DAELE, A. Apport de l'analyse de l'activité lors de l'accompagnement du changement dans l'aide médicale urgente. In : PETERSEN, N., BOUDRIAS, J.S. et SAVOIE, A. (éd.), *Entre tradition et innovation, comment transformons-nous l'univers de travail ?* Montréal : Presses de l'Université du Québec, 2008, 11 p.

ALPER, S., KARSH, B. A systematic review of safety violations in industry. *Accident Analysis and Prevention*, 2009, 41, 739-754

AMALBERTI, R. Quel équilibre entre sécurité contrainte et sécurité gérée ? *Les cahiers de la sécurité industrielle*, 2009, 1-28

AMALBERTI, R. Ultrasécurité : une épée de Damoclès pour les hautes technologies ? *Les dossiers de la recherche*, 2007, 26, 74-81

AMALBERTI, R. « Optimum system safety and optimum system resilience: Agonist or antagonist concepts? » In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. and LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate, 2006, 397 p.

AMALBERTI, R. De la gestion des erreurs à la gestion des risques. In : FALZON, P. (éd.), *Traité d'ergonomie*. Paris : Presses Universitaires de France, 2004, 680 p.

AMALBERTI, R. La difficulté d'améliorer encore le niveau de sécurité. *Pilote de ligne*, 2003, 38, 17-19

AMALBERTI, R. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science*, 2001, 37, 109-126

AMALBERTI, R. Les effets pervers de l'ultra sécurité : application à la sécurité transfusionnelle. *Conférence invitée au IVème congrès d'Hémovigilance et de Sécurité Transfusionnelle, Aix Les Bains (France), 8-10 novembre 2000*

AMALBERTI, R. *La conduite de systèmes à risques*. Paris : Presses Universitaires de France, 1996, 242 p.

AMALBERTI, R., AUROY, Y., ASLANIDÉS, M. Understanding Violations and Boundaries. Unpublished working paper. *The Canadian Healthcare Safety Symposium, Edmonton (Canada), 14-16 october 2004*

- AMALBERTI, R., HOC, J-M. Analyse des activités cognitives en situation dynamique : Pour quel buts ? Comment ? *Le travail humain*, 1998, 61 (3), 209-234
- AMALBERTI, R., HOURLIER, S. Human error reduction strategies in health care. In : CARAYON, P. (éd.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Healthcare and Patient Safety*. New Jersey: Hillsdale, 2006, 995 p.
- AMALBERTI, R., VINCENT, C., AUROY, Y., DE SAINT MAURICE, G. Violations and migrations in health care: a framework for understanding and management. *Qual. Saf. Health Care*, 2006, 15, 66-71
- ANAUT, M. La relation de soin dans le cadre de la résilience. *CNAF Informations sociales*, 2009, 156, 70-78
- ANCEAUX, F., CHAUVIN, C. Les activités de gestion de soins : un cadre d'étude privilégié de la cognition en situation naturelle. *Le travail humain*, 2010, 4 (73), 293-297
- AVIATION SAFETY REPORTING SYSTEM – ASR. [12 janvier 2011], <http://asrs.arc.nasa.gov/index.html>
- AVIATION SAFETY COUNCIL. [12 janvier 2011], [http://www.asc.gov.tw/asc\\_en/](http://www.asc.gov.tw/asc_en/)
- BECKER, T. Economy versus safety – the professional's dilemma. Learning from Experience. *HINDSIGHT*, 2007, 4, 16-19
- BEGUIN, P., WEILL-FASSINA, A. *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*. Toulouse : Octarès Editions, 1997, 136 p.
- BELMONTE, F., SCHON, W., HEURLEY, L., CAPEL, L. Interdisciplinary safety analysis of complex socio-technological systems based on the functional resonance accident model: An application to railway traffic supervision. *Reliability Engineering and System Safety*, 2011, 96, 237-249
- BESNARD, D. Quelques mythes de la sécurité industrielle. *Risque Sécurité Environnement*, 2010, 32-35
- BESNARD, D., GREATHEAD, D. A cognitive approach to safe violations. *Cognition, Technology, and Work*, 2003, 5, 272-282
- BLASKSTAD, H.C., HOVDEN, J., ROSNESS, R. Reverse invention: An inductive bottom-up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modifications in the Norwegian railway system. *Safety Science*, 2010, 48, 382-394
- BOTTANI, A., MONICA, L., VIGNALI, G. Safety management systems: Performance differences between adopters and non-adopters. *Safety Science*, 2009, 47, 155-162
- BROOKER, P. The U<sup>2</sup> berlingen accident: Macro-level safety lessons. *Safety Science*, 2008, 46, 1483-1508
- BUREAU DE LA SECURITE DES TRANSPORTS DU CANADA – TSB. [30 janvier 2011], <http://www.tsb.gc.ca/fra/>

- CARLEY, W.M. Swissair pilots differed on how to avoid crash. *Wall Street Journal*, [en ligne], 1999, [21 août 2011]. <http://www.iasa.com.au/folders/sr111/WallStreet.html>
- CHAUVIN, C., LARDJANE, S. Decision making and strategies in an interaction situation: Collision avoidance at sea. *Transportation Research*, 2008, Part F 11, 259-269
- CHEVREAU, F-R., WYBO, J-L. « Approche pratique de la culture de sécurité ». Pour une maîtrise des risques industriels plus efficace. *Revue française de gestion*, 2007, 174, 171-189
- COLIN, A. La résilience : un concept pour la gestion des risques. *Annales de géographies*, 2007, 654, 115-125
- COSTELLA, M.F., SAURIN, T.A., GUIMARAES, L. A method for assessing health and safety management systems from the resilience engineering perspective. *Safety Science*, 2009, 47, 1056-1067
- COWING, M., PATE´-CORNEILL, E., GLYNN, P. Dynamic Behaviour of the tradeoff between productivity and safety in critical engineering systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 2004, 86, 269-284
- CRESWELL, J.W. *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Third ed.). Los Angeles : SAGE Publications, Inc., 2009, 206 p.
- CULTURE DE SECURITE INDUSTRIELLE, 2010, Toulouse, France, [en ligne] 2010-02, [10 janvier 2011]. [http://www.icsi-eu.org/francais/dev\\_cs/cahiers/](http://www.icsi-eu.org/francais/dev_cs/cahiers/)
- CUVELIER, L. *De la gestion des risques à la gestion des ressources de l'activité. Etude de la résilience en anesthésie pédiatrique*. Thèse de doctorat, CNAM Paris, 2011, 262 p.
- CUVELIER, L., FALZON, P. Adaptation des systèmes, adaptation des opérateurs : de la résilience l'ergonomie et retour. In : *actes du 45<sup>ème</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Liège (Belgique)*, 2010, 114-118
- DANIELLOU, F. Le travail des prescriptions. In : *actes du 37<sup>ème</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Aix en Provence (France)*, 2002, 9-16
- DANIELLOU, F. Questions épistémologiques soulevées par l'ergonomie de conception. In : DANIELLOU, F. (éd.), *L'ergonomie en quête de ses principes. Débats épistémologiques*. Toulouse : Octarès Editions, 1996, 242 p.
- DANIELLOU, F., SIMARD, M., BOISSIERES, I. Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : un état de l'art. *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, 2010, 123 p.
- DE FLORIO, F. *Airworthiness : an introduction to aircraft certification*. Oxford, UK : Elsevier Ltd, 2006, 349 p.
- DEJOURS, C. « Sciences du travail et politique. À partir de l'œuvre de Wisner ». *Travailler*, 2006, 15, 207-218
- DELVOSALLE, C., FIEVEZ, C., PIPART, A., CASAL FABREGA, J., PLANAS, E., CHRISTOU, M., MUSHTAQ. F. Identification of reference accident scenarios in SEVESO establishments. *Reliability Engineering and System Safety*, 2005, 90, 238-246

DEKKER, S. Resilience Engineering: Chronicling the Emergence of Confused Consensus. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. and LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate, 2006, 397 p.

DEKKER, S. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety. *Applied Ergonomics*, 2003, 34, 233-238

DEKKER, S., HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D., COOK, R. *Resilience Engineering : New directions for measuring and maintaining safety in complex systems*. Final Report, Lund University School of Aviation, 2008

DGAC Direction Générale de l'Aviation Civile. [01 septembre 2011], <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Secteur-Aerien,1633-.html>

DHILLON, B.S. *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Boca Raton Florida: CRC Press, 2002, 224 p.

DICIOCCIO, A. Practical implementation of SMS. In : *proceedings of the ERA Safety Management System Workshop, Brussels (Belgium), 6-7 July 2011*

EASA Agence Européenne de l'Aviation Civile. [01 septembre 2011], <http://www.easa.europa.eu/>

EASA – EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. Continuing airworthiness of Aircraft (EASA PART M), [en ligne], 2003, [10 avril 2011]. <http://www.easa.eu.int/rulemaking/>

EDKINS, G. The INDICATE safety program: evaluation of a method to proactively improve airline safety performance. *Safety Science*, 1998, 30, 275-295

EIFF, G.M., SUCKOW, M. Reducing accident and incidents through control of process. *The international journal of aviation psychology*, 2008, 18 (1), 43-50

ENDSLEY, M.R. Situation awareness in aircraft maintenance teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2000, 26, 301-325

ENDSLEY, M.R. The role of Situation Awareness in Naturalistic Decision Making. In : ZSAMBOK, C.E., & KLEIN, G. (éd.), *Naturalistic decision making*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1997, 285-292

ENDSLEY, M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 1995a, 37 (01), 32-64

ENDSLEY, M.R. A taxonomy of situation awareness errors. In : FULLER, R., JONHSON, N., MCDONALD, N. (éd.), *Human Factors in Aviation Operations : Proceedings of the Western European Association of Aviation Psychology 21<sup>st</sup> Conference. Dublin, 1995*. Ireland : Avebury Aviation, 1995b, 287-292

ENDSLEY, M.R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: *Proceedings of the Human Factors Society 32<sup>nd</sup> Annual Meeting, Santa Monica, 1988*. CA : Human Factors Society. 1988, 97-101

ENDSLEY, M.R., ROBERTSON, M. Situation awareness in aircraft maintenance teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2000, 26, 301-325

- ENGESTROM, Y. Expansive Visibilization of Work: An Activity-Theoretical Perspective. *Computer Supported Cooperative Work*, 1999, 8, 63-93
- ESLER, D. Flight Risk: The Threat of Criminalization. *Aviation Week*, 2011, 1-6
- EUROPEAN JOINT AVIATION AUTHORITIES. [01 septembre 2011], <http://www.jaa.nl/>
- FAA – FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. [01 septembre 2011], <http://www.faa.gov/>
- FALZON, P. Rule-based safety vs adaptative safety : an articulation issue. In : *proceedings of the International Europhysics Conference on High Energy Physics, Grenoble (France), Juillet 2011*
- FALZON, P. La construction des connaissances en ergonomie : éléments d'épistémologie. In : DESSAIGNE, M.F. & GAILLARD, I. (éd.), *Des évolutions en ergonomie*. Toulouse : Octarès Editions, 1998a, 253 p.
- FALZON, P. « Qu'est-ce que la recherche en Ergonomie? ». In : *actes du colloque « Recherche et Ergonomie », Toulouse (France), février 1998b*, 225-231
- FALZON, P., DARSES, F. Les processus de coopération dans les dialogues d'assistance. In : *Communication au XXVII ième Congrès de la SELF, Lille (France), 1992*. Toulouse : Octarès Editions, 1993, 1-6
- FAVERGE, J.M. *Psychologie des accidents de travail*. Paris : Presses Universitaires de France, 1967, 159 p.
- FERREIRA, P., WILSON, J.R., RYAN, B., SHARPLES, S. Measuring Resilience in the Planning of Rail Engineering Work. In : HOLLNAGEL, E., PARIES, J., WOODS, D.D., WREATHALL, J. (éd.), *Resilience Engineering in Practice: A guide book*. Farnham, UK : Ashgate, 2010, 362 p.
- FILLIETTAZ, L. « Négociation langagière et prise de décision dans le travail collectif ». *Négociations*, 2005, 3, 27-43
- FLIN, R. Measuring safety culture in healthcare: A case for accurate diagnosis. *Safety Science*, 2007, 45, 653-667
- FLIN, R. Erosion of Managerial Resilience : Vasa to NASA. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D., LEVESON, N. (Eds.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershoot, UK: Ashgate, 2006, 397 p.
- GAILLARD, I. Le retour d'expérience analyse bibliographique des facteurs socio-culturels de réussite. *Les cahiers de la sécurité industriels*, 2008, 01, 1-53
- GARRIGOU, A., CARBADELLA, G., DANIELLOU, F. Know-how in maintenance activities and reliability, in a high-risk process control plant. *Applied Ergonomics*, 1998, 29 (2), 127-132
- GILBERT, C. Erreurs, défaillances, vulnérabilités : vers de nouvelles conceptions de la sécurité ? In : CAHIERS du GIS Risques Collectifs et Situations de Crise. *Risques, crises et*

*incertitudes : pour une analyse critique*. Grenoble : Publications de la MSH-ALPES, 2005, 257 p.

GILBERT, C. Retour d'expérience : le poids des contraintes. *Anales des mines*, 2001, 9-24

GILBERT, C., AMALBERTI, R., LAROCHE, H., PARIES, J. Errors and Failures: Towards a New Safety Paradigm. *Journal of Risk Research*, 2007, 10 (7), 959-975

GILL, G.K., SHERGILL, G.S. Perceptions of safety management and safety culture in the aviation industry in New Zealand. *Journal of Air Transport Management*, 2004, 10, 233-239

GIROUD, M. La régulation médicale en médecine d'urgence, *Réanimation*, 2009, 18 (8), 737-741

GOMES, J.O., WOODS, D.D., CARVALHO, P.V.R., HUBER, G.J., BORGES, M.R.S. Resilience and brittleness in the offshore helicopter transportation system: The identification of constraints and sacrifice decisions in pilots' work. *Reliability Engineering and System Safety*, 2009, 94, 311-319

GORDON, J.E. The epidemiology of accidents. *American Journal of Public Health*, 1949, 504-515

GRAS, A., BUBEY, G. *L'AVION. Le rêve, la puissance et le doute*. Paris : Publications de la Sorbonne, 2009, 315 p.

GROTAN, T.O., STORSETH, F., RO, M.H., SKJERVE, A.B. Resilience, Adaptation and Improvisation – increasing resilience by organising for successful improvisation. In : *proceedings 3<sup>rd</sup> Symposium on Resilience Engineering Antibes, Juan-Les-Pins (France), October 28-30, 2008*, 7 p.

GUERIN, F., LAVILLE, A., DANIELLOU, F., DURAFFOURG, J., KERGUÉLEN, A. *Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie*. Lyon : ANACT, 1997, 286 p.

GUILBERT, L., LANCRY, A. « L'analyse des activités des cadres : l'intérêt de la triangulation des méthodes ». *Le travail humain*, 2007, 70, 313-342

GULDENMUND, F.W. The nature of safety culture: a review of theory and research. *Safety Science*, 2000, 34, 215-257

HADDON, W.J. Energy Damage and the Ten Countermeasure Strategies. *Human Factors*, 1973, 15 (4), 355-366

HALE, A.R. Why safety performance indicators? *Safety Science*, 2009, 47, 479-480

HALE, A.R., ALE, B.J.M., GOOSSENS, L.H.J., HEIJER, T., BELLAMY, L.J., MUD, M.L., ROELEN, A., BASKSTEEN, H., POST, J., PAPAZOGLU, I.A., BLOEMHOFF, A., OH, J.I.H. Modeling accidents for prioritizing prevention. *Reliability Engineering and System Safety*, 2007, 92, 1701-1715

HALE, A.R., HEIJER, T. Is resilience really necessary? The case of railways. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D., LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and precepts*. Aldershot and Burlington: Ashgate, 2006, 397 p.

- HART, C.A. Stuck on a plateau : a common problem. In : PHIMISTER, J. R., BIER, V., KUNREUTHER, H. (éd.), *Accident precursor analysis and management : reducing technological risk through diligence*. Washington, D.C. : National Academies Press, 2004, 220 p.
- HERRERA, L., TINMANN SVIK, R.K. Key elements to avoid drifting out the safety space. In : *proceedings Resilience Engineering Conference, Juan les Pins (France), November 8-10 2006*
- HOBBS, A. *An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance*. Australian, 2008
- HOBBS, A. *Latent failure in the hangar ; uncovering organizational decencies in maintenance operations*, SJSU/NASA-Ames research center USA, 2004, 11 p.
- HOBBS, A., KANKI, B. Patterns of error in confidential maintenance incident report. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2008, 18 (1), 5-16
- HOBBS, A., WILLIAMSON, A. Association between errors and contributing factors in aircraft maintenance. *Human Factors*, 2003, 45, 186-201
- HOBBS, A., WILLIAMSON, A. Unsafe acts and unsafe outcomes in aircraft maintenance. *Ergonomics*, 2002, 45 (12), 866-882
- HOC, J.M. Hommage à Jean-François Richard. La modélisation des activités complexes. In : HOC, J.M. & CORSON, Y. (éd.), *Actes du Congrès 2007 de la Société Française de Psychologie, Nantes, 2007*. Bruxelles : Editions de l'Université de Bruxelles, 2008, 9-16
- HOC, J.M., AMALBERTI, R. « Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques ». *Psychologie française*, 1994, 39, 177-192
- HOC, J.M., AMALBERTI, R. Analyse des situations complexes : d'un cadre théorique à une Méthode. *Le travail humain*, 1999, 62 (2), 97-129
- HOC, J.M., AMALBERTI, R. Diagnosis: some theoretical questions raised by applied research. *Current Psychology of cognition*, 1995, 14, 73-100
- HOLLNAGEL, E. Prologue: The Scope of Resilience Engineering. In : HOLLNAGEL, E., PARIES, J., WOODS, D.D., WREATHALL, J. (éd.), *Resilience Engineering in Practice: A guidebook*. Farnham, UK: Ashgate, 2010, 362 p.
- HOLLNAGEL, E. *The ETTO Principle : Efficiency – Thoroughness Trade – Off. Why things that go right sometimes go wrong ?* Farnham, U.K : Ashgate, 2009, 150 p.
- HOLLNAGEL, E. Risk + barriers = safety? *Safety Science*, 2008, 46, 221-229
- HOLLNAGEL, E. *Barriers and Accident Prevention*. Aldershot, UK : Ashgate, 2004, 226 p.
- HOLLNAGEL, E. Accidents and Barriers. In : HOC, J.M., MILLOT, P., HOLLNAGEL, E., and CACCIABUE, P.C. (éd.), *Seventh European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control – CSAPC'99, Villeneuve d'Ascq (France), 1999*. Valenciennes France : Presses Universitaires de Valenciennes, 2000, 175-180

- HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. Epilogue : Resilience Engineering precepts. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. and LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate, 2006, 397 p.
- HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. *Joint Cognitive Systems: Foundations of Cognitive Systems Engineering*. Boca Raton, FL : CRC Press / Taylor & Francis, 2005, 223 p.
- HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. Cognitive systems engineering: new wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1983, 18, 583-591
- HUBER, S., VAN WIJGERDEN, I., de WITT, A., DEKKER, S. Learning From Organizational Incidents: Resilience Engineering for High-Risk Process Environments. *Process Safety Progress*, 2009, 28 (1), 90-95
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Doc 9859-AN/460). *Safety Management Manual*. Montreal, Canada : ICAO, 2009, 130 p.
- INTERNATIONAL AVIATION TRANSPORT ASSOCIATION. [29 juillet 2011], [http://www.iata.org/pressroom/facts\\_figures/fact\\_sheets/pages/fuel.aspx](http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/pages/fuel.aspx)
- MINISTERE DE L'INTERIEUR, DE L'OUTRE MER, DES COLLECTIVITES TERRITORIALES ET DE L'IMMIGRATION. [25 juin 2011], [http://www.interieur.gouv.fr/sections/a\\_1\\_interieur/defense\\_et\\_securite\\_civiles/dossiers/plan-orsec](http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_1_interieur/defense_et_securite_civiles/dossiers/plan-orsec)
- INERIS. *Etude comparative des référentiels relatifs au management de la santé et de la sécurité au travail applicables*. France, 2006
- KANKI, B., HOBBS, A. Maintenance Human Factors: Introduction to the Special Issue. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2008, 18 (1), 1-4
- KARSENTY, L, QUILLARD, A. Gestion de l'imprévu et reconstruction collective du sens de la situation : Analyse de cas aux niveaux individuel, collectif et organisationnel. In : *actes du 46<sup>ième</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Paris (France), 14-16 sept. 2011*
- KLEIN, G.A. The recognition-primed decision (RPD) model: Looking back, looking forward. In : ZSAMBOK, C. E. & KLEIN, G. (éd.), *Naturalistic decision making*. Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates, 1997, 285-292
- KLEIN, G.A., ORASANU, J., CALDERWOOD, R., ZAMBOCK, C.E. *Decision-making in action : models and methods*. Norwood, NJ: Ablex, 1993, 480 p.
- KLEIN, G.A., PHILLIPS, J.K., RALL, E., PELUSO, D.A. A data/frame theory of sensemaking. In : HOFFMAN, R.R. (éd.), *Expertise out of Context*. Erlbaum : Mahwah, NJ, 2007, 544 p.
- KRULAK, D.C. Human Factors in Maintenance : impact on aircraft mishap frequency and severity. *Aviation Space Environmental Medicine*, 2004, 75, 39-32
- LA PORTE, T.R., CONSOLINI, P.M. Working in Practice but not in Theory: Theoretical Challenges of High Reliability organizations. *Journal of Public administration Research and Theory*, 1991, 1, 19-47

- LARGIER, A., LOT, N. Quand un train peut en cacher un autre. *In : actes du 45<sup>ième</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Liège (Belgique), 2010, 236-243*
- LATTANZIO, D., PATANKAR, K., KANKI, B.G. Procedural error in maintenance : A review of research and methods. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2008, 18 (1), 17-29
- LAWTON, R. Not working to rule: understanding procedural violations at work. *Safety science*, 1998, 28 (2), 77-95
- LE COZE, J-C. Regard sur la résilience : entre description, évaluation et ingénierie. *In : actes du 44<sup>ième</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Toulouse (France), 2009, 119-126*
- LEPLAT, J. Pistes a lu pour vous : Resilience engineering. Concepts and precepts. *Pistes*, 2007, 9 (2), 1-3
- LEPLAT, J. De l'étude de cas à l'analyse de l'activité. *Pistes*, 2002, 4/2, 1-31
- LEPLAT, J. About implementation of safety rules. *Safety Science*, 1998, 29, 189-204
- LEPLAT, J. *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris : Presses Universitaires de France, 1997, 236 p.
- LEPLAT, J., TERSSAC (de), G. *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Toulouse : Octarès Editions, 1990, 383 p.
- LEPLAT, J., HOC, J.M. « Tâches et activités dans l'analyse psychologique des situations ». *Cahiers de psychologie cognitive*, 1983, 3, 49-64
- LEVESON, N. A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 2004, 42, 237-270
- MARAIS, K.B., DULAC, N., LEVESON, N. Beyond normal accident and high reliability organizations: The need for an alternative approach to safety in complex systems. *In : proceedings Engineering system Division Symposium, MIT, March 29-31 2004, 1-16*
- MARAIS, K.B., SALEH, J.H. Conceptualizing and communicating organizational risk dynamics in the thoroughness-efficiency space. *Reliability Engineering and System Safety*, 2008, 93, 1710-1719.
- MARC, J., AMALBERTI, R. « Contribution individuelle à la sécurité du collectif : l'exemple de la régulation du SAMU ». *Le travail humain*, 2002, 3 (65), 217-242
- MARQUIE, L., RAUFASTE, E., MARINE, C., ECOIFFIER, M. L'erreur de diagnostic en médecine d'urgence : application de l'analyse rationnelle des situations de travail. *Le travail humain*, 2003, 66, 347-376
- MASON, S. Procedural violations – causes, costs and curves. *In : REDMILL, F. and RAJAN, J. (éd.), Human Factors in Safety – Critical Systems*. London: J. Butterworth Heinemann, 1997, 287-318

- MAZET, C., GUILLERMAIN, H. Concepts de base. In : AMALBERTI, R., MOSNERON-DUPIN, F. (Dir.), *Facteurs humains et fiabilité, quelles démarches pratiques ?* Toulouse : Octarès Editions, 1997, 16-19
- MCDONALD, N. « Organizational Resilience and Industrial Risk ». In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D. and LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK : Ashgate, 2006, 397 p.
- MCDONALD, N., CORRIGAN, S., CROMIE, S., DALY, C. An organisational approach to human factors. In : HAYWARD, B.J. and LOWE, A.R. (éd.), *Aviation Behavior management*. Aldershot : Ashgate, 2000, 51-61
- MINETA, N.Y. *Avoiding Aviation Gridlock: A consensus for change, Technical report*. National Civil Aviation Review Commission, United States, 1997
- MOLESWORTH, BR., TSANGA, M.H., KEHOEB, E.J. Rehearsal and verbal reminders in facilitating compliance with safety rules. *Accident Analysis and Prevention*, 2011, 43, 991-997
- MOLLO, V., FALZON, P. Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics*, 2004, 35 (6), 531-540
- MORANO, M., CORREA, M.A., SOLA, R. Strategy for the development of operational safety indicators in the chemical industry. In : *proceedings of the 9<sup>th</sup> International symposium on Loss Prevention and Safety Prevention and Safety Promotion in the process industries, Barcelona, 1999*, 205-215
- MOREL, G. *Sécurité et résilience dans les activités peu sûres : exemple de la pêche maritime*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Sud, France, 2007, 205 p.
- MOREL, G., CHAUVIN, C. La résilience des systèmes : historique et cadrage Conceptuel. *45<sup>ème</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française Liège (Belgique)*, 2010, 290-294
- MOREL, G., AMALBERTI, R., CHAUVIN, C. « How good micro/macro ergonomics may improve resilience, But not necessarily safety ». *Safety Science*, 2009, 47 (2), 285-294
- MOREL, G., AMALBERTI, R., CHAUVIN, C. Articulating the Differences Between Safety and Resilience: The Decision-Making Process of Professional Sea-Fishing Skippers. *Human Factors*, 2008, 50, 1-16
- MOREL, G., DICIOCCIO, A., BLATTER, C., KARSENTY, L., CUVELIER, L. Sécurité Prescrite vs Sécurité Gérée dans le cadre de la gestion des risques. *Journées de printemps du GDR Psycho-Ergo. Toulouse, France, les 04-05-06 avril 2011*
- MOTET, G. La norme ISO 31000. 10 questions. *Les cahiers de la Sécurité Industrielle*, 2009, 10 p.
- MUNDUTEGUY, C., DARSES, F. Perception et anticipation du comportement d'autrui en situation simulée de conduite automobile ». *Le travail humain*, 2007, 1 (70), 1-32

- MUNRO, P.A., KANKI, B.G., JORDAN, K. Beyond “Inop”: Logbook Communication Between Airline Mechanics and Pilots. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2008, 18 (1), 86-103
- MUNRO, P.A., KANKI, B.G., JORDAN, K. Reporting discrepancies: An assessment of the information needs of airline pilots and mechanics. In : PATANKAR, M. (éd.), *Proceedings of the First Safety Across High-Consequences Industries Conference, St. Louis, 2004*. MO : St. Louis University, 2004, 61-66
- MUNRO, P.A., KANKI, B.G. An analysis of ASRS maintenance reports on the use of minimum equipment lists. In : JENSEN, R. (éd.), *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Symposium on Aviation Psychology, Dayton, Ohio State University, 2003*, 851-856
- NASCIMENTO, A. *Produire la santé, produire la sécurité Développer une culture collective de sécurité en radiothérapie*. Thèse de doctorat d’ergonomie, CNAM Paris, 2009, 209 p.
- NASCIMENTO, A., FALZON, P. Produire la santé, produire la sécurité : récupérations et compromis dans le risque des manipulatrices en radiothérapie. *Activités*, 2009, 6 (2), 3-23
- NEYNS, V., CARRERAS, O., CELLIER, J-M. Évaluation et gestion des risques en anesthésie : stratégies mises en place par les médecins anesthésistes. *Le travail humain*, 2010, 4 (73), 319-337
- NYSSSEN, A.S. Travail, l’impossible respect des règles. *Sciences Humaines*, 2008, 195, 3 p.
- O’LEARY, M. The British airways human factors reporting programme. *Reliability engineering and system safety*, 2002, 75, 245-255
- OMBREDANE, A., FAVERGE, J.M. *L’analyse du travail*. Paris : PUF, 1955, 236 p.
- ÖZKAN, T., LAJUNEN, T., DOGRUYOL, B., YILDIRIM, Z., COYMAK, A. Motorcycle accidents, rider behaviour, and psychological models. *Accident and Analysis Prevention*, In press
- ÖZKAN, T., LAJUNEN, T. Multidimensional Traffic Locus of Control scale (T-LOC): factor structure and relationship to risky driving. *Personality and Individual Differences*, 2005, 38, 533-545
- PARIES, J. Lessons from the Hudson. In : HOLLNAGEL, E., PARIES, J., WOODS, D.D., WREATHALL, J. (éd.), *Resilience Engineering in Practice: A guide book*. Farnham, UK : Ashgate, 2010a, 362 p.
- PARIES, J. Resilience and the Ability to Respond. In : HOLLNAGEL, E., PARIES, J., WOODS, D.D., WREATHALL, J. (éd.), *Resilience Engineering in Practice: A guide book*. Farnham, UK : Ashgate, 2010b, 362 p.
- PARTIE 21. Annexe au Règlement (CE) n° 1702/2003 portant sur la Certification des aéronefs et produits, pièces et équipements d’aéronefs, et des organismes de conception et de production, 2003
- PATANKAR, S., TAYLOR, J. *Risk management and error reduction in aviation maintenance*. Aldershot, USA : Ashgate, 2004, 214 p.

- PERROW, C. The Limits of Safety: The Enhancement of a Theory of Accidents. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 1994, 2 (4), 212-220
- PERROW, C. *Normal accidents: living with high risk technologies*. New York : Basic Books, Inc., 1984, 451 p.
- PETTERSEN, K.A. Operational problem solving in aviation – the role of social and organisational factors in safety. In : SOARES, G. & SIO, E. (éd.), *Safety and Reliability for Managing Risk*. London : Taylor & Francis Group, 2006, 407-412
- PETTERSEN, K.A., AASE, K. Explaining safe work practices in aviation line maintenance. *Safety Science*, 2008, 42, 10-19
- PHILLIPS, E.H. Focus on accident prevention key to future airline safety. *Aviation Week and Space Technology*, 1994, 52-53
- PIDGEON, N., O'LEARY, M. Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Science*, 2000, 34, 15-30
- RANDEL, J.M., PUGH, H.L. Differences in expert and novice situation awareness in naturalistic decision making. *Journal of Human – Computer Studies*, 1996, 45, 579-597
- RAPPORT du Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME). *Maintenance et réparation aéronautique. Base de connaissances et évolution*. France, 2010
- RAPPORT du Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME). *Etude de la chaîne de valeur dans l'industrie*. Paris (France), 2009
- RAPPORT, *Safety in Norwegian aviation during the process of change*, Accident investigation board / Norway, 2005
- RASMUSSEN, J. Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. *Safety Science*, 1997, 27 (2), 183-213
- RASMUSSEN, J. Learning from experience? How? Some Research Issues in Industrial Risk Management. In : WILPERT, B. & QVALE, T. (éd.), *Reliability and safety in hazardous work systems*. Hillsdale, NJ, England : Lawrence Erlbaum Associates, 1993, 43-66
- RASMUSSEN, J. *Information Processing and Human-machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. Amsterdam, North Holland: Elsevier, 1986, 1582 p.
- RASMUSSEN, J., SVEDUNG, I. *Proactive risk management in a dynamic society*. Karlstad, Sweden : Swedish Rescue Services Agency, 2000, 160 p.
- REASON, J., HOLLNAGEL, E., PARIES, J. *Revisiting the “Swiss Cheese” model of accident (EEC Note No. 13/06)*. Brussels : Eurocontrol, 2006, 25 p.
- REASON, J. Safety paradoxes and safety culture. *Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2000, 7, 3-14

- REASON, J. *Managing the risks of organizational accident*. Brookfield : Ashgate Publishing Company, 1997, 266 p.
- REASON, J. *L'erreur humaine* (Hoc, J-M. Trad.). Paris : Presses Universitaires de France, 1993, 366 p.
- REASON, J. The Chernobyl errors. *Bulletin of British Psychological Society*, 1987, 106, 321-331
- REASON, J., MANSTEAD, A., STRADLING, S., BAXTER, J., CAMPBELL, K. Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*, 1990, 33 (10–11), 1315-1332
- REASON, J., PARKER, D., LAWTON, R. Organizational controls and safety: the varieties of rule related behaviour. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 1998, 71, 289-304
- REASON, J., PARKER, D., LAWTON, R. A systems-approach to organizational error. *Ergonomics*, 1995, 38 (8), 1708-1721
- REFAUSTE, E. *Les mécanismes cognitifs du diagnostic médical : Optimisation et expertise*. Paris : Presses Universitaires de France, 2001, 209 p.
- RESILIENCE ENGINEERING. [18 juillet 2011], <http://www.resilience-engineering.org/>
- ROBERTS, K.H. Managing high reliability organizations. *California Management Review*, 1990, 32 (4), 101-114
- ROMAIN, B. *Analyses de sûreté de fonctionnement multi-systèmes*. Thèse Informatique, Université Bordeaux I, 2009, 168 p.
- ROULET, E. Etude des plans d'organisation syntaxique, hiérarchique et référentiel du dialogue : autonomie et interrelations modulaires. *Cahiers de Linguistique Française*, 1992, 17, 123-140
- ROULET, E. & al. *L'articulation du discours en français contemporains*. Berne : Peter Lang, 1985, 277 p.
- SACHON, M., PATE-CORNELL, E. Delays and safety in airline maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 2000, 67, 300-309
- SAURIN, R.S., FORMOSO, C.T., CAMBRAIA, F.B. An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. *Safety Science*, 2008, 46, 1169-1183
- SKYbrary. [01 juin 2010], [http://www.skybrary.aero/index.php/Main\\_Page](http://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page)
- SONNEMANS, P.J.M. Accidents in « normal » operation – Can you see them coming ? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2010, 23, 351-366
- SONNEMANS, P.J.M., KORVERS, P.M.W. Accidents in chemical industry: are they foreseeable? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2006, 19 (1), 1-12
- STOOP, J., DEKKER, S. Are safety investigations pro-active? *Safety science*, In press

- SUZUKI, T., VON THADEN, T.L., GEIBEL, W.D. Coordination and Safety Behaviors in Commercial Aircraft Maintenance. In : *proceedings of 52<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, 2008*. CA : Human Factors and Ergonomics Society, 2008, 89-93
- SVEDUNG, I., RASMUSSEN, J. Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents. *Safety Science*, 2002, 40, 397-417
- TASSAUX, D., COTTET, P., PARIES, J. Résilience aux soins intensifs. *Revue Médicale Suisse*, 2010, 6, 2401-2404
- TAYLOR-ADAMS, S.E. et al. *Long Version of the CRU/ALARM Protocol: Successful Systems Event Analysis*, 2002
- TERSSAC (de), G. *Autonomie dans le travail*. Paris : PUF, 1992, 279 p.
- TERSSAC (de), G. BOISSIERES, I., GAILLARD, I. *La sécurité en action*. Toulouse : Octarès Editions, 2009, 239 p.
- TERSSAC (de), G., LEPLAT, J. La fiabilité et l'ergonomie : spécificité et complémentarité. *Revue de Psychologie Appliquée*, 1990, 40 (3), 337-386
- THEUREAU, J. Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2010, 2, 287-322
- THEUREAU, J., JEFFROY, F. *Ergonomie des situations informatisées : la conception centrée sur le cours d'action des utilisateurs*. Toulouse : Octares Editions, 1994, 336 p.
- TURNER, B.A. *Man-Made Disasters*. London : Wykeham Science Press, 1978, 254 p.
- VALENDUC, C. La transmission des savoirs de santé et sécurité au travail. Une opportunité pour les relations intergénérationnelles. *Notes éducatives permanentes*, 2009, 17, 1-4
- VAN DAELE, A. Contribution de la simulation à l'étude de l'activité de l'opérateur en situation dynamique. In : BEGUIN, P. & WEILL-FASSINA, A. (éd.), *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*. Toulouse : Octarès Editions, 1997, 136 p.
- VAN DAELE, A., AIT AMEUR, L. Gestion des erreurs et des risques dans l'aide médicale urgente. *Le travail humain*, 2010, 73, 299-318
- VAUGHAN, D. The normalization of deviance: Signals of danger, situated action, and risk. In : MONTGOMERY, H., LIPSHITZ, R. & BREHMER, B. (éd.), *How professionals make decisions*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2005, 423 p.
- VAUGHAN, D. *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*. Chicago : University Press, 1996, 575 p.
- VAUGHAN, D. Autonomy, interdependence, and social control: NASA and the Space Shuttle Challenger. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35, 225-257

VEROT, Y. Maîtrise du risque : le retour d'expérience. Dans *École d'été « Gestion Scientifique du risque »*, [en ligne], 1999, [21 août 2011]. <http://www.agora21.org/ari/verot1.html>

WEICK, K.E. *Sensemaking in Organizations*. UK : Sage Publications Ltd, 1995, 231 p.

WEICK, K.E. Organizational culture as a source of high reliability. *California Management Review*, 1987, 29, 112-129

WENNER, C.A., DRURY, C.G. Analyzing human error in aircraft ground damage incidents. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2000, 26, 177-199

WISNER, A. *Réflexions sur l'ergonomie : 1962-1995*. Toulouse : Octarès Editions, 1995, 160 p.

WOODS, D.D. Essential characteristics of resilience. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D., LEVESON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershoot, UK : Ashgate, 2006, 397 p.

WOODS, D.D. Creating Foresight : Lessons for Enhancing Resilience from Columbia, Learning from the Columbia Accident. In : STARBUCK, W.H. and FARJOUN, M. (éd.), *Organisation at the limit: Lessons from the Columbia disaster*. Oxford, UK : Blackwell, 2004, 387 p.

WOODS, D.D., JOHANNSEN, L., COOK, M., SARTER, N. *Behing Human Error*. Dayton OHIO : Crew Systems Ergonomic Information and Analysis Center, WPAFB, 1994, 274 p.

WREATHALL, J. Properties of resilient organizations: an initial view. In : HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D., LEVERSON, N. (éd.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot, UK : Ashgate, 2006, 397 p.

ZOHAR, D. Safety Climate in Industrial Organizations: Theoretical and Applied Implications. *Journal of Applied Psychology*, 1980, 65 (1), 96-102

ZSAMBOK, C.E. Naturalistic Decision Making : Where are we now ? In : ZSAMBOK, C. & KLEIN, G. (éd.), *Naturalistic Decision Making*. Mahwah, NJ : LEA, 1997, 3-16

# **Annexes**

## Annexe 1. La transcription de l'ESCA N°1

L'Annexe 1 présente la transcription de l'ESCA N°1 effectuée par le JN1.

Nota : les « XXX » désignent l'immatriculation de l'aéronef

N°	Qui	Echanges
1	CDB	<i>Bonjour Pierre Alain</i>
2	THL	<i>Oui le MCC ROBERT bonjour</i>
3	CDB	<i>Oui bonjour ici Pierre Alain</i>
4	THL	<i>Oui bonjour</i>
5	CDB	<i>Je suis le CDB du XXX, je viens de me poser à Nantes comment te dire, j'ai eu à deux reprises ... ben d'abord ce matin sur le premier vol de ce matin le NTE-MRS j'ai eu mon alti-secours qui a accroché à deux reprises vers 900 ft à peu près... après cela a été bien on a pas eu de soucis</i>
6	CDB	<i>D'accord ?</i>
7	THL	<i>D'accord</i>
8	CDB	<i>On a fait des comparaisons... Comment dire ? Pendant le vol il n'y a pas de problème....les indications sont cohérentes</i>
9	CDB	<i>C'est juste que cela accroche</i>
10	CDB	<i><b>Et puis</b> il m'a fait la même chose tout à l'heure lorsque l'on a redécollé de MRS, il a accroché à 900ft et sur la descente tout à l'heure sur NTE, il a ré-accroché un peu,</i>
11	CDB	<i>mais cela ne dure pas très longtemps</i>
12	CDB	<i><b>Donc</b> voilà</i>
13	CDB	<i><b>pour l'instant</b> j'ai rien noté au TLB...</i>
14	CDB	<i>Tu vois ce que tu peux faire pour l'avion</i>
15	CDB	<i><b>En sachant</b> que l'on est à NTE,</i>
16	CDB	<i>je vais à l'hôtel,</i>
17	CDB	<i>on a 4 heures de day stop</i>
18	CDB	<i>C'est moi qui fait les quatre prochaines rotations sur le XXX</i>
19	CDB	<i><b>Donc</b> si tu as besoin de m'avoir, tu n'hésites pas à m'appeler, si tu veux d'autres infos je suis dans ma chambre d'hôtel</i>
20	THL	<i>Ça marche</i>

21	THL	<i>Je voulais juste une petite question supplémentaire,</i>
22	THL	<i>il accroche en montée et en descente ou c'est surtout sur la montée qu'il accroche ?</i>
23	CDB	<i>C'est surtout sur la montée</i>
24	THL	<i>OK très bien</i>
25	THL	<i>je vais voir ce que je peux faire</i>
26	THL	<i>et puis je vous tiens au courant</i>
27	CDB	<i>OK je te remercie c'est super sympa à plus</i>
28	THL	<i>Salut</i>
29	THL	Consulte NETLINE <i>Donc là, je vois déjà que c'est le XXX qui a un Sand-By de 04 heures sur Nantes,</i>
30	THL	<i>je vais donc tout de suite informer le Chef de quart que l'on a un problème avec cet avion</i>
31	THL	<i>Euh, Euh, l'alti-secours c'est une pièce critique pour moi parce que c'est un item NOGO</i>
32	THL	<i>Je vais donc regarder dans un premier temps si j'ai des tolérances de MEL</i>
33	THL	<i>Je pense pas... Je vais vérifier si j'ai des tolérances de MEL là dessus</i>
34	THL	Consulte la MEL <i>C'est bien un item NOGO</i>
35	THL	<i>Deuxième chose que je vais faire de suite c'est regarder où est-ce que j'ai de l'appro</i>
36	THL	<i>Le Captain n'a rien noté au TLB</i>
37	THL	<i>Donc je vais regarder si j'ai de l'appro.</i>
38	THL	<i>Je suppose que sur Nantes je n'en ai pas</i>
39	THL	<i>Je vais regarder dans un premier temps dans l'IPC</i>
40	THL	Consulte IPC <i>Je regarde l'IPC pour avoir mon P/N</i>
41	THL	<i>Cà c'est le 03 ça c'est le 03 donc..</i>
42	THL	<i>Donc je vérifie mon P/N dans mon IPC</i>
43	THL	<i>Je regarde si j'ai du stock, je regarde en nomenclature, item 20 alors WW, ça c'est via le KARDEX en fait</i>
44	THL	<i>J'ai mon P/N, je vois que j'ai 1 stock sur ORY et 3 sur LYS</i>
45	THL	<i>Donc je vais tout de suite appeler le magasinier pour savoir si dans le laps de</i>

		<i>temps je peux avoir l'appro sur NTE sachant que je ne sais pas si j'ai des vols qui font du ORY-NTE</i>
46	MAG	Appelle le Magasinier
47	MAG	<i>Oui ROBERT tu veux quoi ?</i>
48	THL	<i>Donc euh... j'ai une pièce sur ORY et je voudrais la descendre en AOG sur NTE pour le XXX qui a un problème d'alti-secours</i>
49	MAG	<i>Alors celle d'ORY je suis obligé de la faire transiter par CDG je ne peux pas de l'envoyer directement</i>
50	THL	<i>D'accord</i>
51	MAG	<i>Et ensuite j'ai un CDG-NTE tu auras l'appro à 17H Z</i>
52	THL	<i>17 Z OK</i>
53	MAG	<i>Après le reste je peux te proposer... tu m'as dit que tu as où ?</i>
54	THL	<i>C'est ORY ou LYS</i>
55	MAG	<i>Ouai ORY</i>
56	MAG	<i>si je te mets un taxi il y en a pour 4,5 heures de route, j'ai pas le temps de mise à disposition de la pièce il faut largement 1 heure le temps que j'ai le taxi, il faut...</i>
57	THL	<i>4 heures et demi, 5 heures et demie, quoi</i>
58	MAG	<i>Ouai 06H30 à peu près, dans ces eaux là</i>
59	THL	<i>2, 4, 6... Cela fait 15H Z si on passe par taxi</i>
60	MAG	<i>15H30 tu vas compter avec le retard</i>
61	THL	<i>Bien d'accord</i>
62	THL	<i>et si on approvisionne des pièces de LYS ?</i>
63	MAG	<i>J'ai un LYS-RNS qui arrive à 15H55</i>
64	MAG	<i>mais c'est pas mieux cela va pas</i>
65	THL	<i>Cela sera pas mieux</i>
66	MAG	<i>C'est tout ce que j'ai à te proposer, le taxi de LYS</i>
67	THL	<i>Le taxi de LYS cela va être encore plus long, cela n'arrivera que dans la soirée</i>
68	MAG	<i>Et bien c'est tout ce que j'ai à te proposer après il y a le taxi de LYS</i>
69	MAG	<i>Donc 8 heures le temps que LYS mette cela à ta disposition, après il y en a pour une heure pour avoir le taxi je ne te le vends pas en dessous de 10 heures</i>
70	THL	<i>D'accord, très bien.....</i>
71	THL	<i>Euh... dans tous les cas je ne peux pas avoir l'appro avant le départ de l'avion</i>
72	THL	<i>donc j'ai deux solutions</i>

73	THL	<i>Soit je prends note, comme l'alti il accroche <b>mais</b> il fonctionne encore je laisse l'avion faire son aller retour MRS-NTE, euh et je le fais changer à NTE au retour</i>
74	THL	<i>Soit je considère qu'il marche pas qu'il est NOGO et à ce moment là je mets du retard à l'avion <b>mais</b> je le fais changer l'alti-secours tout de suite</i>
75	THL	<i>Voilà les deux possibilités que j'ai</i>
76	THL	<i>Je pense en général que je me serai concerté avec mes collègues pour voir <b>si</b> on laisse l'avion voler ou pas</i>
77	THL	<i><b>Donc</b> je discute avec mon collègue .....</i>
78	THL	<i>je lui demande qu'est-ce qu'il en pense, il accroche <b>mais</b> il fonctionne encore,</i>
79	THL	<i>le Captain n'a pas encore notifié la panne au TLB. Bon ça accroche... d'accord ça accroche mais après 900 ft cela se passe très bien</i>
80	THL	<i>Et là on évalue à tous les deux la possibilité de faire voler l'avion <b>quand même pour</b> faire voler l'avion un aller-retour et faire changer l'alti au retour sur NTE</i>
81	THL2	<i>Ouai tu m'as dit quoi qu'il accroche à 900, ouai 900 ft il est bon après</i>
82	THL	<i>Ouai le Captain il m'a dit que cela accrochait uniquement en montée à la descente c'est bon il accroche à la montée, et après il fonctionne très bien</i>
83	THL2	<i>Moi je pense que</i>
84	THL	<i>&lt;&gt; C'est bon on va pouvoir lui laisser faire un aller retour NTE, <b>puisque</b> l'on n'a pas de solution, de toute manière on a pas de spare, on a rien</i>
85	THL	<i>On va faire comme cela. On va faire acheminer l'appro par taxi par route à 15H30</i>
86	THL	<i>L'avion repart à 13H30 et revient à 17H00 on aura l'appro à 17H et on fait faire l'échange standard à 17H00 à son retour</i>
87	THL	<i><b>Du coup</b> je mets un pavé jaune à son retour sur NTE</i>
88	THL	<i>Je préviens le Chef de Quart</i>
89	THL	<i>Je pense que l'E/S cela va prendre une petite 1/2 heure cela passera juste en transit, <b>donc</b> euh</i>
90	THL	<i>J'ai pas la carte AMM il faudrait que je vérifie une chose c'est que, s'il y a le banc badin à passer</i>
91	THL	<i>Ah ouai c'est beaucoup moins bien il va falloir que j'approvisionne aussi le banc pitot. Cà il faut je regarde cela avec mon magasinier</i>
92	THL	<i>Je pense que le plus près cela va être celui de Morlaix</i>
93	MAG	<i>Celui de MXN il est dispo</i>
94	THL	<i>Celui là il sera largement dans les temps</i>

95	THL	<i>Il est à MXN ce sera un deuxième taxi direction NTE</i>
96	THL	<i>Et <b>donc</b> je regarde mon AMM pour voir si la carte va pas être trop compliquée et estimer le temps que cela va prendre</i>
97	THL	Consulte AMM <i>On a un test en vitesse en altitude, on attend peu de temps on vérifie que cela ne descend pas de trop</i>
98	THL	<i>On va peut être partir sur une base de 3/4 d'heure</i>
99	THL	<i>Je pense que l'on va être bon au niveau du temps <b>cela</b> va prendre un peu de retard l'avion sera bon, l'avion prendra juste un peu de retard <b>Mais</b> on ne mettra pas le vol en péril</i>
100	THL	<i><b>Donc</b> on va maintenir comme cela. Je vais approvisionner le banc de MXN en taxi, la pièce d'ORY tout cela en taxi</i>
101	THL	<i>Et au retour de MRS je fais changer cela au transit</i>
102	THL	<i>J'ai prévenu le CDQ, le pavé dans NETLINE ...je pense que l'ITEM est réglé</i>
103	THL	Vérifie NETLINE
104	THL	Prévient le Chef de Quart
105	THL	Rappelle CDB
106	THL	<i>Allo c'est ROBERT au MCC</i>
107	CDB	<i>Ouai re bonjour ROBERT c'est toujours Pierre</i>
108	THL	<i>Bon écoute Pierre j'ai regardé un petit peu l'item non euh</i>
109	THL	<i><b>Si</b> tu es d'accord je te propose la chose suivante</i>
110	THL	<i><b>bon comme</b> l'Alti fonctionne <b>quand même</b> relativement bien, il y a juste un point d'accroche à 900ft</i>
111	THL	<i>et que j'ai pas la pièce actuellement sur NTE euh, j'ai la pièce sur ORY j'ai le banc badin sur MXN</i>
112	THL	<i>Je te propose qu'à ton retour de MRS je te fasse changer l'Alti-secours</i>
113	CDB	<i>T'es sûr que quand je reviens de MRS tu auras l'appro ?</i>
114	THL	<i>Tout est lancé ce sont des taxis</i>
115	THL	<i><b>donc</b> il y a pas de soucis on ne risque pas de perdre les pièces</i>
116	THL	<i>il y a pas de problème</i>
117	CDB	<i>Pour moi c'est bon il y a pas de risque,</i>
118	CDB	<i>il accroche juste vers 900 ft après il fonctionne correct</i>
119	THL	<i>C'est ce que j'ai pris en compte</i>

120	THL	<i>Ouai ouai</i>
121	CDB	<i>Après discussion avec mes collègues, on est tous d'accord là dessus il y a pas de problème</i>
122	THL	<i>Tu fais ton aller-retour est après on te le change</i>
123	CDB	<i>Et bien c'est super sympa ROBERT</i>
124	THL	<i>A plus tard salut</i>
125	CDB	<i>Salut</i>
126		<b>FIN</b>

## Annexe 2. Les codages « prédicats-arguments »

L'Annexe 2 présente les deux niveaux (macro et micro) de codage « prédicats-arguments » des Entretiens Scénarisés Centrés sur l'Activité.

### Niveau 1. Codage macro

#### Le codage des « Actions » des trois étapes de la résolution de problèmes

<b>Étapes de résolution de problème</b>	<b>Actions</b>	<b>Codage</b>
Elaboration de l'information	Appeler Confirmer Consulter Demander Informer Prendre en compte	<b>Appel</b> <b>Confi</b> <b>Consul</b> <b>Deman</b> <b>Info</b> <b>Prise</b>
Diagnostic	Anticiper Evaluer Identifier Inférer	<b>Antici</b> <b>Eval</b> <b>Ident</b> <b>Infer</b>
Prise de décision	Accepter Argumenter (Sécurité) Contre-argumenter (Production) Décider Proposer Refuser	<b>Accep</b> <b>Argu</b> <b>Coarg</b> <b>Deci</b> <b>Propo</b> <b>Refus</b>

#### Le codage des « Contraintes »

<b>Contraintes</b>	<b>Codage</b>
Moyens	<b>Moyen</b>
Procédures	<b>Procé</b>
Objectifs	<b>Obj</b>
Temporelles	<b>Temps</b>

#### Le codage des « ObjetsNom »

<b>Objets</b>	<b>Noms</b>	<b>Codage <i>Objet_Nom</i></b>
Pièce	Alti-secours	<b>PièceAlti</b>
Humain	Technicien Hot Line Technicien Entretien en Ligne Passager Commandant de Bord	<b>HumTHL</b> <b>HumTEL</b> <b>HumPAX</b> <b>HumCDB</b>
Aéronef	Aéronef de remplacement Aéronef de remplacement non disponible	<b>SpareAC</b> <b>SPARE0AC</b>

<b>Objets</b>	<b>Noms</b>	<b>Codage <i>Objet_Nom</i></b>
Matériel	Banc badin / embouts / outillage / valise anémométrique	<b>MatBanc</b>
Transport	Par route Par aéronef	<b>TransRoute</b> <b>TransAir</b>
Documentation	Aircraft Maintenance Manuel Illustrated Parts Catalogue IFR	<b>DocAMM</b> <b>DocIPC</b> <b>DocIFR</b>
Règle	Minimun Equipment List Technical Log Book	<b>RègMEL</b> <b>RègTLB</b>
Opérationnelle	Vol NETLINE Météorologie	<b>OPSVol</b> <b>OPSNETLINE</b> <b>OPSMTO</b>
Technique	Demande d'Approvisionnement Ordre d'Exécution	<b>TechDA</b> <b>TechOE</b>
Défaut	Panne alti-secours	<b>DefaultAlti</b>
Production	Traitement au transit	<b>ProdTransit</b>
Production	Traitement au night stop	<b>ProdNightStop</b>
Production	X Annulation	<b>ProdXANN</b>
Production	X Affrètement	<b>ProdXAFF</b>
Production	Retard sur les vols suivants	<b>ProdRetard</b>
Production	Indice poursuite des vols	<b>ProdIndic</b>
Production	Arrêt des vols	<b>ProdStop</b>
Sécurité	Des vols	<b>SécuVol</b>
Durée	Délai acheminement matériel	<b>DuréeTrans</b>
Durée	Délai traitement du défaut	<b>DuréeDefault</b>
Durée	Day Stop	<b>DuréeDayStop</b>
	Nom non identifié	<b>?</b>

## Niveau 2 : codage micro

### Le codage des « Actions » des trois étapes de la négociation langagière

<b>Étapes de la négociation langagière</b>	<b>Actions</b>		<b>Codage « Actions »</b>	
(Contre)-Proposition	Proposer		<b>Propo</b>	
Réaction	Argumenter (Sécurité) Confirmer Demander Evaluer Inférer Informer	Contre-argumenter (Production)	<b>Argu</b> <b>Confi</b> <b>Deman</b> <b>Eval</b> <b>Infer</b> <b>Infor</b>	<b>Coargu</b>
Ratification	Accepter Décider	Refuser	<b>Accept</b> <b>Deci</b>	<b>Refus</b>

## Annexe 3. Analyse macro de l'ESCA N°1

L'Annexe 3 présente l'analyse macro de l'ESCA N°1, effectuée par le JN1, qui a conduit à la remise en service d'un aéronef avec un statut NOGO, avec traitement du défaut lors du transit. Au cours de cette assistance technique, une Décision d'Arbitrage en faveur de la production a été prise.

L'ESCA N°1 comporte huit structures qui peuvent se traduire littéralement de la façon suivante :

### Structure ESCA N°1

N°		Qui	ESCA N°1 JN GO
1	T0	CDB	Appel_THL_Defaut
2		CDB	Elab_Obj_DefautAlti
3		CDB	Elab_Obj_ProdIndic
4		THL	Elab_Obj_DefautAlti

Au temps T0 le CDB appelle la Hot Line [1] pour signaler un défaut de son alti-secours [2]. Il va donner les indices de son objectif de poursuivre les vols [3]. Dans le dialogue suivant [4] le THL recherche de l'information sur le défaut. L'échange avec le CDB va être court et ne durer qu'une minute et vingt-trois secondes (1'23'').

5	T 1'23''	THL	Info_CDQ_Defaut
6		THL	Elab_Obj_ProdDefaut

Au temps T 1'23'', le THL prévient le chef de quart CCO [5 et 6] que l'aéronef a un défaut.

7	T 1'33''	THL	Elab_Obj_DefautAlti
8		THL	Consul_Temps_DuréeDayStop
9		THL	Consul_Procé_RegMEL
10		THL	Diag_Obj_Prodstop
11		THL	Ident_Obj_ProdStop
12		THL	Coarg_Obj_ProdIndic
13		THL	Elab_Moyen_PieceAlti
14		THL	Consul_Procé_DocIFR
15		THL	Consul_Procé_DocIPC
16		THL	Ident_Moyen_PieceAlti

Puis au temps T 1'33'', le THL poursuit son assistance par une phase d'élaboration d'information [7]. Il détermine la durée du day stop [8], puis consulte la règle MEL [9] pour voir s'il y a une dérogation possible. Il diagnostique que le défaut est NOGO [10 et 11] mais donne un contre-argument sur sa faible gravité (indice du CDB) [12]. Il recherche à localiser [13] un alti-secours en consultant la documentation (IFR [14] et IPC [15]). Il identifie la disponibilité d'alti-secours (Paris et Lyon) [16].

17	T 4'08''	THL	Appel_MAG_Pièce
18		THL	Elab_Temps_DuréeTrans
19		MAG	Info_Temps_DuréeTrans
20		THL	Eval_Temps_DuréeTrans
21		THL	Diag_Obj_DefautAlti
22		THL	Infer_Obj_DefautAlti
23		THL	Ident_Obj_ProdTransit
24		THL	Ident_Obj_ProdStop
25		THL	Pdecj_Obj_HumTHL

Au temps T 4'08'', le THL appelle le magasinier afin d'organiser l'acheminement de l'alti-secours [17]. Ensemble ils vont choisir le mode de transport du matériel [18 et 19] et par conséquent, évaluer son heure d'arrivée. Le THL constate que l'alti-secours ne peut pas arriver avant le départ de l'aéronef [20]. De ce constat, il diagnostique [21 et 22] qu'il a deux solutions : traiter le défaut au transit [23] ou arrêter l'exploitation de l'aéronef [24]. Il décide de consulter le deuxième THL pour prendre sa décision [25].

26	T 6'17"	THL	Consul_THL_Default
27		THL	Diag_Obj_ProdTransit
28		THL	Coarg_Obj_ProdIndic
29		THL	Coarg_Obj_DefaultAlti
30		THL	Coarg_Obj_Spare0AC
31		THL	Eval_Temps_DuréeTrans
32		THL	Pdeci_Obj_ProdTransit
33		THL	Elab_Procé_OPSNETLINE
34		THL	Info_Obj_ProdTransit

Au temps 6'17'', il se tourne vers l'autre THL [26] pour établir un diagnostic du défaut [27]. Le THL donne à son collègue trois contre-arguments pour poursuivre l'exploitation de l'aéronef : le CDB n'a pas noté le défaut au TLB [28], le défaut n'est pas grave pour le CDB [29] et il n'y a pas d'aéronef de remplacement (spare) disponible [30]. Avec l'information de durée du transport [31], ils vont décider de traiter le défaut au transit [32]. Le THL matérialise le traitement dans NETLINE [33 et 34] en mettant une barre jaune.

35	T 7'56"	THL	Info_CDQ_Default
36		THL	Elab_Obj_ProdTransit

Au temps T 7'56'', le THL poursuit sa phase d'échange d'informations en avertissant le chef de quart [35], et en lui expliquant que le défaut sera traité au transit.

Le dépannage est programmé et visible par l'organisation.

37	T 8'00"	THL	Elab_Moyen_MatBanc
38		THL	Consul_Procé_DocAMM
39		THL	Ident_Moyen_MatBanc
40		THL	Ident_Moyen_TransBanc
41		THL	Diag_Temps_DuréeDefault
42		THL	Infer_Obj_ProdRetard
43		THL	Pdeci_Moyen_TransBanc

Au temps T 8'00'', il recherche de l'information concernant la nécessité de passer le banc badin [37]. Pour ce faire, il consulte la documentation technique (AMM) [38] et, avec le magasinier localisent [39] le matériel puis décident du moyen de transport [40]. Avec l'information d'arrivée du banc badin, il diagnostique son impact sur le traitement du défaut [41]. Il constate que cela va engendrer du retard sur les vols N°3 et N°4 [42]. Il décide d'acheminer le banc badin par taxi.

44	T 10'14"	THL	Appel_CDB_Default
45		THL	Negocier_Obj_ProdTransit
46		CDB	Accep_Obj_ProdTransit
47	T 11'16"		END

Au temps T 10'14'', il contacte le CDB [44] pour lui parler du traitement du défaut. Il va négocier avec lui de le traiter au transit [45] et le CDB va accepter la proposition [46]. Une Décision d'Arbitrage de maintenir la production est prise.

Au temps T 11'16'' la simulation de traitement du défaut d'alti-secours s'achève.

## Annexe 4. Analyse macro des ESCA des Jeunes Novices

L'Annexe 4 présente l'analyse macro des ESCA des Jeunes Novices.

Dans un premier, les ESCA des Jeunes Novices ont été regroupés dans un tableau comportant les structures (Echanges et Verbalisations/Tâches) accompagnées de leur codage, de repères temporels et de l'identification du locuteur. Les structures sont différenciées par un code de couleur facilitant leur repérage.

Tps	Qui	ESCA N°1 JN GO	Tps	Qui	ESCA N°9 JN GO	Tps	Qui	ESCA N°2 JN GO	
1	T0	CDB	Appel THL Default	T0	CDB	Appel THL Default	T0	THL	Appel THL Default
2		CDB	Info_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_DefaultAiti
3		CDB	Info_Obj_ProdIndic		THL	Demam_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_ProdIndic
4		CDB	Info_Temps_DuréeDayStop		CDB	Info_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_ProdIndic
5		CDB	Info_Obj_ProdIndic		THL	Info_Obj_ProdIndic		CDB	Info_Temps_DuréeDaysStop
6		THL	Demam_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Temps_DuréeDayStop	T 1'21"	THL	Infer_Obj_ProdStop
7		CDB	ConfI_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_ProdIndic			Consul_Procé_RègMEL
8	T 1'16"	THL	Consul_Temps_DuréeDayStop		CDB	Info_Obj_DefaultAiti			Ident_Obj_ProdStop
9	T 1'23"	THL	Info CDQ Default		THL	Argu_Obj_DefaultAiti			Consul_Procé_OPSNETLINE
10		THL	Info_Obj_ProdDefault		CDB	Info_Obj_ProdIndic			Eval_Temps_DuréeDayStop
11	T 1'33"	THL	Eval_Procé_RègMEL		THL	Prise_Obj_ProdIndic			Consul_Procé_DocAMM
12			Consul_Procé_RègMEL	T 1'58"	THL	Consul_Procé_DocIFR			Info_Moyen_PièceAiti
13			Ident_Obj_ProdStop			Ident_Moyen_PièceAiti			Eval_Obj_DefaultDayStop
14			Consul_Procé_DocIFR			Eval_Temps_DuréeTrans			Consul_Procé_DocIFR
15			Coarg_Obj_ProdIndic	T 2'58"	MAG	Appel_MAG_Pièce			Ident_Temps_DuréeDefault
16			Consul_Procé_DocIPC		THL	Demam_Moyen_PièceAiti			Consul_Moyen_SpareAC
17			Ident_Moyen_PièceAiti		MAG	Demam_Moyen_PièceAiti			Ident_Moyen_SpareNIL
18			Deci_Moyen_HumMAG		THL	ConfI_Moyen_PièceAiti			Deci_Procé_TechDA
19	T 4'08"		Appel_MAG_Pièce		THL	Eval_Temps_DuréeDayStop	T 3'57"	THL	Appel_MAG_Pièce
20		THL	Demam_Moyen_TransAiti		THL	Info_Moyen_PièceAiti		THL	Info_Procé_TechDA
21		MAG	Info_Moyen_TransAiti		MAG	ConfI_Moyen_PièceAiti		THL	Demam_Temps_DuréeTrans
22		MAG	Info_Temps_DuréeTrans		THL	Demam_Temps_DuréeTrans		THL	Deci_Moyen_TransAir
23		THL	Prise_Temps_DuréeTrans		MAG	Info_Temps_DuréeTrans		THL	Infer_Obj_ProdStop
24		MAG	ConfI_Temps_DuréeTrans		THL	Eval_Temps_DuréeTrans			Infer_Obj_ProdDayStop
25		THL	Eval_Temps_DuréeTrans		THL	Demam_Temps_DuréeTrans		THL	Deci_Moyen_TransAir
26		MAG	Info_Temps_DuréeTrans		MAG	Info_Temps_DuréeTrans	T 5'23"	THL	Consu_THL_Default
27		MAG	Info_Temps_DuréeTrans		THL	Decid_Moyen_TransAiti		THL	Deci_Obj_ProdNightStop
28		THL	Info_Temps_DuréeTrans		MAG	Accep_Moyen_TransAir	T 6'00"	CDB	Appel_CDB_Default
29		THL	Eval_Temps_DuréeTrans		THL	Decid_Moyen_TransAiti		THL	Info_Obj_DefaultAiti
30		THL	Infer_Obj_DefaultAiti		THL	Info_Moyen_PièceBanc		THL	Coarg_Moyen_PièceAiti
31		THL	Ident_Obj_ProdTransit		THL	Info_Moyen_TransBanc		THL	Coarg_Obj_ProdIndic
32		THL	Ident_Obj_ProdStop		MAG	Decid_Moyen_TransRoute		THL	Deci_Obj_DefaultNightStop
33		THL	Deci_Obj_HumTHL		MAG	Ident_Temps_DuréeTrans		CDB	Demam_Obj_DefaultNightStop
34	T 6'17"	THL	Consul_THL_Default		THL	Ident_Obj_ProdTransit		CDB	Demam_Moyen_PièceAiti
35		THL	Demam_Obj_DefaultAiti	T 5'36"	THL	Appel_TEL_Default		THL	ConfI_Moyen_PièceAiti
36		THL	Coarg_Obj_ProdIndic		THL	Info_Obj_DefaultAiti		CDB	Info_Obj_ProdIndic
37		THL	Eval_Obj_ProdTransit		THL	Info_Obj_ProdIndic		CDB	Propo_Obj_ProdNightStop
38		THL	Coarg_Obj_DefaultAiti		THL	Info_Obj_DefaultAiti		THL	Accep_Obj_ProdNightStop
39		THL	Decid_Obj_ProdTransit		THL	Info_Obj_ProdIndic		CDB	Accep_Obj_ProdNightStop
40		THL	Coarg_Obj_Spare0AC		THL	Info_Temps_DuréeTrans	T 7'25"	THL	Deci_Procé_TechDA
41		THL	Eval_Temps_DuréeTrans		THL	Demam_Moyen_HumTEL	T 7'28"		END
42		THL	Decid_Obj_ProdTransit		TEL	ConfI_Moyen_HumTEL			
43		THL	Info_Obj_ProdTransit		THL	Decid_Obj_ProdTransit			
44	T 7'56"	THL	Info CDQ Default		TEL	ConfI_Moyen_HumTEL			
45		THL	Info_Obj_ProdTransit		THL	Info_Temps_DuréeDefault			
46	T 8'00"	THL	Consul_Procé_DocAMM		THL	Info_Procé_TechDA			
47		THL	Ident_Moyen_MatBanc	T 6'56"	THL	Appel_CDB_Default			
48		THL	Ident_Moyen_TransBanc		THL	Coarg_Temps_DuréeTrans			
49		THL	Consul_Procé_DocAMM		THL	Eval_Obj_DefaultAiti			
50		THL	Infer_Obj_ProdRetard		CDB	Info_Obj_ProdIndic			
51		THL	Deci_Moyen_TransBanc		THL	Decid_Obj_ProdTransit			
52	T 10'14"	THL	Appel_CDB_Default		CDB	Accep_Obj_ProdTransit			
53		THL	Info_Obj_DefaultAiti		CDB	Demam_Obj_ProdTransit			
54		THL	Propo_Obj_ProdTransit		THL	Conf_Obj_ProdTransit			
55		THL	Coarg_Obj_DefaultAiti		THL	ConfI_Obj_ProdTransit			
56		THL	Coarg_Temps_DuréeTrans		THL	Cargu_Obj_ProdTransit			
57		THL	Propo_Obj_ProdTransit		CDB	Accep_Obj_ProdTransit			
58		CDB	Demam_Obj_ProdTransit		CDB	Info_Obj_ProdTransit			
59		THL	ConfI_Obj_ProdTransit		CDB	Info_Procé_RègTLB			
60		CDB	Info_Obj_SécuVol	T 7'59"		END			
61		CDB	Coarg_Obj_DefaultAiti						
62		CDB	Coarg_Obj_HumTHL						
63		THL	Deci_Obj_ProdTransit						
64		CDB	Accep_Obj_ProdTransit						
65	T 11'16"		END						

Tableau i. Structure des ESCA des Jeunes Novices

L'analyse macro des ESCA des JN comporte trois phases : Analyse temporelle quantitative, analyse de l'enchaînement des structures et analyse comparative de chaque structure.

### Phase 1 : Analyse temporelle quantitative

Les données temporelles et le nombre d'interventions sont issus du tableau de structure globale des ESCA. Une analyse croisée, des durées et du nombre d'interventions de chaque Echange et Verbalisation/Tâche, a été ensuite conduite.

Structures	JN N°1		JN N°9		JN N°12	
	Durée	Nb I	Durée	Nb I	Durée	Nb I
Echange CDB-THL	138	18	181	22	166	16
Echange THL-MAG	263	20	158	19	86	5
Echange THL-THL	99	9	0	0	37	1
Echange THL-TEL	0	0	80	11	0	0
Echange THL-CDQ	14	2	0	0	0	0
Verbalisation/Tâche	162	9	60	3	159	14
Totaux	676	58	479	55	448	36

Tableau ii. Durée et nombre d'interventions des structures ESCA des Jeunes Novices

Les simulations d'assistance technique ont été relativement rapides (inférieur à 480 secondes) pour les JN9 et JN12, et a été beaucoup plus longue pour le JN1 (676 secondes). En terme d'interventions codées, nous pouvons remarquer que malgré cette différence de durée entre l'ESCA N°1 et le l'ESCA N°9, le nombre de d'interventions codées est pratiquement identique (cinquante-huit et cinquante-cinq). L'assistance technique N°12 a été la plus rapide en terme de durée et du nombre d'échanges.

### Phase 2 : Analyse de l'enchaînement des structures

Les principes de codage ont été appliqués à la structure globale de l'ESCA sous la forme *Action QUI Objet* pour les Echanges et *Etape Contrainte Objet* pour les Verbalisations/Tâches.

ESCA N°1 JN GO	ESCA N°9 JN GO	ESCA N°12 JN GO
Appel_THL_Default	Appel_THL_Default	Appel_THL_Default
Diag_Obj_Default	Diag_obj_Default	Diag_obj_Default
Info_CDQ_Default	Appel_MAG_Pièce	Appel_MAG_Pièce
Diag_Obj_Default	Appel_TEL_Default	Info_THL_Default
Appel_MAG_Pièce	Appel_CDB_Default	Appel_CDB_Default
Info_THL_Default	END	Pdeci_Procé_TechDA
Info_CDQ_Default		END
Appel_MAG_Pièce		
Appel_CDB_Default		
END		

Tableau iii. Architecture des structures ESCA des JN

Nous pouvons remarquer que les trois JN se comportent de la même façon. Après l'appel du CDB, ils rentrent dans une phase de diagnostic du défaut de l'alti-secours. Dans la simulation N°1, le JN1 interrompt son diagnostic pour informer le CDQ que l'aéronef a un défaut. Puis ils contactent le magasinier. Ensuite pour prendre leur décision ils vont recourir au collectif. Dans les ESCA N°1 et 12 les deux THL s'appuient sur le deuxième THL de vacation à la Hot Line et le troisième appelle le THL de vacation en escale. Dans l'ESCA N°1, la sollicitation du THL de vacation a lieu lors de l'échange avec le magasinier et est suivie de la transmission d'informations au chef de quart CCO. L'assistance technique se termine par un appel au CDB au cours duquel la décision de poursuivre les vols est prise.

Ainsi, les structures Echanges et Verbalisations/Tâches permettent de modéliser le processus d'assistance technique des JN dans le traitement simulé du défaut de l'alti-secours d'un aéronef.

ESCA JN GO
Appel_THL_Defaut
Diag_Obj_Defaut
Appel_MAG_Pièce
Appel_HUM_Defaut
Appel_CDB_Defaut
END

Tableau iv. Architecture du processus d'assistance technique d'un JN

### Phase 3 : Analyse comparative de chaque structure

Les principes définis ont guidé la construction du tableau i. de Structure ESCA des Jeunes Novices. L'analyse des structures Echanges et Verbalisations/Tâches a mis en évidence une architecture commune entre ces trois THL, dans le processus d'assistance technique. Le choix de l'analyse de la Structure ESCA des JN s'est donc naturellement orienté vers une comparaison structure par structure. L'analyse s'est attachée à identifier les points clés qui marquent la Décision d'Arbitrage.

Les données n'apportant pas d'information dans la compréhension des mécanismes conduisant à prendre une Décision d'Arbitrage, n'ont pas été prises en compte dans cette analyse. Cela concerne pour l'ESCA N°1 les informations du THL vers le CDQ ([9] [10] [43] [43] [45] (Cf. Tableau i. Structure ESCA des Jeunes Novices) et, pour l'ESCA N°12, l'information de rédiger la demande d'approvisionnement [40] à la fin de l'assistance.

### La structure Echange CDB-THL :

Le JN9 lors de l'ESCA N°9 se différencie en recherchant de l'information sur le défaut auprès du CDB, et en verbalisant qu'il a pris en compte ses indices de poursuivre les vols (*Prise\_Obj\_ProdIndic*). Les deux autres THL écoutent le CDB.

		ESCA N°1 JN GO				ESCA N°9 JN GO				ESCA N°12 JN GO	
Tps	Qui			Tps	Qui			Tps	Qui		
T0	CDB	Appel THL Defaut		T0	CDB	Appel THL Defaut		T0	CDB	Appel THL Defaut	
	CDB	Elab_Obj_DefautAlti			CDB	Elab_Obj_DefautAlti			CDB	Elab_Obj_DefautAlti	
	CDB	Elab_Obj_ProdIndic			THL	Deman_Obj_DefautAlti			CDB	Elab_Obj_ProdIndic	
	THL	Elab_Obj_DefautAlti			THL	Elab_Obj_ProdIndic					
					CDB	Info_Obj_ProdIndic					
					CDB	Elab_Obj_DefautAlti					
					THL	Argu_Obj_DefautAlti					
					CDB	Info_Obj_ProdIndic					
					THL	Prise_Obj_ProdIndic					

Tableau v. Structure Echange CDB-THL

### La structure Verbalisation/tâche :

Le JN9 marque encore sa différence par rapport aux deux autres JN. Ce THL est dans une phase de recherche d'informations concernant l'alti-secours et de l'heure possible d'arrivée de l'approvisionnement. Les deux autres THL débutent leur processus de prise de décision en élaborant de l'information sur le traitement du défaut. Ils consultent tous les deux la règle (MEL) et constatent que l'aéronef est en situation de NOGO (point clé). Le JN1 avant de localiser la pièce de rechange rappelle que le CDB n'a pas noté le défaut au TLB (point clé). Le JN12 prend des informations temporelles (durée de day stop) avant de localiser l'alti-secours. Il établit le diagnostic qu'il ne pourra pas faire traiter le défaut lors du day stop (point clé). Il recherche alors s'il y a un aéronef de remplacement (spare) disponible et constate que non (point clé). Il décide de commander ses approvisionnements.

		ESCA N°1 JN GO				ESCA N°9 JN GO				ESCA N°12 JN GO	
Tps	Qui			Tps	Qui			Tps	Qui		
T 1'33"	THL	Elab_Obj_DefautAlti		T 1'58"	THL	Elab_Moyen_PieceAlti		T 1'21	THL	Elab_Obj_DefautAlti	
		Consul_Temps_DuréeDayStop				Consul_Procé_DoclFR				Infer_Obj_ProdStop	
		Consul_Procé_RegMEL				Ident_Moyen_PieceAlti				Consul_Procé_RegMEL	
		Diag_Obj_ProdStop				Diag_Temps_DuréeTrans				Diag_Obj_ProdStop	
		Ident_Obj_ProdStop				Eval_Temps_DuréeTrans				Ident_Obj_ProdStop	
		Coarg_Obj_ProdIndic								Consul_Procé_OPSNETLINE	
		Elab_Moyen_PieceAlti								Eval_Temps_DuréeDayStop	
		Consul_Procé_DoclFR								Elab_Moyen_PieceAlti	
		Consul_Procé_DoclPC								Consul_Procé_DoclAMM	
		Ident_Moyen_PieceAlti								Info_Moyen_PieceAlti	
										Diag_Obj_ProdDayStop	
										Eval_Obj_DefautDayStop	
										Elab_Moyen_PieceAlti	
										Consul_Procé_DoclFR	
										Ident_Temps_DuréeDefault	
										Elab_Moyen_SpareAC	
										Consul_Moyen_SpareAC	
										Ident_Moyen_Spare0AC	
										Pdecf_Procé_TechDA	

Tableau vi. Structure Verbalisation/tâche THL

### La structure Echange THL-MAG :

Après cette phase d'élaboration d'informations et de diagnostics, les trois THL contactent le magasinier. Le JN1 et le JN12 recherchent des informations concernant l'heure d'arrivée



	Qui	ESCAN <sup>N1</sup> JN GO	Tps	Qui	ESCAN <sup>N9</sup> JN GO	Tps	Qui	ESCAN <sup>N1</sup> 2 JN GO
T 6'17"	THL	Consul_THL_Default	T 5'36"	THL	Appel_TEL_Default	T 5'23"	THL	Consu_THL_Default
	THL	Diag_Obj_ProdTransit		THL	Elab_Obj_DefaultAlti		THL	Diag_Obj_ProdNightStop
	THL	Coarg_Obj_ProdIndic		THL	Info_Obj_ProdIndic		THL	Pdeci_Obj_ProdNightStop
	THL	Coarg_Obj_DefaultAlti		THL	Info_Obj_DefaultAlti			
	THL	Coarg_Obj_Spare0AC		THL	Info_Temps_DuréeMat			
	THL	Eval_Temps_DuréeTrans		THL	Diag_Moyen_HumTEL			
	THL	Pdeci_Obj_ProdTransit		TEL	Confi_Moyen_HumTEL			
	THL	Elab_Procé_OPSNETLINE		THL	Pdeci_Obj_ProdTransit			
	THL	Info_Obj_Prodtransit		TEL	Confi_Moyen_HumTEL			

Tableau viii. Structure Echange THL-Collectif

**La structure Echange THL-CDB :**

Une fois la décision prise, les trois JN contactent le CDB pour parler du traitement du défaut. Ils vont rentrer dans une phase de négociations qui se soldera par l'acceptation du CDB de la solution proposée par les JN. Cette phase fait l'objet de l'analyse micro.

	Qui	ESCAN <sup>N1</sup> JN GO	Tps	Qui	ESCAN <sup>N9</sup> JN GO	Tps	Qui	ESCAN <sup>N1</sup> 2 JN GO
T 10'14"	THL	Appel CDB Default	T 6'56"	THL	Appel CDB Default	T 6'00"	THL	Appel CDB Default
		Nego_Obj_ProdTransit			Nego_Obj_ProdTransit			Nego_Obj_ProdNightStop
		Accep_Obj_ProdTransit			Accep_Obj_ProdTransit			Accep_Obj_ProdNightStop
T 11'16"		END	T 7'59"		END	T 7'28"		END

Tableau ix. Structure Echange THL-CDB

## Annexe 5. Analyse micro de l'ESCA N°1

L'annexe 5 présente l'analyse micro de la négociation entre le CDB et le JN1 sur la poursuite des vols.

Les informations structurelles et conversationnelles de la négociation entre le CDB et le JN1, ont été regroupées dans un tableau « Structure/Conversationnelle » afin d'être analysées.

L'échange entre le JN1 et le CDB est marqué par deux dialogues. Au cours du dialogue principal, le JN1 va dans une première intervention initiative ([1] à [5]) proposer au CDB de remplacer l'alti-secours après les vols N°1 et N°2. Cette proposition est articulée autour de deux contre-arguments (le fait qu'il fonctionne [3] et que l'alti-secours et le matériel n'est pas disponible sur l'escale [4]). La proposition du JN1 va susciter deux réactions de la part du CDB accompagnées de réactions du JN1 : l'assurance qu'après les vols N°1 et N°2 tout le matériel sera disponible pour effectuer le dépannage [6] et une évaluation du risque [8] et [9]. En réponse à ces réactions, le JN1 va confirmer que le matériel sera disponible [7] et que le risque a été évalué par le « collectif » [10]. Dans le dialogue secondaire, le JN2 décide de traiter le défaut au transit [11]. Le CDB accepte cette décision [12]. La production l'a emporté en intégrant la sécurité.

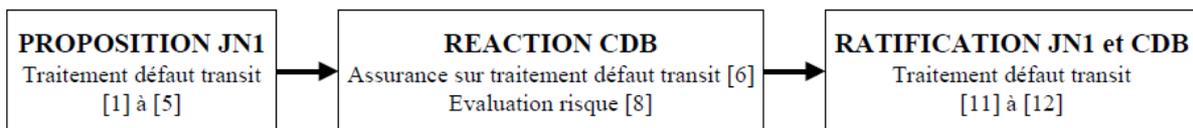
STRUCTURE	Codage	Séq	CONVERSATIONNEL	
			N	Verbatims
	Info_Obj_DefautAlti	THL	PR	[1] <i>Bon écoute Pierre j'ai regardé un petit peu l'item non euh</i>
	Propo_Obj_ProdTransit	THL	PR	[2] <i>Si tu es d'accord je te propose la chose suivante</i>
	Coarg_Obj_DefautAlti	THL	RE	[3] <b>Bon comme</b> l'Alti fonctionne quand même relativement bien, il y a juste un point d'accroche à 900ft
	Coarg_Temps_DuréeTrant	THL	RE	[4] <b>et que</b> j'ai pas la pièce actuellement sur NTE euh, j'ai la pièce sur ORY j'ai le banc badin sur MXN
	Propo_Obj_ProdTransit	THL	PR	[5] <b>Je te propose</b> qu'à ton retour de MRS je te fasse changer l'Alti secours
	Deman_Obj_ProdTransit	CDB	RE	[6] <i>T'es sur que quand je reviens de MRS tu auras l'appro ?</i>
	Confi_Obj_ProdTransit	THL	RE	[7] <i>Tout est lancé ce sont des taxis</i>
	Info_Obj_SécuVol	CDB	RE	[8] <i>Pour moi c'est bon il y a pas de risque,</i>
	Coarg_Obj_DefautAlti	CDB	RE	[9] <i>il accroche juste vers 900 ft après il fonctionne correct</i>
	Coarg_Obj_HumTHL	THL	RE	[10] <i>Après discussion avec mes collègues, on est tous d'accord là dessus il y a pas de problème</i>
	Deci_Obj_ProdTransit	THL	RA	[11] <i>Tu fais ton aller retour est après on te le change</i>
	Accept_Obj_ProdTransit	CDB	RA	[12] <i>Et bien c'est super sympa Éric</i>

Tableau x. « Structure/Conversationnelle » de l'Echange entre le CDB et le JN1

L'analyse globale de cette négociation s'inscrit bien dans le schéma de négociation langagière (Roulet et al., 1985). Elle est marquée par :

- Un objet de négociation avec une proposition du JN1 : poursuivre les vols N°1 et N°2 [5] avec remplacement de l'alti-secours au transit ;
- Deux réactions du CDB :
  - o Sur l'assurance que le dépannage sera bien effectué au transit [6] (matériel disponible) ;
  - o Sur l'évaluation du risque [8] ;
- Une ratification de l'accord de traiter le défaut au transit.

Cette décision négociée collective de traiter le défaut au transit de l'ESCA N°1 peut être matérialisée selon le schéma ci-dessous.



**Alexandre DICIOCCIO**

# **Articuler sécurité et performance : les Décisions d'Arbitrage dans le risque en aéronautique**

## **Résumé**

Cette recherche s'inscrit dans le domaine de la fiabilité des systèmes sociotechniques complexes, et vise à développer une nouvelle approche des arbitrages entre performance et sécurité : l'ingénierie de la résilience. La capacité des systèmes à risques à résister aux perturbations dépend, en dernière analyse, des acteurs de ces systèmes. Ceux-ci doivent réaliser des arbitrages entre des critères qui peuvent entrer en conflit : critères économiques immédiats (assurer la performance commerciale, par exemple), critères de sécurité (renoncer à satisfaire l'objectif immédiat de production). La thèse porte sur l'activité d'opérateurs d'une compagnie aérienne, en charge de répondre en temps réel à des appels d'équipages d'avions, qui signalent une plainte technique. Celle-ci peut-elle être traitée immédiatement : est-elle bénigne ou, au contraire, doit-elle conduire à l'annulation du vol concerné ?

La thèse défendue est que, dans un système ultra sûr et ultra réglé, les conflits entre performance et sécurité se produisent lorsque la « sécurité gérée » rentre en conflit avec la « sécurité réglée ». Pour défendre cette thèse, trois études empiriques ont été mises en œuvre. Ainsi, plusieurs méthodes ont été utilisées en combinaison : l'observation et l'analyse de l'activité, la simulation d'activité, les questionnaires et les autoconfrontations.

Les résultats obtenus ont permis, dans un premier temps, d'objectiver les arbitrages entre performance et sécurité, puis dans un second temps, d'identifier les critères qui président à ces arbitrages et d'explicitier les processus qui les sous-tendent.

Ces résultats permettent, d'une part, de proposer des solutions acceptables telles que le retour d'expérience par la confrontation des pratiques, et d'assimiler la « sécurité gérée » comme un sous-ensemble de la « sécurité réglée », et d'autre part, de dépasser notre vision négative des violations, en les assimilant à une forme d'intelligence des opérateurs dans l'action.

**Mots clés :** Sécurité, Arbitrage, Résilience, Systèmes sociotechniques, Domaine maintenance des avions

## Abstract

This research is in the field of reliability of complex socio-technical systems and aims to develop a new approach to allow trade-offs between performance and safety: engineering resilience. The ability of systems to cope with disturbances ultimately depends on the operators of these systems. They must make trade-offs between criteria that may conflict: immediate economic criteria (i.e. to ensure business performance), safety criteria (i.e. give up to meet the immediate production objective). The thesis focuses on the activity of an airline's operators, in charge of assistance via telephone for aircrew who report a technical complaint. It can be treated immediately; is it benign, or conversely should it lead to the cancellation of the flight?

The thesis assumes that in an ultra-safe and ultra rule-based system, conflicts between safety and performance occur when the "rule-based safety" conflicts with "adaptative safety". To defend this thesis, three empirical studies have been implemented. Thus, several methods were used in combination: observation and activity analysis, simulation of activities, questionnaires and auto-confrontation.

The results obtained allowed at first to objectify the trade-offs between performance and safety, then in a second instance to identify the criteria governing such trade-offs and explain the processes that underlie them.

These results permit, on one hand, to propose acceptable solutions such as the feedback by comparing the practices and assimilate the "adaptative safety" as a subset of "rule-based safety", and on the other hand to overcome our negative view of violations by treating them as a form of operators' intelligence in action.

**Keywords:** Safety, Trade-offs, Resilience, Socio-technical systems, Aircraft maintenance field