



HAL
open science

Contribution à l'étude des facteurs d'influences de la perception des risques par les mécaniciens de maintenance aéronautique

Raphaël Chirac

► **To cite this version:**

Raphaël Chirac. Contribution à l'étude des facteurs d'influences de la perception des risques par les mécaniciens de maintenance aéronautique. Psychologie. Université de Bordeaux, 2024. Français. NNT : 2024BORD0501 . tel-04906996

HAL Id: tel-04906996

<https://theses.hal.science/tel-04906996v1>

Submitted on 22 Jan 2025

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.

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
**DOCTEUR DE
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGÉNIEUR
SPÉCIALITÉ AUTOMATIQUE, PRODUCTIQUE, SIGNAL ET IMAGE, INGÉNIERIE COGNITIVE

Par Raphaël CHIRAC

**Contribution à l'étude des facteurs d'influences de la perception des
risques par les mécaniciens de maintenance aéronautique**

Sous la direction de : Pr. Jean-Marc ANDRE
Co-directeur : Pr. Franck CAZAURANG

Soutenue le 19/12/2024.

Membres du jury :

M. TRICOT André	Professeur des Universités, Université Paul Valéry, Montpellier	Rapporteur, Président
M. EYNARD Benoit	Professeur des Universités, Université de technologie de Compiègne, Compiègne	Rapporteur
M. ANDRE Jean-Marc	Professeur des Universités, Bordeaux INP-ENSC, Talence	Directeur
M. CAZAURANG Franck	Professeur des Universités, Université de Bordeaux, Talence	Codirecteur
Mme ZAFIHARIMALALA Herimanana	Docteure, Experte Facteurs humains, Human design group, Toulouse	Examinatrice
M. MARTINEZ-GRACIDA Arturo	Docteur, Expert Facteurs humains – Bombardier, Montréal, Canada	Examineur

Membres invités :

M. CALVET Guillaume	Docteur, Directeur R&D, Human design Group, Toulouse	Invité
M. HAYES Kevin représenté par	Lead of Human Factors in maintenance, Airbus, Angleterre	
Mme MARQUIE Laëtitia	Docteure, Spécialiste Facteurs Humains, Airbus, Blagnac	Invitée

Titre : Contribution à l'étude des facteurs d'influences de la perception des risques par les mécaniciens de maintenance aéronautique

Résumé

Cette étude de la perception des risques par les mécaniciens de maintenance aéronautique est fondée sur le constat que la sécurité des opérations aériennes est principalement considérée par le biais d'un cadre réglementaire visant à assurer un haut niveau de sécurité. Cependant, cela ne permet pas d'avoir des connaissances quant à la manière dont les mécaniciens gèrent les risques au quotidien. Pour combler cela, ce travail a été initié afin de répondre aux 3 questions de recherche suivantes : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques du risque (probabilité, sévérité, immédiateté) ? Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ? Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Afin d'identifier les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens durant leur activité nous avons établi une **taxonomie des dangers** dont la pertinence et l'exhaustivité a été évaluée et validée par une approche expérimentale. Les résultats nous indiquent que les 10 ingénieurs et les 20 mécaniciens de notre panel partagent une représentation commune du danger. Les résultats de cette étude nous ont également permis d'identifier qu'il existe une confusion entre les notions de danger, de risque et de mesure de sécurité auprès des mécaniciens de maintenance. Nous concluons quant à l'importance pour les opérateurs de partager une définition claire de ces notions. De notre point de vue, elles sont les fondements permettant d'assurer la sécurité des opérations de maintenance et la navigabilité de l'avion.

Par la suite, nous avons conçu un **modèle de la perception des risques** adapté au domaine d'étude qui a été confronté à un nouveau panel de 27 mécaniciens aéronautiques. Nous avons conclu que l'un des défis majeurs est de faire en sorte que les mécaniciens partagent une même perception des risques représentative de la réalité de l'activité. Pour ce faire, nous avons souligné l'impact de trois ensembles de facteurs sur la perception des risques : les caractéristiques intrinsèques d'un danger ; les connaissances et le vécu du mécanicien, et le contexte opérationnel. Pour cela, il faut mettre en place une communication et une formation efficace en ce qui concerne la gestion des risques afin que les mécaniciens possèdent une perception des risques applicable au contexte opérationnel.

Mots clés : Maintenance aéronautique, perception des risques, sécurité, dangers.

Title: Contribution to the study of factors influencing risk perception by aircraft maintenance mechanics

Abstract

This study of risk perception by aircraft maintenance mechanics is based on the observation that the safety of flight operations is mainly considered through a regulatory framework in order to ensure a high level of safety. However, this does not allow us to understand how mechanics manage risks on a day-to-day basis. Thus, this work was carried out to answer the following 3 research questions: How do aircraft mechanics perceive risks in terms of the 3 risk characteristics (probability, severity, immediacy)? What factors might explain the variance in risk perception? Is there a difference between the perception of risks impacting mechanics' health and the perception of risks impacting aircraft airworthiness?

In order to identify the hazards to which mechanics are exposed during their activity, we established a **taxonomy**. An experimental approach was followed to assess its relevance and completeness and to validate it. The results show that the 10 engineers and 20 mechanics of our panel share a common representation of the hazard. We also identified confusion between the notions of hazard, risk and safety measure. We conclude that it is important for the operators to share a clear definition of these notions. From our point of view, this corresponds to the main basis for ensuring safe maintenance operations and the airworthiness of the aircraft.

Then, we designed a **model of risk perception** adapted to the aircraft maintenance domain, which was tested on a new panel of 27 aeronautical mechanics. We concluded that one of the major challenges is to ensure that mechanics share a common perception of risk that reflects the reality of the activity. To achieve this, we highlighted the impact of three sets of factors on risk perception: the intrinsic characteristics of a hazard; the mechanic's knowledge and experience; and the operational context. For this purpose, effective communication and training in risk management are needed, so that mechanics obtain an applicable risk perception to the operational context.

Key words: Aircraft maintenance, risk perception, safety

Remerciements

Tout d'abord, je tenais à remercier particulièrement Mme Herimanana ZAFIHARIMALALA et Mr Arturo MARTINEZ-GRACIDA sans qui ce projet n'aurait pas vu le jour. Merci à eux d'avoir consacré de leur temps pour défendre ce projet.

Je remercie également Mr Dominique SOLER, président directeur général de HdG, qui a accepté que ce projet se réalise. Ensuite, je souhaite remercier Mr Guillaume CALVET, directeur de R&D chez HdG et Mr Laurent JOBLET, directeur secteur aéronautique chez HdG qui ont soutenu ce projet.

Je souhaite également remercier mes encadrants (Mme Herimanana ZAFIHARIMALALA, Mr Arturo MARTINEZ-GRACIDA, le Professeur Jean MARC-ANDRE et le Professeur Franck CAZAURANG) de m'avoir soutenu et aidé tout au long de ce projet. Merci à eux pour leur bienveillance et leur bonne humeur, ce qui m'a permis d'atteindre les objectifs en toute sérénité.

Je remercie les trois collaborateurs d'avoir financé ce projet de thèse afin que celui-ci se réalise. Dans ce cadre, je remercie Mme Florence REUZEAU qui a accepté que ce projet soit soutenu par Airbus.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance au professeur André Tricot et au professeur Mr Benoit EYNARD d'avoir accepté d'être rapporteurs de mon travail et d'avoir participé à mon jury de thèse.

Je remercie évidemment tous les organismes de maintenance et les personnes qui m'ont permis de réaliser mes expérimentations avec des mécaniciens aéronautiques. Ils ont accepté de mettre à disposition des mécaniciens aéronautiques malgré un manque de ressource et une activité de maintenance grandissante. Sans eux, je n'aurais pas pu réaliser un travail complet de recherche.

Je tenais également à remercier Mr Laurent JUILLAC, enseignant au lycée Saint Exupéry de Blagnac de m'avoir consacré de son temps pour m'apprendre les fondements de la maintenance aéronautiques. Également, de m'avoir aidé dans la recherche de mécaniciens aéronautiques. Son expérience et expertise du domaine m'ont permis d'avancer de manière plus sereine dans la réalisation des passations.

Je remercie le Dr. Hélène UNREIN et le professeur Jérôme SARACCO, statisticien à l'ENSC, pour leur aide durant le traitement et l'analyse de mes résultats.

Sommaire

Remerciements.....	4
Sommaire.....	5
Liste des figures	10
Liste des tableaux	14
Liste des abréviations.....	18
Contexte d'étude.....	20
Introduction	23
Partie I – Cadre théorique.....	25
Chapitre I.1 - La maintenance aéronautique	26
1. Définition	26
2. Les différents types de maintenances aéronautiques	27
3. Les organismes de réglementation.....	28
3.1. International Civil Aviation Organization (ICAO).....	29
3.2. European Union Aviation Safety Agency (EASA).....	29
4. L'activité de maintenance aéronautique.....	31
5. Les conditions d'exécution	32
6. L'opérateur	35
7. Les effets sur l'homme	38
8. Les effets sur l'entreprise	40
9. Conclusion du chapitre 1.....	41
Chapitre I.2 : La sécurité en maintenance aéronautique	43
1. Définitions.....	43
1.1. La sécurité.....	43
1.2. Le risque.....	45
1.3. Le danger.....	46
2. Le rôle des acteurs de la sécurité	46
2.1. Le rôle des organismes de réglementation aéronautique	47
2.2. Le rôle des organismes de réglementation nationaux	49
2.3. Le rôle des constructeurs aéronautiques.....	50

2.4.	Le rôle du centre de maintenance	51
2.5.	Le rôle du mécanicien aéronautique	52
3.	Conclusion du chapitre I.2	53
Chapitre I.3 : Etude de la perception des risques.....		55
1.	Perception ou jugement du risque ?.....	55
2.	Mesurer la perception du risque.....	56
2.1.	L'affect comme mesure de la perception des risques.....	57
2.2.	Le rôle des biais cognitifs	58
3.	Les principaux modèles/théories de la perception du risque.....	59
3.1.	La théorie de l'utilité espérée.....	60
3.2.	La théorie culturelle.....	61
3.3.	Le paradigme psychométrique	62
4.	Le Climate Change Risk Perception Model (CCRPM)	64
4.1.	Socio-démographique.....	65
4.2.	Cognitive factors	65
5.	D'autres facteurs de la perception du risque.....	68
5.1.	Les émotions.....	69
5.2.	Peur et colère.....	69
5.3.	Inquiétude et préoccupation.....	70
5.4.	Anxiété	70
5.5.	La confiance	71
5.6.	La culture et le climat de sécurité	72
5.7.	La personnalité.....	73
5.8.	L'expertise	74
5.9.	La formation.....	75
6.	L'identification des dangers.....	77
7.	Exposition perçue aux dangers.....	78
8.	Conclusion du chapitre 3.....	79
Conclusion de la partie I		80

Partie II : Identification des dangers en maintenance aéronautique : proposition d'une taxonomie. .82	
Chapitre II.1 : Construction d'une taxonomie des dangers	83
1. Introduction	83
1.1. L'identification des dangers.....	83
1.2. La catégorisation des dangers	84
2. Méthode.....	86
2.1. Définir le danger.....	86
2.2. Identifier les dangers	87
2.3. Créer la taxonomie	87
3. Résultats	88
3.1. Définition du danger	88
3.2. Liste des dangers.....	88
3.3. Taxonomie des dangers	91
4. Discussion et conclusion du chapitre II.1	93
Chapitre II.2 : Validation de la taxonomie des dangers	95
1. Introduction	95
2. Méthode.....	96
2.1. Matériel et protocole.....	96
2.2. La phase de Pré-test	97
2.3. Expérimentation principale	99
3. Résultats	101
3.1. Taxonomie obtenue avec les mécaniciens.....	101
3.2. Taxonomie obtenue pour les ingénieurs	106
3.3. Représentativité des dangers et du vocabulaire.....	111
3.4. Comparaison taxonomie mécaniciens et ingénieurs.....	112
3.5. Taxonomie combinée des mécaniciens et ingénieurs	113
3.6. Création de la taxonomie finale.....	116
4. Discussion du chapitre II.2.....	122
4.1. Comparaison intra-groupe (mécaniciens et ingénieurs).....	122

4.2.	Comparaison inter-groupes (mécaniciens et ingénieurs)	123
4.3.	Comparaison avec notre taxonomie	124
4.4.	Conception du danger par les participants	125
	Conclusion et recommandations de la partie II	127
	Partie III : Etude de la perception des risques par les mécaniciens aéronautiques	128
	Chapitre III.1 : Création d'un modèle de la perception adapté au domaine d'étude.....	129
1.	Introduction	129
2.	Méthode.....	130
3.	Conclusion du chapitre III.1	144
	Chapitre III.2 : Evaluation du modèle.....	145
1.	Introduction	145
2.	Cadre théorique.....	146
2.1.	Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les trois caractéristiques du risque?	146
2.2.	Quels sont les facteurs qui impactent le plus la variance de la perception des risques?	148
2.3.	Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?	155
3.	Méthode.....	157
3.1.	Participants.....	157
3.2.	Matériel et procédure.....	157
4.	Plan de test, analyse des données.....	170
5.	Structuration des données	173
6.	Préparation des données.....	174
6.1.	Analyse de la répartition des individus.....	174
6.2.	Analyse des dépendances entre les variables	182
6.3.	Modèle simplifié.....	189
7.	Analyse descriptive	190
7.1.	Analyse globale	190
7.2.	Analyse par tâche	196
7.3.	Analyse par risque	202

7.4.	Analyse des cas d'individus atypiques	220
8.	Analyse statistique.....	224
8.1.	Analyse des questions de recherche 1 et 3	224
8.2.	Analyse des questions de recherche 2 et 3	235
9.	Discussion, conclusion et recommandation du chapitre III.2	265
9.1.	Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques ?	265
9.2.	Q2 : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ? 279	
9.3.	Q3 : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?.....	290
	Conclusion générale et ouverture	294
	Bibliographie	298
	Annexes	311
	Annexe 1 - Questionnaire utilisé pour l'étude de la perception des risques.....	312
	Annexe 2 - Analyse des réponses "Je ne sais pas"	324
	Analyse globale	324
	Analyse par tâche	325
	Analyse par risque	327
	Annexe 3 - Détail des effets et des variances expliquées.....	338
	Perception de la probabilité	338
	Perception de la sévérité.....	346
	Perception de l'immédiateté	356

Liste des figures

Figure 1 : Plan du chapitre 1	26
Figure 2 : Cycle de vie d'un avion.	26
Figure 3 : Les différents types de maintenance aéronautique (inspiré de Rodrigues Vieira, 2016).	27
Figure 4 : Modélisation de l'activité de maintenance selon le schéma des 5 carrés (Leplat & Cuny, 1977).	32
Figure 5 : Parcours de formation initiale pour devenir mécanicien aéronautique.	35
Figure 6 : Répartition des accidents de travail suivant le risque à l'origine de l'accident (L'assurance maladie, 2019).....	39
Figure 7 : Détail des 204 accidents du travail référencés par l'assurance maladie (2019).	39
Figure 8 : Causes des erreurs humaines en maintenance aéronautique (Nkosi et al., 2020).	40
Figure 9 : Plan du chapitre.	43
Figure 10 : Méthode d'analyse des risques (ICAO, 2018).....	47
Figure 11 : Matrice des risques (ICAO, 2018).....	47
Figure 12 : Étapes pour l'évaluation des risques (Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023).....	49
Figure 13 : Plan du chapitre 3.....	55
Figure 14 : Mesure de la perception des risques.	57
Figure 15 : Modèles et théories de la perception des risques avec les notions abordées.....	59
Figure 16 : Climate Change Risk Perception Model (CCRPM).....	64
Figure 17 : Facteurs qui influencent la perception des risques.....	68
Figure 18 : Émotions qui influencent la perception des risques.	69
Figure 19 : Modèle de la perception des risques.	79
Figure 20 : Gestion de la sécurité en maintenance aéronautique.	80
Figure 21 : Plan de la suite du mémoire.....	81
Figure 22 : Taxonomie des dangers.	91
Figure 23 : Détail des catégories "Structure" et "Système".	91
Figure 24 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".....	92
Figure 25 : Détail de la catégorie "Environnement".	92
Figure 26 : Exemple de carte.....	97
Figure 27 : Dendrogramme issu de la BMM avec un niveau d'accord à 55%.....	102
Figure 28 : Taxonomie des mécaniciens (N=20).....	103
Figure 29 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".....	104
Figure 30 : Détail de la catégorie "Électrique".	104
Figure 31 : Détail de la catégorie "Environnement".	105

Figure 32 : Détail de la catégorie "Aire de travail" .	105
Figure 33: Détail de la catégorie "Caractéristiques objet" .	106
Figure 34 : Détail de la catégorie "Caractéristiques avion" .	106
Figure 35 : Dendrogramme issu de la BMM avec un niveau d'accord à 50%.	107
Figure 36 : Taxonomie des ingénieurs.	108
Figure 37 : Détail de la catégorie "Produits chimiques" .	109
Figure 38 : Détail de la catégorie "Système" .	109
Figure 39 : Détail de la catégorie "Environnement" .	109
Figure 40 : Détail de la catégorie "Conditions de travail" .	110
Figure 41 : Détail de la catégorie "Design de l'objet" .	110
Figure 42 : Catégorie "Aircraft configuration" .	111
Figure 43 : Dendrogramme issu de la AMM (Actual Agreement Method) avec un niveau d'accord à 20%.	113
Figure 44 : Taxonomie combinée des mécaniciens (N=20) et des ingénieurs (N=10).	113
Figure 45 : Détail de la catégorie "Système" .	114
Figure 46 : Détail de la catégorie "Électrique" .	114
Figure 47 : Détail de la catégorie "Conditions de travail" .	114
Figure 48 : Détail de la catégorie "Environnement" .	115
Figure 49 : Détail de la catégorie "Caractéristiques objet" .	115
Figure 50 : Détail de la catégorie "Caractéristiques avion" .	115
Figure 51 : Dendrogramme issu de l'AMM avec un niveau d'accord à 20% .	116
Figure 52 : La taxonomie finale .	119
Figure 53 : Détail de la catégorie "Produits chimiques" .	119
Figure 54 : Détail de la catégorie "Système" .	119
Figure 55 : Détail de la catégorie "Électrique" .	120
Figure 56 : Détail de la catégorie "Conditions de travail" .	120
Figure 57 : Détail de la catégorie "Environnement" .	120
Figure 58 : Détail de la catégorie "Caractéristiques objet" .	121
Figure 59 : : Modèle de la perception des risques issu de la littérature .	130
Figure 60 : Modèle retenu de la perception des risques .	139
Figure 61 : Modèle final de la perception des risques .	142
Figure 62 : Modèle de la perception des risques .	143
Figure 63 : Modèle de la perception des risques .	146
Figure 64 : Détail du facteur "Expérience du risque" .	149
Figure 65 : Détail du facteur "Connaissances" .	149
Figure 66 : Détail du facteur "formation" .	151

Figure 67 : Détail du facteur “Expertise ”.	153
Figure 68 : Modèle de la perception des risques à tester.	155
Figure 69 : Image de gauche : Antenne VHF, Image du milieu : Bouteille à oxygène et image de droite : Pompe à carburant.	157
Figure 70 : Plan de test concernant la préparation, l’analyse descriptive et l’analyse statistique.	171
Figure 71 : Structuration des données avec P : Perception de la probabilité, S : Perception de la sévérité, I : Perception d’immédiateté.	173
Figure 72 : Modèle de la perception des risques avec détail des modalités.	175
Figure 73 : Critère de stabilité des partitions (de variables) obtenues par la classification hiérarchique. Ce graphique permet d’identifier le nombre de classes optimales à sélectionner. Plus le “mean adjusted rand criterion” est proche de 1.0, plus la partition.	183
Figure 74 : Dendrogramme obtenu par la classification hiérarchique des variables. Les rectangles colorés correspondent aux 9 groupes retenus de variables.	184
Figure 75 : Représentation de la variable “LoiGrandPere” sur la variable synthétique “Experience”.	186
Figure 76 : Représentation de la variable “DernierFoisRealTacheVHF” sur la variable synthétique “ExpertiseVHF”.	187
Figure 77 : Représentation de la variable “FreqRealTacheVHF” sur la variable synthétique “ExpertiseVHF”.	187
Figure 78 : Modèle simplifié de la perception des risques.	189
Figure 79 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l’échelle de probabilité (NTotal=1269, NSanté =1026, NNavigabilité = 243).	191
Figure 80 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l’échelle de sévérité (NTotal=1269, NSante = 1026, NNavigabilité = 243).	192
Figure 81 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l’échelle d’immédiateté. (NTotal=1269, NSante = 1026, NNavigabilité = 243).	193
Figure 82 : Distribution des réponses sur l’échelle de probabilité par type de risque (“Santé” et “Navigabilité”) pour les trois tâches de maintenance.	197
Figure 83 : Distribution des réponses sur l’échelle de sévérité par type de risque (“Santé” et “Navigabilité”) pour les trois tâches de maintenance.	198
Figure 84 : Distribution des réponses sur l’échelle d’immédiateté par type de risque (“Santé” et “Navigabilité”) pour les trois tâches de maintenance.	200
Figure 85 : Distribution des réponses sur l’échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche “Fuel”. Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.	203
Figure 86 : Distribution des réponses sur l’échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche “Oxygène”. Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.	205

Figure 87 : Distribution des réponses sur l'échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.	206
Figure 88 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "Fuel". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.	208
Figure 89 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "Oxygène". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.	210
Figure 90 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.	211
Figure 91 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "Fuel". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.	213
Figure 92 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "Oxygène". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.	215
Figure 93 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.	216
Figure 94 : Table de régression et résultats de l'ANOVA pour le risque "Avoir les mains et outils sales".	237

Liste des tableaux

Tableau 1 : Réglementations émises par l'EASA.	30
Tableau 2 : Détail des catégories de licences.....	31
Tableau 3 : Formations continues EASA.....	37
Tableau 4 : Points à retenir dans le chapitre I.1.....	42
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des points à retenir dans le chapitre 2.....	54
Tableau 6 : Biais cognitifs qui impactent la perception des risques.....	58
Tableau 7 : Liste des 33 dangers sélectionnés pour la taxonomie.....	89
Tableau 8 : Répartition de la population de mécaniciens selon les licences et le type d'avion.....	100
Tableau 9 : Choix de groupement des 5 dangers.....	117
Tableau 10 : Choix concernant des désaccords de groupement pour un danger spécifique.....	118
Tableau 11 : Définition des concepts pour l'étude de la perception des risques en maintenance aéronautique.....	131
Tableau 12 : Niveau d'importance (Saaty, 1987).....	133
Tableau 13 : Matrice de comparaison des critères (C1 : Applicabilité à la maintenance aéronautique ; C2 : Importance dans la littérature ; C3 : Facilité de mesure).....	134
Tableau 14 : Matrice de comparaison normalisée.....	134
Tableau 15 : Matrice de calcul de la cohérence moyenne.....	135
Tableau 16 : Scores SC1, SC2, SC3 et justifications de chaque concept pour chaque critère. C1 : Applicabilité en maintenance aéronautique, C2 : Importance du facteur dans la littérature, C3 : Facilité de mesure. Les concepts ont été classés par ordre décroissant en fonction des scores (allant de 1: "Pas du tout d'accord" à 5:"Extrêmement d'accord") sur les trois critères.....	136
Tableau 17 : Classement des concepts en fonction du score final (ST).....	139
Tableau 18 : Sélection des caractéristiques du risque.....	141
Tableau 19 : Résumé des hypothèses.....	156
Tableau 20 : Liste des risques par tâche et par type de risque (santé et navigabilité).....	158
Tableau 21 : Détail du questionnaire employé pour les expérimentations.....	160
Tableau 22 : Liste des formations.....	162
Tableau 23 : Détail des variables pour l'expertise globale.....	163
Tableau 24 : Liste des 19 expériences passées plus le choix "Autre".....	164
Tableau 25 : Détail de l'échelle sévérité pour les risques de type "Santé".....	166
Tableau 26 : Détail de l'échelle sévérité pour les risques de type "Navigabilité".....	166
Tableau 27 : Détail de l'échelle d'immédiateté pour les risques de type "Santé".....	167
Tableau 28 : Détail de l'échelle d'immédiateté pour les risques de type "Navigabilité".....	167

Tableau 29 : Répartition du nombre de risques par tâche en fonction du type de risque (Navigabilité ou Santé).....	173
Tableau 30 : Répartition des individus pour chaque modalité de la variable “Expérimentation” pour le risque “travail en hauteur”. Oui : Le mécanicien a déjà eu une mauvaise expérience pour le risque Hauteur. Non : Le mécanicien n’a jamais eu de mauvaise expérience.....	175
Tableau 31 : Répartition des individus pour chaque modalité de la variable “Sévérité associée” pour le risque “travail en hauteur”.....	176
Tableau 32 : Répartition des individus pour chaque modalité de la sous variable “IdDangerOilBaseGreaPeau”. Danger Identifié : Le mécanicien a identifié le danger précisément. Danger Pas Identifié : Le mécanicien n’a ni identifié le danger ni sa catégorie. Catégorie Danger Identifié : Le mécanicien a identifié la catégorie du danger mais pas le danger précisément.	177
Tableau 33 : Répartition des effectifs pour chaque modalité de chaque variable et sous variable du facteur “Formation initiale”.....	178
Tableau 34 : Liste des variables, sous variables et modalités de l’expertise globale.	179
Tableau 35 : Répartition de la variable “Délai dernière réalisation”.....	181
Tableau 36 : Répartition des participants dans chaque entreprise.....	182
Tableau 37 : Extrait des 5 premières observations (sur 27) pour les 9 variables synthétiques.....	185
Tableau 38 : Variables qui composeront le modèle linéaire lors de l’analyse statistique.	189
Tableau 39 : Comparaison des perceptions de probabilité moyenne par risque à l’aide d’un test de Wilcoxon.....	207
Tableau 40 : Comparaison des perceptions de sévérité moyennes par risque à l’aide d’un test de Wilcoxon.....	212
Tableau 41 : Comparaison des perceptions de l’immédiateté moyennes par risque à l’aide d’un test de Wilcoxon.....	218
Tableau 42 : Nombre de participants considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l’échelle de probabilité.....	220
Tableau 43 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de la probabilité en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.....	220
Tableau 44 : Nombre de participants considérés comme atypiques pour la perception de la probabilité.....	221
Tableau 45 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de la sévérité en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.	221
Tableau 46 : Nombre de participants considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l’échelle d’immédiateté.....	222

Tableau 47 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de l'immédiateté en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.....	222
Tableau 48 : Liste des hypothèses à tester pour la question de recherche 1.....	224
Tableau 49 : Liste de l'hypothèse à tester pour la question de recherche 2.....	224
Tableau 50 : Liste des 15 mécaniciens (N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité.....	225
Tableau 51 : Profils moyens des 7 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NP : Nombre de participants avec une corrélation significative positive et NT : Nombre de participants total.....	226
Tableau 52 : Liste des 20 risques (sur 47 dont 38 pour le type "Santé" et 9 pour le type "Navigabilité") pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité.....	227
Tableau 53 : Liste des 10 mécaniciens (sur N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de l'immédiateté.....	228
Tableau 54 : Profils moyens des 6 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NP : Nombre de participants avec une corrélation significative positive, NN : Nombre de participants avec une corrélation significative négative et NT : Nombre de participants total.....	229
Tableau 55 : Les 2 risques (sur 47) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté.....	230
Tableau 56 : Liste des 16 mécaniciens (N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de l'immédiateté et de la sévérité.....	231
Tableau 57 : Profils moyens des 3 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NN : Nombre de participants avec une corrélation significative négative et NT : Nombre de participants total.....	232
Tableau 58 : Liste des risques (2 sur 47) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté.....	232
Tableau 59 : Décisions concernant la validation des hypothèses pour Q1 et Q3.....	234
Tableau 60 : Liste des hypothèses à tester pour répondre à Q2 et Q3.....	235
Tableau 61 : Part de la variance expliquée de chaque variable explicative sur la perception de la probabilité par risque. "+" indique un effet significatif positif et "-" un effet significatif négatif.....	239
Tableau 62 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la probabilité d'impact en fonction du type de risque ("Santé", "Navigabilité").....	244
Tableau 63 : Part de la variance expliquée de chaque variable explicative sur la perception de la sévérité par risque. "+" indique un effet significatif positif et "-" un effet significatif négatif.....	246

<i>Tableau 64 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la sévérité en fonction du type de risque (“Santé”, “Navigabilité”).</i>	251
<i>Tableau 65 : Variance expliquée de la perception de l’immédiateté des variables explicatives. “+” indique un effet significatif positif et “-” un effet significatif négatif.</i>	253
<i>Tableau 66 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de l’immédiateté en fonction du type de risque (“Santé”, “Navigabilité”).</i>	261
<i>Tableau 67 : Décisions concernant la validation des hypothèses pour Q2 et Q3.</i>	264

Liste des abréviations

AMC	Acceptable Means of compliance
AAM	Actual Agreement Method
AIC	Akaike Information Criterion
AMM	Aircraft Maintenance Manual
AMM	Actual Merge Method
APRS	AProbation de Remise en Service
APU	Air Power transfer Unit
ASD	Aerospace Security and Defense industries association of europe
BMM	Best Merge Method
BTS	Brevet de Technicien Supérieur
CAMO	Continuing Airworthiness Maintenance Organisation
CAP	Certificat d’Aptitude Professionnel
CAAC	Civil Aviation Administration of China
CCRPM	Climate Change Risk Perception Model
CDCCL	Critical Design Configuration Control Limitation
CS	Certification Specification
DGAC	Direction Générale de l’Aviation Civile
DUERP	Document Unique d’Evaluation des Risques Professionnels
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EWIS	Electrical Wiring Interconnection System
FAA	Federal Aviation Agency
FAL	Final Assembly Line
FMEA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
GSE	Ground Support Equipment
HAZOP	HAZard and OPerability
ICAO	International Civil Aviation Organization
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
IPC	Illustrated Part Catalog
MPD	Maintenance Planning Document (MPD)
NAF	Nomenclature d’Activité Française
NF	Norme Française
PCA	Participant-Centric Analysis
QT	Qualification de Type
SGS	Système de Gestion de la Sécurité
SMM	Safety Management Manual

SMS	Safety Management System
STE	Simplified Technical English
TSM	TroubleShooting Manual
VHF	Very High Frequency

Contexte d'étude

L'industrie aéronautique, depuis le début du 20^e siècle, a connu une évolution fulgurante, passant d'une phase expérimentale à une industrie mondiale essentielle au transport de biens et de personnes. Au 21^{ème} siècle, cette industrie est confrontée à des défis et des enjeux majeurs qui impactent non seulement la conception et l'exploitation des aéronefs, mais aussi la maintenance, un pilier crucial pour la sécurité des vols. Pour ce faire, de nombreuses réglementations existent afin d'homogénéiser les pratiques de sécurité. Notamment, le cadre réglementaire impose que les mécaniciens soient formés de manière initiale puis continue. Il contraint les constructeurs aéronautiques à fournir une documentation de maintenance (qui sera utilisée par les mécaniciens). Enfin, il contraint les centres de maintenance à avoir un personnel qualifié qui doit disposer de tout le matériel nécessaire pour assurer la sécurité des personnes et la navigabilité de l'avion. Les centres de maintenance sont également dans l'obligation d'implémenter une culture de la sécurité afin qu'une démarche proactive de gestion des risques soit mise en place. Ce cadre réglementaire envisage donc la gestion des risques d'un point de vue de la sécurité dite "réglée", qui permet "d'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).

Le rôle des mécaniciens aéronautiques a, lui aussi, évolué. Ils ne sont plus simplement des exécutants techniques, mais des acteurs clés de la sécurité des vols, ayant à faire face à des systèmes de plus en plus complexes et à des situations imprévisibles. De plus, la manière dont ils évaluent et gèrent les risques dans leur travail quotidien est essentielle pour éviter les incidents et accidents. Pour ces raisons, cette thèse se propose d'explorer la perception des risques des mécaniciens aéronautiques dans le but de plus considérer la sécurité du point de vue "gérée". Celle-ci est définie comme étant la "capacité d'anticiper, de percevoir et de répondre aux défaillances imprévues par l'organisation. Elle 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." (Daniellou et al., 2010). L'objectif est de mieux comprendre comment ces professionnels perçoivent les risques associés à leurs activités, et comment cette perception influence leurs pratiques de maintenance. Cette recherche vise également à identifier des leviers d'amélioration et à établir des recommandations, tant au niveau des pratiques de maintenance que des politiques de gestion des risques, afin de renforcer la sécurité dans l'industrie aéronautique.

Également, l'essor technologique, l'accroissement du trafic aérien, la demande pour des avions plus économes en énergie, et les nouvelles réglementations environnementales ont poussé l'industrie à innover sans cesse. Cependant, cette course à l'innovation n'est pas sans conséquences. Les systèmes embarqués deviennent de plus en plus complexes, les matériaux utilisés de plus en plus sophistiqués, et les exigences en termes de fiabilité et de sécurité toujours plus strictes. Dans ce contexte, la maintenance des aéronefs est devenue une composante stratégique, indispensable pour garantir la sécurité et la continuité des opérations aériennes.

Cette étude s'effectue dans le cadre d'une collaboration tripartite entre Human Design Group (HdG), Airbus et le laboratoire IMS (Intégration du Matériau au Système) de l'université de Bordeaux. Nous détaillons ci-dessous les informations concernant les trois entités.

Human Design Group (HdG)

HdG est la structure qui accueille le doctorant tout en constituant un support technique pour le déroulement de l'étude grâce à une expertise globale reconnue en facteurs humains et ergonomie particulièrement dans le domaine de la maintenance aéronautique.

Leader français et Européen du conseil en ergonomie et facteurs humains, HdG intervient dans de nombreux domaines (Aéronautique, Nucléaire, Défense, Automobile, Transport, Tertiaire, Telecom). Développant un ensemble d'expertises uniques en France dans le domaine des facteurs humains, HdG est historiquement (depuis 2006) et aujourd'hui le principal fournisseur d'expertise en facteurs humains de rang 1 pour Airbus Avions. L'entreprise apporte à Airbus ses expertises dans les domaines des programmes cockpits et de leur certification, de la recherche pour les cockpits avancés, de la production et de la fiabilité pour la maintenance aéronautique.

Airbus

Airbus est un constructeur aéronautique européen reconnu. Sa contribution dans ce projet de recherche est assurée par le département en charge des sujets concernant l'opérabilité et la maintenabilité au sein de la division "Engineering" localisé à Toulouse.

L'opérabilité fait référence au niveau de maturité de conception qui permet d'effectuer certaines opérations dans un aéronef. Cela concerne pratiquement tous les aspects des opérations, y compris la maintenance.

La maintenabilité est une activité qui vise à adapter la conception de l'aéronef le mieux possible pour effectuer la maintenance. Par conséquent, la maintenabilité est liée à l'opérabilité car elle permet d'atteindre un certain niveau de maturité vers une opération de maintenance meilleure, plus efficace, et en toute sécurité aussi bien pour l'humain (par exemple technicien de maintenance) que pour l'aéronef.

Laboratoire IMS

Le laboratoire IMS UMR CNRS 5218 accueille le doctorant au sein de l'ED 209, Sciences Physiques et de l'ingénieur, dans sa spécialité ingénierie cognitive. Il est localisé à Bordeaux. Plus particulièrement, ce sont les groupes Cognitive et Automatismes de ce laboratoire qui sont impliqués dans ce travail transdisciplinaire, en relation avec les compétences issues des instituts de formation associés, respectivement l'Ecole Nationale Supérieure de Cognitive (ENSC) et L'École Nationale Supérieure pour la Performance Industrielle et la Maintenance Aéronautique (ENSPIMA). Les thèmes de recherche concernent la relation "Homme / Systèmes complexes", notamment en ce qui concerne le facteur humain, la cognition artificielle et augmentée, les usages et l'utilisabilité des technologies, les systèmes d'information et de connaissance, la conception de projets et la prise de décision.

Introduction

Le contexte d'étude nous a permis d'énoncer les raisons pour lesquelles nous avons choisi d'étudier la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Plus précisément, l'objectif de ce travail de thèse est de répondre à trois questions de recherche qui sont :

- Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques en prenant en considération les trois caractéristiques : probabilité, sévérité, immédiateté ?
- Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?
- Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et celle qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Pour ce faire, ce mémoire de thèse sera organisé en trois parties :

La première intitulée "Partie I : Cadre théorique" est composée de trois chapitres.

- Le premier intitulé "Chapitre I.1 : La maintenance aéronautique" présentera les fondements, les enjeux et les problématiques liés à l'activité de maintenance aéronautique.
- Le deuxième intitulé "Chapitre I.2 : La sécurité en maintenance aéronautique" introduira les notions clés employées dans ce mémoire et permettra de comprendre le rôle des principaux acteurs du maintien de la sécurité lors des opérations de maintenance aéronautiques.
- Le troisième chapitre intitulé "Chapitre I.3 : L'étude de la perception des risques" aura pour objectif de définir la notion de la perception des risques et d'établir un état de l'art concernant les facteurs qui ont été considérés dans la littérature comme ayant un impact sur cette notion.

La deuxième partie intitulée "Partie II : Identification des dangers en maintenance aéronautique : proposition d'une taxonomie." sera composée de deux chapitres.

- Le premier chapitre intitulé "Chapitre II.1 : Construction d'une taxonomie des dangers" aura pour objectif de créer une taxonomie des dangers afin d'avoir une vision plus précise du type de danger auxquels sont exposés les mécaniciens aéronautiques.
- Le deuxième chapitre intitulé "Chapitre II.2 : Validation de la taxonomie des dangers" permettra de tester l'exhaustivité et la véracité de la taxonomie construite dans le chapitre précédent. Nous concluons ce chapitre par une discussion des résultats et la proposition de premières recommandations.

La troisième partie intitulée “Partie III : “Etude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques” sera composée de deux chapitres.

- Le premier intitulé “Chapitre III.1 : Création d’un modèle de la perception des risques adapté au domaine d’étude” aura pour objectif de construire un modèle de la perception des risques adapté au domaine de la maintenance aéronautique et permettant de répondre aux trois questions de recherche.
- Le deuxième intitulé “Chapitre III.2 : Evaluation du modèle” aura pour objectif de présenter la méthode employée pour évaluer le modèle avec 27 mécaniciens aéronautiques. Nous présenterons et discuterons également des résultats pour chaque question de recherche. La conclusion de cette partie aura pour objectif de proposer des recommandations qui visent à mieux prendre en compte la sécurité gérée par les mécaniciens lors des opérations de maintenance aéronautiques.

Partie I – Cadre théorique

Chapitre I.1 - La maintenance aéronautique

Afin de construire un modèle de la perception des risques adapté au domaine d'étude, nous souhaitons, tout d'abord, décrire ce qu'est la maintenance aéronautique. Puis, présenter les règles qui la régissent, pour ensuite, parler des composantes de l'activité de maintenance. L'objectif étant de comprendre comment la sécurité et plus précisément la gestion des risques est considérée lors des opérations de maintenance.

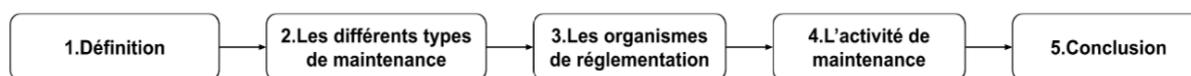


Figure 1 : Plan du chapitre 1

1. Définition

De manière générale, 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 à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise”. Dans ce sens, la maintenance aéronautique a pour objectif de maintenir la navigabilité de l'avion (Chang et Wang, 2010, Lee et Mitici, 2020) qui garantit “l'aptitude d'un aéronef à voler en sécurité, vis-à-vis de ses occupants, des autres aéronefs et des personnes survolées” (Navigabilité des Aéronefs : Principes Généraux | Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2018)¹. En d'autres termes, le maintien de la navigabilité de l'avion passe par la réalisation d'opérations de maintenance qui doivent être considérées dès la phase de conception. En effet, même si l'activité de maintenance apparaît dans la phase dite “d'exploitation” du cycle de vie de l'avion (cf. Figure 2). Nous verrons dans le chapitre suivant que les constructeurs aéronautiques sont dans l'obligation de considérer la faisabilité des opérations de maintenance que ce soit sur le plan technique que sur le plan ergonomique.

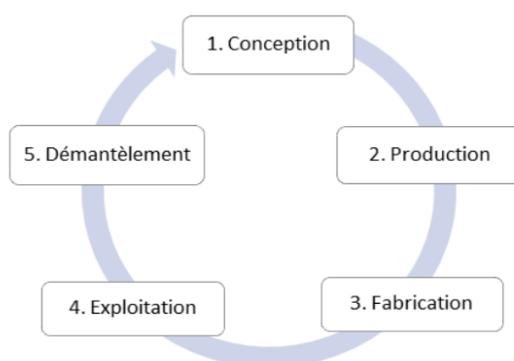


Figure 2 : Cycle de vie d'un avion.

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/navigabilite-aeronefs-principes-generaux>

2. Les différents types de maintenances aéronautiques

Maintenant que nous avons défini la maintenance aéronautique, il s'agit de présenter plus en détail la diversité des situations de travail que peuvent rencontrer les mécaniciens. Cela afin d'obtenir une première représentation des dangers et des risques présents lors des opérations de maintenance. Pour ce faire, les activités de maintenance aéronautique peuvent être décomposées en deux catégories : la maintenance dite "en base" et celle dite "en ligne" (Figure 3).

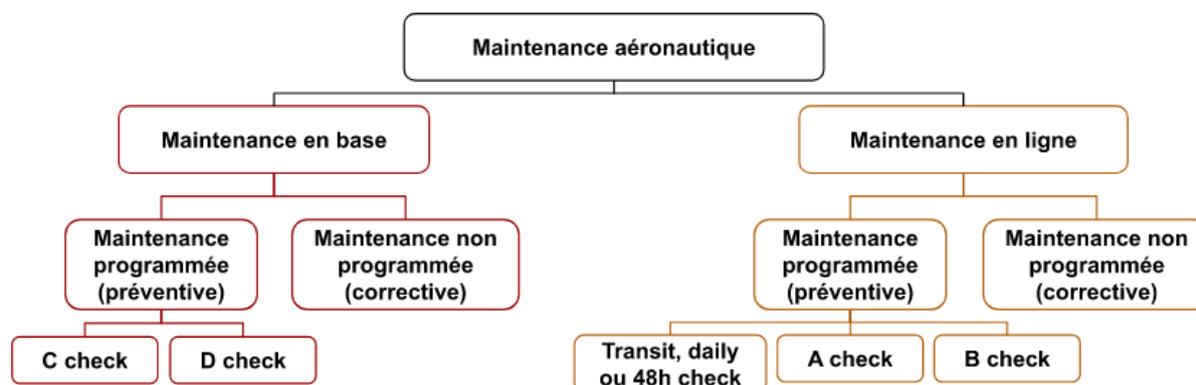


Figure 3 : Les différents types de maintenance aéronautique (inspiré de Rodrigues Vieira, 2016).

La maintenance en base est définie comme une maintenance profonde c'est-à-dire qui nécessite l'arrêt complet de l'avion en hangar. Comme pour la maintenance en ligne, la maintenance en base peut être programmée. Citons par exemple le "C check", qui est effectué approximativement toutes les 4000 heures de vol ou tous les 20 mois (Rodrigues, 2016). Il nécessite l'arrêt de l'avion pendant une à deux semaines, de multiples opérations plus ou moins complexes, l'emploi de ressources humaines et de matériel plus conséquent. Par ailleurs le "D check" qui est effectué approximativement toutes les 25000 heures de vol ou tous les 6 ans (Rodrigues, 2016). Il nécessite l'arrêt de l'avion pendant 4 à 6 semaines et est composé d'opérations complexes.

La maintenance en ligne est définie, d'après l'EASA Part 145, AMC 145.A.10 (EASA, 2015), comme "*any maintenance that is carried out before flight to ensure that the aircraft is fit for the intended flight*". En d'autres termes, ce type de maintenance est réalisé lorsque l'avion est en opération et principalement en dehors d'un hangar. Cela signifie que les mécaniciens sont exposés aux conditions météorologiques en plus de la pression temporelle liée à la réalisation de la maintenance entre deux vols. La maintenance en ligne peut être effectuée en fonction d'échéanciers (nombre de jours, nombre d'heures de vol) qui correspond à la maintenance dite en ligne programmée. Par exemple, le "transit, Daily ou 48h check" qui est composé de tâches d'inspection (niveau d'huile, présence d'impacts, etc.) entre deux vols. Le "A check" est effectué approximativement à 500 heures de vol et est composé d'actions d'inspections plus précises avec l'ajout de tests. Ce "check" est souvent effectué durant la nuit pour ne pas perturber le planning de l'exploitant. Citons encore le "B check" qui est effectué

approximativement toutes les 1100 heures de vol et qui est composé de tests et d'inspections poussées. Afin d'optimiser la maintenance et d'éviter des coûts supplémentaires, le "A check" peut être absorbé par le "B check" si nécessaire (Rodrigues, 2016).

Comme le montre la figure 3, les maintenances en base et en ligne peuvent être découpées en deux sous catégories qui sont la maintenance dite "programmée" et la maintenance dite "non programmée" (Albakkoush, 2020). La maintenance programmée fait référence à la maintenance préventive qui est planifiée à l'avance (Hobbs, 2021). Dans ce cas, l'exploitant devra suivre le Maintenance Planning Document (MPD) fourni par le constructeur. Le MPD est un document qui comprend toutes les opérations de maintenance qui doivent être effectuées avec la fréquence associée (en heures de vol ou en mois). La maintenance non programmée fait référence à la maintenance corrective qui est effectuée "en réponse à un événement opérationnel non prévu comme un dommage, une panne ou un défaut identifié durant un check" (Hobbs, 2021). L'objectif est donc de corriger le dommage, la panne ou le défaut afin de rétablir l'état initial de l'aéronef.

Pour conclure, l'activité de maintenance s'effectue dans des contextes environnementaux et organisationnels très variables, ce qui permet à première vue d'identifier certains dangers. Avant d'entrer dans les détails de l'activité de maintenance, il est important de comprendre le cadre réglementaire qui régit la sécurité en maintenance aéronautique.

3. Les organismes de réglementation

La maintenance aéronautique est un domaine soumis à des réglementations strictes qui, nous le verrons, ont un impact sur la manière dont la sécurité est considérée. Cependant, afin d'obtenir une représentation claire des règles et de leur contenu, nous allons présenter les principaux organismes concernés dans ce chapitre. De manière générale, ces organismes produisent les réglementations et en assurent le contrôle par le biais de la certification et de la supervision (Zafiharimalala, 2011). Ils peuvent agir à des échelles mondiales (comme l'ICAO - International Civil Aviation Organization), continentale (c'est le cas de l'EASA – European Union Aviation Safety Agency) ou même nationale (pour la DGAC – Direction Générale de L'Aviation Civile, en France). Du fait de leur activité réglementaire, ces organismes assurent un niveau de sécurité et une gestion des risques homogène.

3.1. International Civil Aviation Organization (ICAO)

L'ICAO en anglais, pour *International Civil Aviation Organisation* est née de la convention de Chicago de 1944, signée par 193 gouvernements. Son rôle est, en outre, d'assurer la sécurité de l'aviation sur le plan mondial par la rédaction de normes et de pratiques recommandées. Les pays, pour être membre, doivent répondre à ces normes et pratiques recommandées qui sont écrites de manière collective afin qu'elles considèrent les besoins des 193 membres. Néanmoins, les pays membres restent souverain de l'établissement de réglementation sur leur territoire et l'ICAO ne possède pas de pouvoir de contrôle de l'application des normes et pratiques recommandées. Ces exigences sont présentées sous forme d'annexes avec **les normes** qui sont des règles obligatoires, et avec **les pratiques** qui sont des règles fortement recommandées (ICAO, 2005, 2016). En voici deux exemples :

- L'annexe 8 explicite le minimum requis pour qu'un avion soit considéré comme navigable. Par exemple, il est mentionné dans le "CHAPTER 10. CONTINUING AIRWORTHINESS - MAINTENANCE INFORMATION" que pour être considéré comme "navigable" le constructeur doit fournir un programme de maintenance détaillé qui doit inclure les tâches de maintenance et la fréquence à laquelle elles doivent être réalisées. Si l'avion répond aux exigences, un certificat de navigabilité sera délivré par l'autorité compétente sur la base de l'analyse des documents fournis par le constructeur.
- L'annexe 19 ou "*Safety Management Manual*" (SMM) décrit toutes les conditions que doivent respecter les organismes de maintenance afin de pouvoir implémenter une gestion de la sécurité (plus largement une culture de la sécurité). Cette méthode indique que tout organisme doit identifier les dangers liés à l'activité, évaluer les risques et établir des mesures de sécurité permettant de réduire le risque à un niveau acceptable.

3.2. European Union Aviation Safety Agency (EASA)

L'EASA en anglais, pour *European Union Aviation Safety Agency*, établie en 2002, est l'organisme chargé de la sécurité de l'aviation civile en Europe. Ses missions sont, entre autres, de promouvoir et d'établir des normes communes en matière de sécurité (sur tout le cycle de vie de l'avion) et de protection de l'environnement dans l'aviation civile en Europe.

Afin d'atteindre cet objectif, l'EASA approuve et certifie les avions, les organismes de maintenance, les concepteurs et constructeurs aéronautiques, etc. Néanmoins, l'EASA ne possédant pas les ressources suffisantes, elle travaille en collaboration avec les autorités nationales qui auront la délégation de faire appliquer les réglementations. Par exemple, en France, l'autorité compétente est la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) qui est placée sous l'autorité du ministère des transports. Ainsi, la DGAC édicte des réglementations en se basant sur celles émises par l'EASA et/ou l'ICAO. Elle est également responsable de la sécurité de l'aviation civile sur le territoire Français en veillant à l'application et au respect du code de l'aviation civile. L'EASA assure un rôle de surveillance auprès des autorités

nationales membres à travers des inspections, des conseils et des formations. Il existe différents types de réglementations émises par l'EASA. Voici celles qui nous intéressent : La Part CAMO (*Continuing Airworthiness Maintenance Organisation*), la Part 145 - *Maintenance Organization Approvals*, la Part 147 - *Technical Training Organizations and Requirements*, la Part 66 - *Certifying Staff* et la *Certification Specifications for Large Aeroplanes* ou CS 25. Voici le tableau 1 qui décrit plus précisément ces réglementations.

Tableau 1 : Réglementations émises par l'EASA.

Réglementations	Pour qui ?	Rôles	Conformités
PartCAMO	Centres de planification de la maintenance.	Planifier la maintenance en accord avec le MPD. Gérer la maintenance non programmée.	Disposer des ressources humaines et matérielles nécessaires.
Part 145	Centres de maintenance.	Effectuer les tâches de maintenance en accord avec la documentation fournie par le constructeur. Délivrer une Approbation de Remise en Service (APRS) qui assure que l'avion est navigable.	Disposer des ressources humaines et matérielles nécessaires. Implémenter un <i>Safety Management System</i> (SMS) qui permet de gérer les risques liés à l'activité.
Part 147	Centres de formations.	Former les mécaniciens aéronautiques. Assurer que les mécaniciens aient les connaissances nécessaires pour maintenir la sécurité lors des opérations de maintenance.	Disposer des ressources humaines et matérielles nécessaires. Faire valider les modules de la Part 66.
Part 66	Mécaniciens aéronautiques.	Définir le cadre auquel doit se conformer un mécanicien aéronautique pour obtenir sa licence.	Justifier des connaissances théoriques (acquises dans un Part 147) et de compétences pratiques (acquises dans un Part 145).
CS-25	Constructeurs aéronautiques.	Assurer que l'avion est navigable dès la sortie d'usine (" <i>initial airworthiness</i> "). Assurer que le maintien de la navigabilité est décrit et documenté.	Fournir tous les éléments techniques concernant les performances de l'avion, la modification et la réparation de chacun des éléments de la structure, de la cabine, de l'avionique, des systèmes et des moteurs.

Concernant la Part 66 - *Certifying Staff*, quelques détails sont à ajouter. En effet, le mécanicien peut effectuer toute sa carrière sans licence, il n'aura simplement pas la possibilité de délivrer une APRS. La licence obtenue est associée à une ou plusieurs catégories qui conditionnent l'activité de maintenance. Voici les principales catégories détaillées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Détail des catégories de licences.

Catégories	Sous catégories	Activité
A	A1 - avions à moteur à turbine, A2 - avions à moteur à piston, A3 - hélicoptères à moteur à turbine, A4 - hélicoptères à moteur à piston.	Tâches de maintenance programmées en ligne et mineures ou rectifications de défauts simples.
B1	B1.1 - avions à moteur à turbine, B1.2 - avions à moteur à piston, B1.3 - hélicoptères à moteur à turbine, B1.4 - hélicoptères à moteur à piston.	Tâches de maintenance sur des éléments structuraux, mécaniques et électriques. Tests simples avioniques et tâches de maintenance sur moteur.
B2	Aucune	Toutes tâches de maintenance sur systèmes avioniques et électriques.
C	Aucune	Certifie la totalité des opérations de maintenance avant la remise en service.

4. L'activité de maintenance aéronautique

De manière générale, l'activité ne peut être décorrélée du sujet et de la tâche prescrite dont l'interaction est complexe et dynamique (Leplat, 2011). En effet, nous verrons que l'activité de maintenance s'effectue dans un environnement dynamique au sein duquel le mécanicien (le sujet) doit être en constante adaptation tout en suivant une procédure écrite qui ne peut prendre en compte la variabilité des situations de travail. Afin de modéliser l'activité, nous nous baserons sur "le schéma des cinq carrés" présenté Figure 4 et créé par Leplat & Cuny (1977). Nous avons choisi d'appuyer notre présentation de l'activité de maintenance aéronautique sur ce modèle et l'interprétation qui en est donnée dans la thèse de Zafiharimalala (2011). L'objectif étant d'identifier les dangers inhérents à l'activité de maintenance tout en faisant la distinction entre les risques pour la santé des mécaniciens et les risques pour la navigabilité de l'avion.

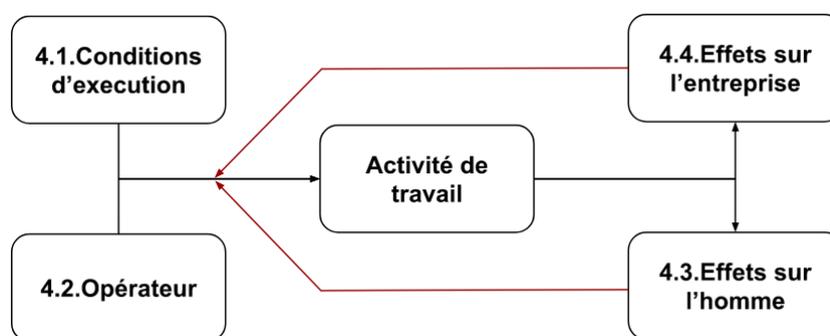


Figure 4 : Modélisation de l'activité de maintenance selon le schéma des 5 carrés (Leplat & Cuny, 1977).

Concernant le point “4.1 Conditions d’exécution”, nous présenterons les déterminants qui caractérisent une activité de travail en dehors du mécanicien comme l’environnement, le poste de travail, le matériel et les procédures. Concernant le point “4.2. Opérateur”, qui correspond dans notre cas au mécanicien aéronautique, nous présenterons les détails de la formation initiale et continue afin de mettre en avant les connaissances et compétences qu’il doit acquérir et maintenir. Le point “4.3. Effets sur l’homme” aura pour objectif de présenter les conséquences de l’activité de maintenance sur la santé du mécanicien. Enfin, le point “4.4 Effets sur l’entreprise” abordera principalement l’impact de l’activité de maintenance sur la navigabilité de l’avion.

5. Les conditions d’exécution

5.1. L’environnement de travail

L’environnement désigne communément tout ce qui ne fait pas partie du poste de travail comme l’ambiance lumineuse, la température, le bruit, etc. (Leplat, 2011, p. 23). Cependant, dans un contexte de maintenance aéronautique, l’environnement est complexe et fluctuant, ce qui rend son analyse difficile (Gerede, 2015). En effet, un mécanicien peut être amené à travailler dans un environnement pollué par du gaz d’échappement, des produits toxiques, qui peut être bruyant, surchargé, etc. (Jaiswal et al., 2020). De plus, comme nous l’avons vu précédemment, le mécanicien peut opérer soit à l’abri dans un hangar (maintenance en base) ou à l’extérieur sur le tarmac d’un aéroport (maintenance en ligne). L’activité peut également être effectuée de jour comme de nuit et sous des températures très variables. Enfin, la localisation géographique de la maintenance a son importance lorsque l’on parle de culture de l’entreprise car les environnements sociaux-culturels peuvent être très différents.

Dans ce cadre, les mécaniciens sont exposés à de nombreux dangers dont les modalités d’exposition fluctuent. Ce constat est déterminant pour la suite de notre étude qui devra considérer le contexte de l’exposition au danger dans l’évaluation de la perception des risques des mécaniciens.

5.2. Le poste de travail

En maintenance aéronautique, le poste de travail n'est pas fixe. Il est conditionné par la partie où le système de l'avion sur lequel le mécanicien opère. Par exemple, un mécanicien qui effectue une tâche d'inspection sur un moteur n'aura ni les mêmes contraintes en termes d'accessibilité visuelle et physique ni les mêmes objectifs que celui qui effectue une tâche d'inspection dans un réservoir. C'est pourquoi la variabilité des postes modifie l'accessibilité physique et visuelle obligeant le mécanicien à employer des postures plus ou moins contraignantes (Zafiharimalala, 2011). Ainsi, il apparaît qu'un même danger ("mauvaise accessibilité visuelle ou physique" dans l'exemple précédent), dans deux situations de travail différentes peut être associé à des risques plus ou moins élevés pour la santé du mécanicien. De ce fait, il est important de noter que le choix de la tâche de maintenance à étudier peut influencer la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

5.3. Le matériel

Le matériel rassemble tous les outils, produits, consommables, etc. que le mécanicien utilise durant l'activité de maintenance. Il existe des outillages de base comme différents types de jeux de clés à douilles, etc. et de l'outillage spécifique conçu pour pouvoir réaliser une tâche. Il y a également les "GSE" (*Ground Support Equipment*) qui sont des supports d'aide à la maintenance (engins motorisés, plateformes d'accès, ou équipements permettant la manipulation d'une pièce volumineuse). A noter que l'emploi d'un matériel n'est pas nécessairement spécifié dans la procédure de maintenance fournie par le constructeur aéronautique. Par exemple, pour effectuer un vissage, le constructeur ne mentionne pas l'emploi d'un tournevis spécifique du fait qu'il s'agisse d'un outil standard. De plus, le matériel qu'utilise le mécanicien au quotidien traduit de la diversité des dangers auxquels il est exposé et des risques tant pour sa santé que pour la navigabilité de l'avion. En effet, les produits chimiques peuvent être toxiques, inflammables, corrosifs, etc. Les outils peuvent être coupants, à bord saillants, rotatifs, etc.

5.4. La documentation

La documentation est essentielle au maintien de la sécurité et à la communication des risques au mécanicien. Elle est composée d'un ensemble de documents dont l'*Aircraft Maintenance Manual* (AMM)² qui est le document dans lequel les procédures de maintenance sont décrites étape par étape. Il y a également le *Troubleshooting Manual* (TSM) qui explique l'ensemble des informations dont le mécanicien a besoin pour effectuer une recherche de panne ou encore l'*Illustrated Parts Catalogue* (IPC) qui décrit de manière imagée tous les composants d'un avion. Tous ces documents doivent être

² Le même acronyme (AMM) ayant une autre signification (*Actual Merge Method*) est utilisé plus tard dans ce document. Pour éviter toute confusion, l'acronyme AMM seul sans sa signification est utilisé uniquement dans ce document pour désigner l'*Aircraft Maintenance Manual*.

mis à disposition du mécanicien “sous format papier ou électronique consultable sur un ordinateur de bureau” (Zafiharimalala, 2011, p. 41).

Pour les besoins de l'étude, nous souhaitons nous focaliser sur l'AMM qui, en plus de décrire la procédure à suivre, informe les mécaniciens des risques pour leur santé et pour la navigabilité de l'avion à travers :

- Les *warnings* qui informent que le non-respect de la règle de sécurité peut entraîner des conséquences sur la santé du mécanicien, voire entraîner sa mort. Pour Hancock (2020), ils doivent “contenir de l'information explicite qui communique l'existence de risque de préjudice”. Cependant, même si les warnings sont focalisés sur l'aspect santé, ils prennent également en considération les dommages sur le matériel (avion, outils, équipements, etc.).
- Les *cautions* qui informent que le non-respect de la règle de sécurité peut entraîner des conséquences sur le matériel (Avion, GSE, etc.). Ils prennent en compte principalement la navigabilité de l'avion.

A noter que la rédaction de la procédure AMM doit être effectuée en accord avec l'ASD-STE100 Simplified Technical English (ou STE) qui est une norme internationale ayant pour vocation d'éviter toutes confusions ou interprétations erronées pour les personnels utilisant ces manuels aéronautiques (Specification ASD-STE100, 2017). Ainsi, la manière dont les risques sont communiqués à travers la documentation est normée, mais le choix d'inclure un *warnings/cautions* suit un processus défini par le constructeur (ce point sera explicité dans le chapitre suivant). D'après certains auteurs (Zafiharimalala et al., 2014), certains mécaniciens ne suivraient pas la procédure de maintenance de manière systématique. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que le suivi de la documentation ne permettrait pas aux mécaniciens de respecter les délais (Naweed & Kourousis, 2020). Or, si un mécanicien ne consulte pas la documentation, celui-ci n'est pas au fait des risques qui y sont communiqués. En effet, la documentation est très régulièrement mise à jour (ajout ou suppression d'informations, modifications d'informations, etc.). Un mécanicien qui ne consulte pas systématiquement la documentation risquerait alors d'effectuer la tâche en ignorant ces modifications et les risques qui y sont communiqués. Cela, de notre point de vue, représente un réel enjeu de sécurité que nous tenterons d'explicitier dans ce mémoire.

6. L'opérateur

L'opérateur qui est dans notre cas le mécanicien aéronautique doit "entretenir et réparer le système et la mécanique de l'aéronef, maintenir l'état de navigabilité de l'aéronef, effectuer l'inspection, l'entretien et la double inspection des équipements (tels que les instruments de mesure) et du fuselage, rédiger et tenir des registres des réparations et documenter tous les entretiens préventifs et correctifs de l'aéronef, déterminer si l'aéronef est dans un état conforme aux normes et prêt à fonctionner." (Cahyo et al., 2020, p. 35). Le mécanicien aéronautique est donc un élément clé du maintien de la navigabilité. Il possède sa propre expérience et expertise en fonction de son parcours professionnel. Cependant, l'activité qu'il effectuera est conditionnée en partie par la formation initiale reçue. Nous verrons également l'importance de la formation continue pour le maintien des connaissances. Cela afin de souligner le rôle des formations dans les connaissances et compétences en ce qui concerne les risques liés à l'activité de maintenance.

6.1. La formation initiale

L'objectif est de présenter les différents parcours de formation dits "classiques" car de nombreuses possibilités s'offrent à une personne qui souhaite devenir mécanicien aéronautique. Plus précisément, la figure 5 représente les 2 parcours "classiques" pour devenir un mécanicien aéronautique certifié Part 66. La construction de cette figure s'inspire de discussions avec des professeurs au sein d'un lycée aéronautique et du document "EASA aircraft maintenance licensing system" repris par Dalkilic (2017).

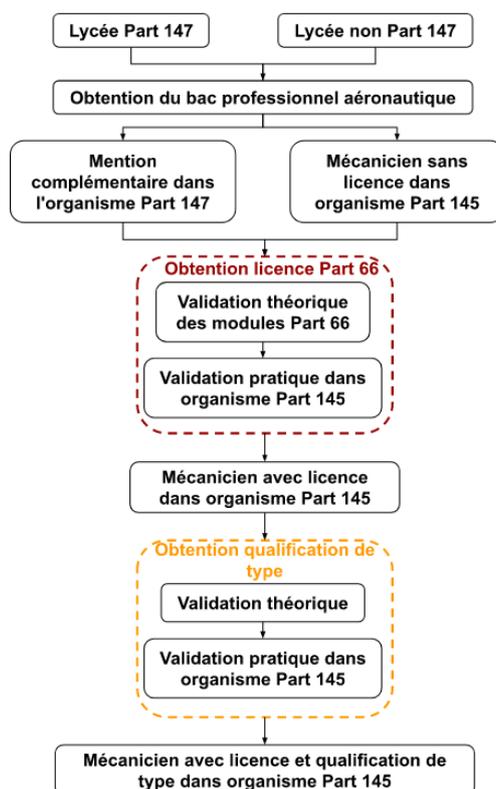


Figure 5 : Parcours de formation initiale pour devenir mécanicien aéronautique.

La première étape, pour être en mesure d'exercer en tant que mécanicien aéronautique, passe principalement par l'obtention d'un bac professionnel aéronautique qui peut être réalisé au sein d'un lycée certifié Part 147 ou non. Pour rappel, la certification Part 147 (EASA, 2008) assure que l'organisme de formation dispose des ressources humaines et matérielles pour enseigner la maintenance aéronautique et que le contenu des formations est en accord avec les exigences de l'EASA. Durant son bac professionnel aéronautique, l'élève aura le choix entre trois options : Avionique (qui concerne tous les composants électroniques, informatiques et optiques embarqués sur l'avion), ou bien Structure (qui concerne l'ossature de l'avion), ou encore Système (qui concerne les systèmes hydrauliques et mécaniques de l'avion). Dans ce cadre, l'élève sera sensibilisé à certains dangers en lien avec sa spécialité.

Une fois le bac professionnel obtenu, deux choix s'offrent à l'élève : Soit il décide de travailler directement en tant que mécanicien sans licence au sein d'un organisme de maintenance certifié Part 145 en tant que Aircraft Mechanics Helper (assistant mécanicien avion). Il ne sera néanmoins pas autonome en ce qui concerne la signature des tâches réalisées et ne pourra pas délivrer d'Autorisation de Remise en Service (APRS). Il peut décider d'effectuer une année supplémentaire afin d'obtenir la partie théorique de la licence de mécanicien Part 66. A noter que cette formation doit obligatoirement être réalisée au sein d'un organisme certifié Part 147 et comporte 17 modules que l'élève devra valider pour obtenir la partie théorique de la licence Part 66 (EASA, 2008). Cette formation se nomme une "Mention complémentaire".

Dans le premier cas, le mécanicien est actif et ne dispose pas d'une licence Part 66. Néanmoins, durant sa carrière, si le besoin émerge, le mécanicien pourra obtenir la partie théorique de la licence Part 66 en validant les 17 modules théoriques mentionnés dans la Part 66 (EASA, 2008). Le plus souvent, cela s'effectuera par le biais d'organismes privés qui permettent de passer les modules en e-learning. Une fois la partie théorique validée, le mécanicien devra justifier d'une expérience pratique sur des tâches de maintenance. Ainsi, soit le mécanicien peut répondre par son expérience passée aux exigences de la Part 66, soit il doit compléter cette expérience au sein d'un organisme Part 145 pour répondre à ces exigences avant d'effectuer une demande de licence Part 66. Dans le deuxième cas, l'élève, directement après son bac professionnel, passera une mention complémentaire. Une fois la mention complémentaire obtenue, l'élève devra justifier d'une expérience pratique au sein d'un organisme de maintenance certifié Part 145. L'obtention d'une mention complémentaire permet à l'élève d'obtenir une réduction de deux ans du nombre d'années d'expérience pratique à justifier (3 ans d'expérience au lieu de 5 ans). Durant la mise en pratique, l'élève devra tenir un carnet de suivi justifiant de l'ensemble des tâches de maintenance effectuées conformément à la Part 66. Une fois l'expérience pratique réalisée, l'élève pourra effectuer une demande de Licence Part 66. Une fois la licence obtenue

et suivant le besoin de l'employeur, le mécanicien pourra obtenir une "Qualification de type" (qui viendra compléter sa licence mais n'est pas obligatoire). Cette qualification de type permettra aux mécaniciens d'exercer sur une famille d'avion précise (A320 par exemple) et surtout de délivrer des Approbation de remise en service. Cependant, pour l'obtenir, le mécanicien devra également réaliser une formation théorique et pratique.

Pour conclure, le parcours présenté ici est celui de la majorité des mécaniciens aéronautiques en France. Cette vision un peu schématique servira de base pour étudier l'impact de la formation initiale sur la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Cependant, du fait de l'existence d'autres parcours possibles nous prendrons en compte cette diversité dans le cadre de cette étude.

6.2. La formation continue

Une fois en activité, le mécanicien avec ou sans licence doit recevoir des formations obligatoires en conformité avec la réglementation EASA Part 145. Les cycles de recyclage sont de deux ans pour les formations suivantes énumérées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Formations continues EASA.

Formations	Objectifs
Electrical Wiring Interconnection System (EWIS)	Former les mécaniciens sur l'impact d'un dommage même mineur de tout câble, fil, câblage électrique.
Critical Design Configuration Control Limitation (CDCCL) ou "Fuel Tank Safety"	Former les mécaniciens sur les risques du travail sur un composant réservoir.
Facteurs Humains	Former les mécaniciens à comprendre les limites physiologiques des êtres humains et les facteurs qui contribuent à l'apparition d'erreurs humaines.
Part 145	Former les mécaniciens à comprendre les exigences réglementaires de la Part 145 de l'EASA.
Système de Gestion de la Sécurité (SGS)	Former les mécaniciens à comprendre la gestion de la sécurité telle que décrit dans le Safety Management System (SMS) (EASA, 2008).

En plus des exigences de l'EASA, le code du travail en France, donne une liste de formations que doit recevoir le mécanicien afin de réduire les risques professionnels. Nous pouvons citer par exemple le travail en hauteur, les risques liés aux matériaux composites, les risques chimiques, les gestes et postures, les espaces confinés, etc. (INRS, 2018).

Pour conclure, les formations continues sont le moyen de maintenir et de mettre à jour les connaissances des mécaniciens concernant des risques bien spécifiques et les bonnes pratiques/mesures de sécurité à suivre. De ce fait, il s'agira d'évaluer l'impact de ces formations sur la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

7. Les effets sur l'homme

Le quatrième carré du schéma des cinq carrés de Leplat et Cuny (1977) fait référence aux effets potentiels de l'activité sur le personnel. Il s'agit donc de présenter les conséquences que l'activité de maintenance peut avoir sur la santé des mécaniciens. La complexité de l'activité de maintenance rend cette identification difficile. En effet, nous avons vu précédemment que l'exposition des mécaniciens aux dangers varient suivant différents paramètres comme le lieu, la tâche, la spécialité du mécanicien, etc. Le niveau et la fréquence d'exposition jouent également sur les conséquences en termes de sévérité et d'immédiateté. Par exemple, une exposition à des vapeurs toxiques en extérieur de quelques minutes pourrait générer une irritation des voies respiratoires. Alors qu'une exposition à des vapeurs toxiques dans un espace confiné quotidiennement pourra à long terme provoquer des maladies respiratoires, un cancer, etc. Ainsi, il existe de nombreux effets possibles sur la santé des mécaniciens, mais peu d'études permettent de comprendre ceux qui sont les plus représentés dans le domaine de la maintenance aéronautique (Miller & Garrett, 2010). Néanmoins, Asadi et al. (2019) soulignent les effets de l'activité de maintenance sur les troubles musculosquelettiques en indiquant que 41 % des participants se plaignaient de douleurs au dos. En effet, comme le mentionnent les auteurs dans l'article, l'accessibilité des zones de travail implique bien souvent l'emploi de postures contraignantes.

En France, l'assurance maladie met à disposition des informations relatives aux accidents du travail, de trajet et les maladies professionnelles par secteur d'activité. A l'aide du code NAF 3316Z intitulé "Réparation et maintenance d'aéronefs et d'engins spatiaux", des données intéressantes peuvent être ainsi extraites. En choisissant l'année 2019 pour que cela corresponde à une année "normale", et éviter ainsi l'impact de la COVID-19 sur l'activité, nous avons pu obtenir comme on peut le voir sur la figure 6 la répartition des risques à l'origine d'accidents du travail pour ce secteur et constater que les chutes de plain-pied ou en hauteur et la manutention manuelle représentent 90% des "circonstances des accidents du travail" (L'assurance maladie, 2019).

Circonstances des accidents du travail

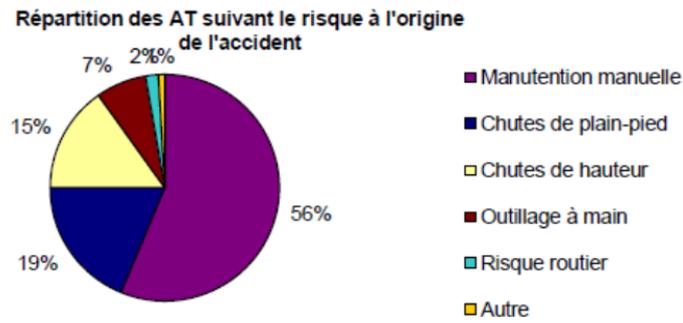


Figure 6 : Répartition des accidents de travail suivant le risque à l'origine de l'accident (L'assurance maladie, 2019).

Des informations concernant les lésions occasionnées peuvent également être obtenues. Voici le détail des 204 accidents du travail référencés par l'assurance maladie.

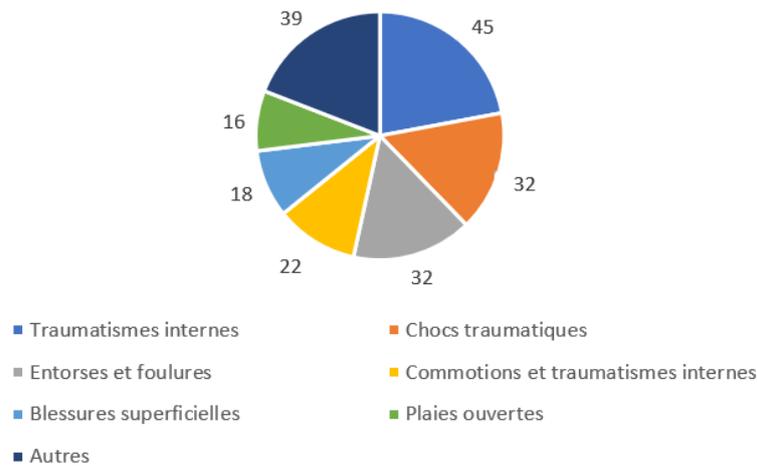


Figure 7 : Détail des 204 accidents du travail référencés par l'assurance maladie (2019).

Concernant les maladies professionnelles, sur les 13 identifiées en 2019, 1 correspond à "l'amiante", une autre correspond à la "Surdité", 1 correspond aux "résine époxydiques" et 10 qui correspondent à des "Affections périarticulaires".

Pour conclure, l'assurance maladie nous informe des différents effets que peut avoir l'activité de maintenance sur la santé des mécaniciens. Dans ce sens, il apparaît crucial de considérer les conséquences potentielles de l'exposition à un danger qui pourraient impacter la perception des risques des mécaniciens. Cette partie souligne également l'importance de considérer le niveau et la fréquence d'exposition au danger qui la aussi pourrait impacter la perception des risques.

8. Les effets sur l'entreprise

Les effets sur l'entreprise mentionnés par Leplat et Cuny (1977) dans leur schéma seront abordés du point de vue de la navigabilité de l'avion. En effet, toute action durant l'activité de maintenance qui entraîne un incident, ou bien un accident lorsque l'avion est en opération, aura des impacts directs sur le centre de maintenance ou même sur le constructeur aéronautique, que ce soit sur le plan financier ou bien du point de vue de sa notoriété. Alors que tout est fait au sein de l'entreprise pour que le mécanicien réalise la tâche conformément à la documentation du constructeur et avec tout le matériel nécessaire, des accidents surviennent. Dans ce sens, des auteurs comme Hobbs (2008) mentionnent que l'erreur humaine en maintenance aéronautique est responsable de 60% des accidents et des incidents lorsque l'avion est en opération. Cela a conduit la littérature à se focaliser sur la compréhension des erreurs humaines (Hobbs, 2008 ; Hobbs & Williamson, 2003) dont les conséquences peuvent être dramatiques (Marais & Robichaud, 2012 ; Nkosi et al., 2020). L'objectif est donc ici d'identifier les facteurs contributifs afin d'appliquer des mesures permettant d'atténuer leurs effets. Par exemple, Hobbs (2021) considère que les erreurs humaines en maintenance aéronautique sont principalement liées à la pression temporelle, la fatigue, les interruptions et la présence d'une documentation non adaptée à la tâche. Nous retrouvons ces facteurs dans l'étude de Nkosi et al. (2020) qui les présentent sous la forme du graphique suivant (cf. Figure 8).

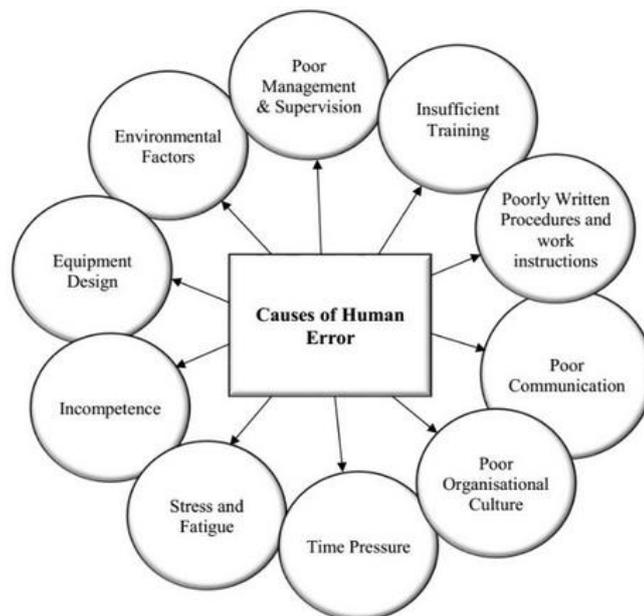


Figure 8 : Causes des erreurs humaines en maintenance aéronautique (Nkosi et al., 2020).

Ces études indiquent que l'erreur humaine est la principale cause de l'impact des opérations de maintenance aéronautique sur la navigabilité de l'avion. Les analyses des causes racines des accidents permettent de comprendre les différentes étapes qui ont conduit à l'erreur, comme avec le "Swiss cheese model" de Reason (1990). Néanmoins, l'erreur humaine reste une partie intégrante de quelque activité. Comme le souligne Amalberti (2013, p. 34-35) dans son livre intitulé "Piloter la sécurité", l'être humain peut réaliser jusqu'à "10 erreurs à l'heure en conditions inattentives et relaxées". Or cela ne signifie pas que chaque erreur mène à un incident ou accident car entre "70% et 80% des erreurs sont détectées par celui qui les a commises". Ainsi, c'est à travers l'erreur humaine que l'activité de maintenance a des effets sur la navigabilité de l'avion. Pour cela, nous souhaitons analyser la perception des risques par les mécaniciens associés à une erreur ou une action qui pourrait impacter la navigabilité de l'avion. Nous souhaitons également identifier les facteurs qui influencent cette perception des risques afin d'être en mesure de proposer des solutions permettant de réduire l'occurrence des erreurs humaines.

9. Conclusion du chapitre 1

L'activité de maintenance est une activité à risques, tant pour les mécaniciens que pour la navigabilité de l'avion. En effet, nous avons vu à travers ce chapitre que les dangers sont nombreux et de nature multiple. C'est pourquoi il existe de nombreuses réglementations qui fournissent les fondements de la gestion de la sécurité et des risques lors des activités de maintenance. Cependant, l'activité de maintenance est un processus dynamique et évolutif qui implique que les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens et les risques fluctuent au cours d'une tâche, d'une journée, de l'environnement, etc.

Dans ce chapitre, nous avons fait le constat que les risques professionnels sont en grande partie associés à des dangers issus des caractéristiques intrinsèques de l'avion mais aussi de tout matériel manipulé par les mécaniciens. Concernant la navigabilité de l'avion, les études portant sur les erreurs humaines montrent l'importance de les considérer pour la sécurité des vols, qui est la cause principale des incidents/accidents en vol (Hobbs, 2008). Ces erreurs ne sont généralement pas la cause primaire mais plutôt le résultat de l'existence de facteurs contributifs. Ces derniers, liés à des composantes environnementales, organisationnelles ou même individuelles, peuvent augmenter ou réduire le risque d'accident du travail ou bien d'incident en vol. Plus précisément, dans le premier cas, le mécanicien est exposé à des dangers dus aux caractéristiques de l'avion, des équipements, outils manipulés, etc. L'exposition seule peut mener à des accidents mais des facteurs contributifs peuvent augmenter le risque. Par exemple, le mécanicien doit ouvrir une trappe d'accès qui est mobile et qui représente un risque pour sa santé car, celui-ci peut se coincer un doigt, entrer en contact avec lors d'une ouverture ou fermeture. On peut supposer que dans une situation environnementale optimale

(pas de vent par exemple), le risque qu'un accident survienne peut-être juger comme faible. Cependant, la présence de vent peut tout de suite augmenter le risque d'accident lors de l'ouverture ou fermeture de cette porte. C'est notamment pour cela que le constructeur aéronautique mentionne à travers un "warning" que l'ouverture de certaines portes d'accès ne peut s'effectuer si le vent est au-dessus d'une certaine puissance. Ainsi, le facteur contributif "vent" augmentera le risque de l'accident. Dans le deuxième cas, l'avion est exposé au risque d'erreur humaine qui peut augmenter l'occurrence d'accident en vol. Le mécanicien, même dans des conditions optimales, peut commettre des erreurs et les facteurs contributifs en augmentent le risque. Par exemple, sous pression temporelle, le risque d'erreur et donc l'impact sur la navigabilité sera plus important.

Ces différents constats mettent en avant l'importance de distinguer les notions de danger, de risque et de facteurs contributifs afin d'étudier rationnellement la perception des risques. De plus, il apparaît que suivant le type de risque, la notion de danger peut être considérée différemment. En effet, nous avons vu que le danger vis-à-vis des risques professionnels correspondait plus aux caractéristiques du matériel. Alors que le danger vis à vis des risques pour la navigabilité de l'avion correspondait à la notion d'erreur humaine. De ce fait, il s'agira de définir de manière précise ces concepts dans le domaine de la maintenance aéronautique afin d'étudier la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

Voici sur le tableau 4, un récapitulatif des points à retenir dans ce chapitre.

Tableau 4 : Points à retenir dans le chapitre I.1.

Points à retenir
L'activité de maintenance aéronautique est dynamique et évolutive.
Le mécanicien est exposé à des dangers de nature variable.
L'activité de maintenance est soumise à un cadre réglementaire strict.
Les mécaniciens aéronautiques sont formés, disposent du matériel et de la procédure nécessaire pour assurer la sécurité lors des opérations de maintenance.
Malgré le cadre réglementaire strict, des accidents, incidents surviennent ayant un impact sur la santé et/ou la navigabilité de l'avion.

Chapitre I.2 : La sécurité en maintenance aéronautique

Le chapitre précédent nous apprend que malgré la présence d'un cadre réglementaire strict, de nombreux dangers persistent. Ces dangers peuvent être de différente nature mais doivent être connus et associés à des barrières de sécurité permettant de réduire l'occurrence et/ou la sévérité des accidents. Ainsi, tous les acteurs de la maintenance aéronautique ont un rôle important pour assurer la sécurité des vols et du personnel lors des opérations de maintenance. Pour ce faire, nous définirons les concepts clés associés à la notion de sécurité, pour ensuite parler du rôle des principaux acteurs de la sécurité et enfin conclure (cf. Figure 9).

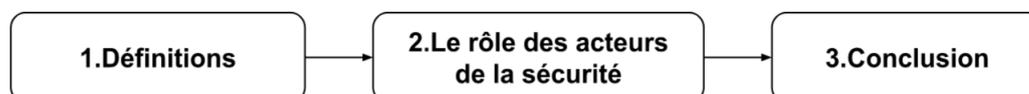


Figure 9 : Plan du chapitre.

1. Définitions

1.1. La sécurité

Hollnagel (2014) dans son livre intitulé "Safety I and Safety II – The Past and Future of Safety Management" indique qu'il y a deux manières de considérer la sécurité, "Safety I" et "Safety II". D'après Vanderhaegen (2015) qui propose un résumé du livre d'Hollnagel. "*Safety I relates to a condition where the aim is to be sure that the number of unwanted outputs will be as low as possible*". En d'autres termes, la sécurité doit permettre de réduire le nombre d'événements non souhaités à un niveau aussi bas que possible. Dans ce contexte, la sécurité est focalisée sur ce qui peut mal se passer lorsqu'un événement non souhaité survient, notamment par l'analyse des causes racines. Comme nous l'avons vu précédemment, l'erreur humaine est au centre de ces analyses car considérée comme étant la principale cause pour laquelle les choses se passent mal. Quant à *Safety II*, Vanderhaegen (2015) indique que "*Safety II concerns the condition of being certain that the success of outputs will be as high as possible*". En d'autres termes, le rôle de la sécurité est de maximiser le nombre de résultats jugés acceptables, tout en considérant la variabilité de ce système. Dans ce contexte, la sécurité doit se focaliser sur ce qui se passe bien en condition normale c'est-à-dire sans occurrence d'incident ou d'accident. Cependant, la difficulté réside dans le fait que contrairement à des événements qui se passent mal, ceux qui se passent bien sont difficilement mesurables. En effet, cela contraint à mettre en place des systèmes proactifs de management de la sécurité.

La sécurité peut également être considérée comme “réglée”, c’est-à-dire qui permet “d’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). Cela se traduit par une sécurité préventive qui vise à implémenter des solutions de différentes natures permettant de prévenir tout événement négatif. Comme le mentionne Hollnagel (2014), ces règles correspondent, à l’activité imagée qui n’assure pas que la réponse prenne en compte les situations imprévues. En d’autres termes, la sécurité réglée ne peut couvrir la réalité de l’activité et la variabilité des situations de travail. Or, l’activité de maintenance aéronautique est un processus dynamique, qui peut être impacté par de nombreux facteurs externes (organisationnels, environnementaux, humains, etc.). De plus, l’imprévu fait partie intégrante de l’activité qui doit être gérée dans la maintenance dite “non programmée”. En opposition, la sécurité dite “gérée” qui correspond à la “capacité d’anticiper, de percevoir et de répondre aux défaillances imprévues par l’organisation”. Elle 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.” (Daniellou et al., 2010). Cette deuxième vision de la sécurité semble en accord avec la manière dont Hollnagel (2014) décrit la “*Safety III*” et qui correspond à une démarche proactive de la sécurité, plus proche de la réalité de l’activité. En effet, la sécurité “gérée” passe par une approche systémique de l’activité et propose une vision de la sécurité qui nécessite la compréhension de ce qu’il se passe réellement. Elle n’est pas uniquement basée sur des règles théoriques et n’attend pas qu’un événement survienne pour comprendre l’activité réelle. Dans ce sens, nous pensons que l’étude de la perception des risques pourrait permettre de mieux comprendre la sécurité dite “gérée”.

Dans le domaine de l’aviation et d’après l’ICAO dans l’annexe 19, la sécurité est définie comme : “*The state in which risks associated with aviation activities, related to, or in direct support of the operation of aircraft, are reduced and controlled to an acceptable level.*” (ICAO, 2016, p. 16). En d’autres termes, la sécurité permet la réduction ou le maintien des risques à un niveau acceptable. Cela concerne n’importe quelle activité aéronautique ayant un impact direct ou indirect sur la navigabilité de l’avion. Cette définition souligne le lien entre sécurité et risque mais ne mentionne que les conséquences pour la navigabilité de l’avion. En effet, nous verrons plus tard dans ce chapitre que les risques pour la santé des mécaniciens sont principalement considérés par les organismes de réglementation nationaux. Néanmoins, cette définition souligne l’importance de comprendre la notion de risque dans la gestion de la sécurité.

1.2. Le risque

A notre connaissance, il n'existe pas de définition universelle et de consensus sur les concepts qui composent le risque (Yates & Stone, 1992). En effet, pour certains auteurs, le risque est un concept multidimensionnel (Slovic et al., 1985) qui ne peut être réduit qu'à une simple notion de probabilité (Weinstein, 1991). Pour d'autres auteurs, le risque réfère uniquement à une probabilité d'occurrence d'évènements négatifs (Paek & Hove, 2017). De manière générale, "le risque correspond à la fréquence d'exposition des humains à un danger" (Amalberti, 2013, p. 9). C'est l'éventualité d'une rencontre entre l'homme et un danger auquel il est exposé. Deux composantes caractérisent le risque :

- La probabilité de la survenance d'un dommage liée à la fréquence d'exposition et/ou la durée d'exposition au danger et la probabilité d'apparition du phénomène dangereux,
- La gravité du dommage." (Évaluation des risques professionnels. Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023)

Dans le domaine de l'aviation, l'ICAO définit le risque comme "la probabilité qu'un dommage apparaisse au bout d'un certain niveau d'exposition au risque" (ICAO, 2012). Ainsi, malgré le fait que nous n'ayons pas identifié de définition spécifique au domaine de la maintenance aéronautique, trois concepts émergent :

- "la probabilité d'occurrence d'évènements" principalement négatifs,
- "la sévérité des conséquences",
- "le niveau d'exposition".

Les deux premiers sont les plus considérés dans la notion de risque (Nyre & Jaatun, 2017). Du concept de probabilité émerge la notion d'incertitude qui est une notion clé du risque (Yates & Stone, 1992 ; Aven, 2016). En effet, le risque est lié à l'occurrence probable d'un événement futur le rendant incertain par nature (Sjöberg, 2000). La deuxième composante du risque est liée à la sévérité des conséquences qui nous indique que plus les pertes sont importantes, plus le risque est sévère (Hollnagel, 2008). Quant à la notion d'exposition, les définitions nous indiquent que le risque n'existe pas sans exposition à un danger et que le niveau d'exposition varie. L'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) mentionne que ce niveau peut s'exprimer en termes de fréquence d'exposition (tous les jours, par exemple) ou bien en durée d'exposition (1 heure par exemple) (Évaluation des risques professionnels. Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023).

De ce fait, le risque apparaît principalement comme étant une donnée objective qui mesure une incertitude quant à l'occurrence d'évènements négatifs plus ou moins sévères (Cembalo & Verneau, 2009). Dans ce cadre, la sécurité permettrait de réduire au maximum l'occurrence des conséquences (Hollnagel, 2008) tout en réduisant leur sévérité, ce qui par définition limitera le risque. Cependant, parce que nous n'avons pas identifié de définition appliquée à la maintenance aéronautique, nous étudierons plus en détail la manière dont cette notion est considérée notamment à travers le Safety Management Manual (ICAO, 2018). Cela nous permettra d'identifier comment le risque est compris, décrit et mesuré (Aven, 2016) dans le domaine de l'aviation.

1.3. Le danger

L'ICAO (2018, p. 9) définit le danger comme "A condition or an object with the potential to cause or contribute to an aircraft incident or accident". En d'autres termes, le danger est tout ce qui peut être la cause directe ou indirecte d'un incident ou d'un accident d'avion. D'autres auteurs le définissent comme quelque chose qui peut nuire et qui est dirigé vers un objet, une personne, etc. (Høj & Kröger, 2002), ou encore, "le danger est conçu comme une propriété subjective d'un objet ou d'une situation" (Rózycki, 2019) qui peut être considéré comme une menace pour l'humain (Slovic et al., 1985). Ainsi, la notion de danger semble, comme le risque, faire référence à l'occurrence potentielle de conséquences. Néanmoins, comme le mentionne Rózycki (2019), le danger apparaît comme étant une propriété intrinsèque à un objet, une situation. En effet, le danger est considéré comme une menace pour ceux qui y sont confrontés (Paek & Hove, 2017). Le risque est, quant à lui, présent lorsqu'un individu est exposé au danger rendant l'occurrence des conséquences probables (Wilson et al., 2019). Par exemple, un produit chimique est considéré comme dangereux du fait de ses propriétés intrinsèques. Il devient un risque pour le mécanicien lorsque celui-ci est exposé à ce produit chimique.

2. Le rôle des acteurs de la sécurité

L'objectif est de définir les responsabilités de chacune des parties garantes de la sécurité lors des activités de maintenance aéronautique, et donc, de comprendre comment les notions de danger et de risque sont traitées pour être en mesure de confronter cette vision avec la manière dont les mécaniciens perçoivent les risques. Les acteurs que nous allons présenter ne constituent pas une liste exhaustive mais permettent d'avoir une vision générale de la manière dont la sécurité est gérée.

2.1. Le rôle des organismes de réglementation aéronautique

Les organismes tels que l'ICAO et l'EASA sont essentiels à la sécurité dite réglée du fait qu'ils soient à l'origine des réglementations en vigueur. Leur rôle est donc de s'assurer que tous les organismes de maintenance, de formation, les constructeurs aéronautiques, etc. aient le même niveau d'exigence en matière de sécurité. Dans cet objectif, les organismes de maintenance seront audités de manière régulière par les autorités compétentes afin de garantir leur conformité vis à vis des règlements en vigueur. Leur rôle est de concevoir des règles applicables et compréhensibles par tous et n'ont donc pas vocation à considérer les spécificités de chaque centre de maintenance. Une des règles que nous présentons ici concerne la gestion des risques telle que décrite dans le Safety Management Manual (SMM) (ICAO, 2018). Cette méthode est composée de quatre étapes (cf. Figure 10), qui permet de mieux comprendre comment la notion de risque est considérée du point de vue théorique.

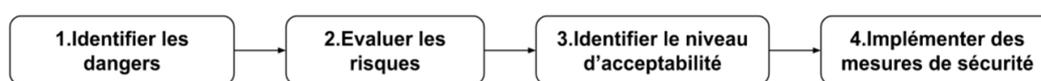


Figure 10 : Méthode d'analyse des risques (ICAO, 2018).

Plus précisément, l'ICAO souligne l'importance d'employer une démarche proactive dans la compréhension des dangers afin d'éviter que des accidents surviennent. Une fois les dangers identifiés, il s'agit d'évaluer le risque associé (cf. Figure 11) en considérant :

1. La probabilité d'occurrence d'un événement sur une échelle à 5 points de 1 "Pratiquement inconcevable que cet événement survienne (ou extrêmement improbable)" à 5 "susceptible de se produire plusieurs fois (ou fréquent)".
2. La sévérité de l'événement sur une échelle à 5 points de 1 "Négligeable" à 5 "Catastrophique".

Safety Risk		Severity				
		Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent	5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

Figure 11 : Matrice des risques (ICAO, 2018).

En fonction des scores de probabilité et de sévérité, un index sera créé ce qui permettra de classer le risque comme “acceptable”, “tolérable” ou bien “intolérable”. Plus les scores de sévérité et de probabilité sont élevés, plus le risque est intolérable. En fonction du niveau d’acceptabilité, l’organisme de maintenance devra implémenter des mesures de sécurité qui réduisent le risque à un niveau acceptable. Dans ce sens, l’évaluation du risque a pour objectif de créer des mesures efficaces (Michalsen, 2003). Elle permet à l’expert d’émettre un jugement quant à l’acceptabilité du risque (Rausand, 2011) qui est un support d’aide à la prise de décision et à l’implémentation de barrières (Aven, 2016). Cela rejoint la vision classique de la sécurité qui indique qu’un système est sûr quand le nombre d’évènements nuisibles et leurs conséquences sont réduits à un niveau acceptable, lui-même bas (Hollnagel, 2014). Dans un contexte de maintenance aéronautique, implémenter une méthodologie d’analyse des risques permet de se conformer aux réglementations émises par l’ICAO (Gerede, 2015). Pour notre étude, cela nous informe de la manière dont la notion de risque est traitée et de l’importance de l’identification des dangers avant d’évaluer les risques associés.

Cependant, comme le mentionne Murie (2022, p59) “La conception et l’évolution des règles de sécurité sont donc une part intégrante de la construction de la sécurité pour la sécurité en action”. Les réglementations cherchent à contrôler les risques en proposant des règles homogènes non adaptées aux variabilités des situations de travail. En d’autres termes, les réglementations ont le rôle de définir un cadre de sécurité commun à travers l’implémentation d’un processus de gestion de la sécurité que les centres de maintenance doivent adapter au contexte opérationnel. De plus, les réglementations sont majoritairement focalisées sur la navigabilité de l’avion. En effet, les Part émises par l’EASA ne mentionnent que très peu la santé et la sécurité au travail, ce qui laisse supposer qu’elle est sous la responsabilité des autorités nationales.

Les organismes ont d’autres fonctions importantes pour le maintien de la sécurité lors des opérations de maintenance. Par exemple, à travers la Part 66 (EASA, 2008) qui définit les modules théoriques que doivent valider les élèves et l’expérience pratique nécessaire pour devenir mécanicien. La réglementation influence les connaissances et compétences que doivent acquérir les mécaniciens aéronautiques. Néanmoins, le détail du contenu des modules et la méthode d’enseignement sont laissés aux organismes de formation même si cela doit être validé par l’autorité compétente (DGAC en France). En d’autres termes, le rôle des organismes de réglementation est de s’assurer que certaines connaissances et compétences seront acquises par les élèves en formation. De plus, les formations continues obligatoires (EWIS, facteurs humains, etc.) permettent que des connaissances qui sont jugées essentielles pour le maintien de la sécurité soient mises à jour et maintenues. Cependant, nous n’avons pas identifié de recherches qui étudient l’impact réel de ces formations sur la sécurité lors des

opérations de maintenance. De ce fait, la formation pourrait potentiellement être un facteur intéressant pour expliquer la variance de la perception des risques.

2.2. Le rôle des organismes de réglementation nationaux

En France, le code du travail rend responsable légalement et pénalement l'employeur de la santé et sécurité de ses employés. D'après le code du travail (Chapitre 1er : Obligations de L'employeur. (Articles L4121-1 À L4121-5) - Légifrance, 2024), l'employeur est dans l'obligation de mettre en place des mesures de prévention des risques professionnels, d'information, de formation et de disposer d'une organisation et de moyens adaptés. Comme pour le SMM, le centre de maintenance doit connaître et énumérer les dangers, évaluer les risques et implémenter des mesures de sécurité permettant de réduire les risques. Plus précisément, l'évaluation des risques est un principe fondamental d'après le Code du travail (articles L.4121-2 et L.4121-3) qui doit être mentionné dans le Document Unique d'Evaluation des Risques Professionnels (DUERP), obligatoire pour toute entreprise. Elle s'effectue en 4 étapes d'après l'INRS comme présenté sur la figure 12.

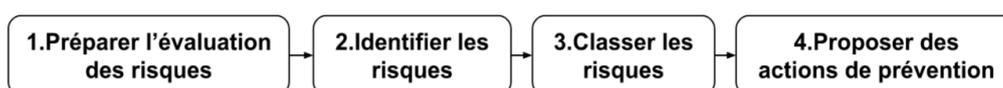


Figure 12 : Étapes pour l'évaluation des risques (Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023).

La première étape consiste simplement en la définition des moyens employés pour la réalisation de l'évaluation. L'identification des risques consiste à mettre en avant les dangers auxquels sont exposés les salariés pour ensuite évaluer les risques. Pour ce faire, l'INRS mentionne qu'il existe plusieurs méthodologies d'analyse des risques et laisse supposer que l'entreprise emploiera celle qui lui semble la plus appropriée. L'étape suivante consiste en l'établissement d'un classement des risques qui permettra à l'employeur de prioriser les risques afin de proposer des mesures de prévention adaptées. L'INRS mentionne que la priorisation des risques s'effectue principalement par l'emploi d'une matrice "probabilité/sévérité". La dernière étape consiste en l'implémentation de mesures de sécurité qui doivent dans un premier temps proposer des moyens de protection collectifs et ensuite individuels.

La formation des employés aux risques professionnels est également un aspect crucial pour le maintien de la sécurité d'après le code du travail (INRS, 2018). En effet, d'après le document proposé par l'INRS (2018), il est mentionné que les employés doivent être formés concernant les risques spécifiques à leur activité. Par exemple, les mécaniciens aéronautiques peuvent être exposés à des agents explosifs. Ils devront donc recevoir une formation intitulée "Atmosphères explosives sur les lieux de travail" qui

aura pour objectif de sensibiliser les mécaniciens sur les risques associés et sur les mesures de protection à suivre (INRS, 2018, p 42).

Pour conclure, en France, l'organisme de maintenance est responsable d'un point de vue pénal s'il ne se conforme pas au code du travail qui permet de garantir un haut niveau de sécurité en ce qui concerne les risques professionnels. Il met également en avant l'importance de connaître les dangers liés à l'activité, ce qui sera une étape cruciale pour notre étude. A travers les formations, le code du travail souligne l'importance des connaissances en matière de sécurité, qui sera un facteur à considérer dans notre modèle de la perception des risques.

2.3. Le rôle des constructeurs aéronautiques

Les constructeurs aéronautiques conçoivent, fabriquent et assemblent des avions qui doivent être conformes aux réglementations en vigueur pour obtenir l'autorisation de voler. En d'autres termes, l'avion doit avoir la capacité de voler tout au long de sa vie utile en garantissant la sécurité des personnes et du matériel. Dans ce sens, d'après l'*Appendix H* dans la CS 25 (EASA, 2007), le constructeur est dans l'obligation de fournir aux exploitants tous les documents qui permettent de comprendre le fonctionnement des systèmes de l'avion, de planifier et de réaliser les opérations de maintenance. Par exemple, le constructeur doit fournir les procédures qui seront utilisées par le mécanicien pour effectuer les tâches de maintenance. Ces procédures sont essentielles au maintien de la sécurité et font partie de la prévention des risques (Hollnagel, 2008). En effet, nous avons vu dans le chapitre 1 que les procédures sont composées de warnings et cautions qui ont pour objectif d'informer les mécaniciens quant aux risques pour les personnes et pour le matériel. En d'autres termes, le constructeur aéronautique choisit d'informer le mécanicien de certains risques qui sont intrinsèques à la réalisation d'une tâche de maintenance.

Le choix d'inclusion d'un *warning* et/ou d'un *caution* est une décision importante qui doit permettre au mécanicien de réaliser la tâche en toute sécurité. Cependant, la procédure de maintenance, qui est déjà très détaillée, ne doit pas être alourdie par la présence d'un nombre trop important de *warnings* et de *cautions*. De plus, le constructeur ne peut considérer tous les risques car la documentation de maintenance représente l'activité imaginée, qui ne peut pas considérer la variabilité des situations de travail (Hollnagel, 2014). Ainsi, un compromis doit être fait entre les risques à communiquer et ceux qui ne le seront pas. Rappelons que les constructeurs aéronautiques sont responsables de la manière dont la maintenance de leurs avions est effectuée à travers la procédure et la documentation de maintenance. Ainsi, ils assument une part de responsabilité si un accident survient alors qu'un risque n'a pas été communiqué. Pour ce faire, le constructeur met en place un processus proactif qui permet dès la phase de conception d'identifier les dangers, d'évaluer les risques et de documenter ceux qui

sont jugés comme cruciaux pour la sécurité des opérations. De plus, durant la phase d'exploitation, le constructeur ajuste cette communication des risques en fonction des occurrences qui lui sont remontées par les exploitants. L'implication d'experts en ergonomie, facteurs humains et linguistiques assure la prise en compte de la réalité du terrain et l'adaptation de la communication des risques. Cependant, comme le mentionnent Daniellou et al. (2010) la procédure ne peut pas couvrir la diversité des situations de travail. Ainsi, les mécaniciens aéronautiques sont en constante adaptation en fonction des contraintes et des conditions environnementales qui régissent l'activité. De ce fait, nous pensons que l'étude de la perception des risques des mécaniciens apportera des données intéressantes pour mieux comprendre la réalité de l'activité.

2.4. Le rôle du centre de maintenance

L'organisme de maintenance aéronautique joue un rôle crucial dans le maintien de la sécurité des personnes et des vols. Par exemple, l'employeur est dans l'obligation de désigner une ou plusieurs personnes chargées de la prévention des risques professionnels (Article L. 4644-1 du code du travail). De plus, que ce soit pour assurer la sécurité des personnes et des vols, pour être conforme aux réglementations, les organismes de maintenance sont dans l'obligation d'implémenter un processus de gestion de la sécurité, comme nous avons pu le décrire. Néanmoins, l'activité de maintenance est un processus dynamique qui peut être effectué dans des contextes environnementaux, organisationnels et humains différents. Ainsi, les organismes de maintenance doivent continuellement adapter le "prescrit" à la réalité de leur activité. En d'autres termes, les réglementations fournissent le cadre pour que l'organisme de maintenance atteigne un haut niveau de sécurité, mais celui-ci doit l'adapter à la réalité de l'activité. Dans ce sens, l'organisme de maintenance devra créer sa propre culture de la sécurité qui est définie comme *"the set of beliefs, norms, attitudes, roles and social and technical practices within an organisation which are concerned with minimising the exposure of individuals both within and outside an organisation to conditions which are considered to be dangerous"* (Pidgeon et O'Leary's., 1994, p. 32 cité par Atak et Kingma (2011)). En d'autres termes, la culture de la sécurité correspond à l'ensemble des valeurs, croyances, attitudes, rôles et comportements de tous les employés au sein d'une entreprise. L'objectif étant que chaque employé se sente concerné par les enjeux de sécurité et plus spécifiquement la réduction de l'exposition aux dangers présents. Le *Safety Management Manual* ou SMM (ICAO, 2018) mentionne l'importance de l'implémentation d'une culture de la sécurité qui contient 5 composants d'après Necula et al, (2015) :

- La *"reporting culture"* dont l'objectif est de permettre au personnel de rapporter tout ce qui peut nuire à la navigabilité de l'avion et à la sécurité de l'environnement de travail même si le mécanicien est en cause. En effet, Kouabenan & al., (2006, p.245) soulignent l'importance de l'emploi de ce qu'ils appellent une *"no blame culture"* qui doit être perçue comme bénéfique

par le personnel pour être efficace (ICAO, 2018). Il s'agit d'une démarche selon laquelle toute personne qui rapporte un incident et/ou une erreur même faite par elle-même ne doit subir aucune répression ni blâme, mais, au contraire, doit être "félicitée".

- La "*just culture*" qui explique que tout le monde est responsable de la sécurité dans l'organisation. Les employés savent ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas (Gerde, 2015).
- La "*Learning culture*" fait référence à l'envie du personnel d'acquérir de nouvelles connaissances afin d'améliorer la sécurité.
- La "*Informed culture*" implique que le personnel ait les connaissances pour comprendre les dangers et les risques associés. En maintenance aéronautique, les mécaniciens reçoivent une formation initiale et continue qui leur apporte les connaissances nécessaires pour assurer la sécurité. Une communication quotidienne au sein des centres de maintenance est effectuée à travers les alertes et rappels de sécurité.
- La "*Flexible culture*" traduit le fait que le personnel soit prêt à accepter les changements dans l'organisation.

Ainsi, malgré le cadre réglementaire strict qui permet une certaine homogénéité dans la considération de la sécurité, les organismes de maintenance doivent implémenter des mesures qui sont à la fois conformes aux réglementations et adaptées à un environnement de travail dynamique. Cette adaptation met en évidence la variabilité pouvant exister entre deux centres de maintenance aéronautique, même au sein d'un même pays. Cela montre l'importance de considérer la culture de l'entreprise dans notre étude sur la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

2.5. Le rôle du mécanicien aéronautique

Le dernier acteur de la sécurité est le mécanicien aéronautique qui a pour mission le maintien de la navigabilité de l'avion (Thulasy et al., 2022). Lors des opérations de maintenance, celui-ci est dans l'obligation de suivre la procédure fournie par le constructeur. Son employeur lui fournit tout le matériel nécessaire à la réalisation de la tâche et au maintien de la sécurité. Les risques pour la santé et pour la navigabilité de l'avion sont indiqués dans la procédure et/ou sur le matériel manipulé (produits chimiques par exemple). De plus, l'implémentation d'un processus de management de la sécurité, la présence de professionnels en santé et sécurité permet de mettre en œuvre des approches proactives pour assurer la sécurité. Le mécanicien est également formé pour appliquer les mesures de

sécurité adaptées quant aux risques pour sa santé ou pour la navigabilité de l'avion. Dans ce cadre, la gestion des risques est dictée par la sécurité "réglée" qui permet d'éviter toute défaillance (Daniellou et al., 2010). Même si, selon les principes de culture de sécurité, le mécanicien doit être une partie prenante de la gestion des risques au quotidien, son activité semble focalisée sur le suivi des règles en vigueur. Cependant, comme le mentionnent Daniellou et al., (2010) et Hollnagel, (2014), la sécurité "réglée" ne peut pas prendre en compte la gestion des risques lors d'imprévus. De plus, d'après Thulasy et al. (2022), les mécaniciens acquièrent et améliorent leurs compétences et connaissances techniques avec l'expérience sur le terrain. Dans ce sens, nous pensons que l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautique permettrait d'apporter une première réponse quant à la manière dont les risques sont gérés au quotidien par les mécaniciens, bien que, d'un point de vue théorique, le mécanicien ne soit pas supposé évaluer les risques et prendre des décisions quant à la mise en œuvre d'une mesure de sécurité.

3. Conclusion du chapitre I.2

A travers ce chapitre, nous avons vu la manière dont la sécurité et plus précisément les risques sont considérés et communiqués aux mécaniciens aéronautiques. La gestion de la sécurité apparaît comme étant focalisée sur la sécurité dite "réglée" Daniellou et al., (2010) ou Safety I (Hollnagel, 2014). Cela signifie que la sécurité est considérée principalement à travers les règles, normes et procédures qui régissent l'activité de maintenance aéronautique. Or, comme l'ont souligné Leplat et de Terssac (1990), la place de l'être humain dépasse le simple respect des procédures. Ainsi, même si la mise en œuvre d'un processus de gestion de la sécurité est un élément important, cela ne permet pas une adaptation suffisante à la réalité des situations de travail (Daniellou et al., 2010). Pour ces raisons, notre démarche a pour vocation la compréhension de la gestion des risques au quotidien par les mécaniciens aéronautiques.

Voici un tableau récapitulatif des points à retenir dans ce chapitre, (cf. Tableau 5.).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des points à retenir dans le chapitre 2.

Points à retenir
La sécurité, en maintenance aéronautique, est principalement considérée d'un point de vue "réglée" et non "gérée".
Le risque est principalement considéré comme une combinaison de la probabilité d'occurrence d'événements négatifs associés à une sévérité des conséquences.
Le danger est une caractéristique intrinsèque d'un objet qui existe indépendamment de toute interaction.
L'EASA assure la sécurité du point de vue de la navigabilité de l'avion et les organismes nationaux assurent la santé et la sécurité des mécaniciens aéronautiques.
Les constructeurs ont pour responsabilité d'identifier et de communiquer les risques à travers la procédure de maintenance (warning et caution).
Les centres de maintenance ont pour responsabilité d'implémenter une culture de la sécurité, de fournir le matériel nécessaire et d'assurer la formation continue de ses mécaniciens.
Le mécanicien n'est pas supposé juger les risques mais appliquer la procédure de maintenance et les mesures de sécurité associées.
L'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques permettrait d'appréhender la sécurité d'un point de vue géré.

Chapitre I.3 : Etude de la perception des risques

Afin de concevoir un modèle de la perception des risques et étudier cette notion dans le domaine de la maintenance aéronautique. Nous devons, dans un premier temps, définir cette notion et la manière de la mesurer. Nous présenterons ensuite les facteurs qui ont été identifiés par la littérature comme ayant un effet sur la perception des risques. Cela notamment à travers les principaux modèles/théories de la perception des risques. Ainsi, ce chapitre se répartit en 7 sous chapitres comme présenté sur la figure 13.

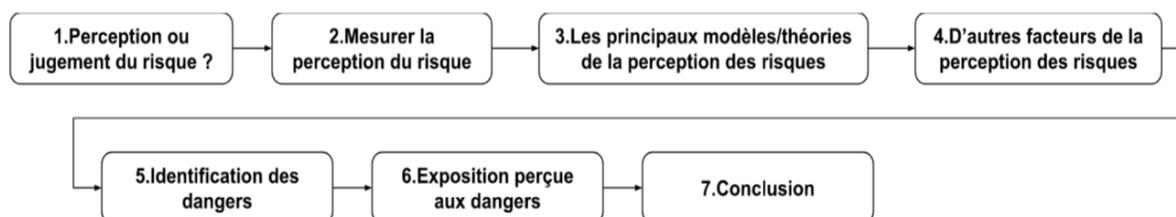


Figure 13 : Plan du chapitre 3.

1. Perception ou jugement du risque ?

La perception du risque est un concept complexe qui est apparu dans les années 60-70. L'objectif était alors de comprendre comment le risque est évalué par des populations non expertes (Breakwell, 2014, p21), qui apparaît basé sur l'affect et l'intuition (Nyre et Jaatun, 2013). Cela, en comparaison avec l'évaluation experte du risque (Wilson et al., 2019) dont l'objectivité supposée (Dobbie et Brown, 2014) a été remise en question car n'étant pas indépendante de l'observateur (Fischhoff et al., 1984) et influencée par des facteurs individuels comme la culture ou le sens du risque (Trillo-Cabello, 2021).

De manière générale, la perception du risque est définie comme une évaluation du risque par un décideur dans une situation donnée (Sitkin et Pablo, 1992). Elle permet de juger l'existence d'un risque d'une certaine taille (Sjoberg, 1998) et les auteurs s'accordent pour dire qu'elle est par nature subjective (Orasanu et al., 2002). Cependant, il semble que la littérature ne soit pas en accord concernant l'emploi du terme "perception" qui réfère à " la capacité qui permet à un organisme de guider ses actions et de connaître son environnement sur la base des informations fournies par ses sens" (Bonnet, 2014). Ainsi, la perception ne peut exister qu'à travers les organes sensoriels (ouïe, goût, toucher, odorat, vision, mais aussi les capteurs internes) qui permettent à l'être humain d'obtenir des informations sur son environnement pour ensuite être en mesure de prendre une décision adaptée (Bonnet, 2014). La perception peut être considérée comme un traitement de l'information rigide et automatique (Sjoberg, 1996). Dans ce sens, la "perception des risques" serait un processus automatique de détection des éléments de l'environnement comportant un risque et qui permet à l'individu de prendre une décision en conséquence pour assurer la sécurité. Cependant, pour certains auteurs, le terme "perception" devrait être remplacé par le terme "jugement" du fait que le jugement

fait référence à des traitements cognitifs plus ou moins automatiques menant à la prise de décision (Fischhoff et Broomell, 2020). De plus, la perception des risques a tellement été étudiée de différentes manières (paradigme psychométrique, théorie culturelle, etc.) que le concept aurait perdu de son sens (Dunwoody et Neuwirth, 1991). Pour d'autres auteurs, la perception des risques fait également référence à des traitements cognitifs car composée de toutes les interprétations et jugements subjectifs des risques (Slovic, 2000). Dans notre étude, nous souhaitons mettre en avant les concepts employés par les mécaniciens pour juger des risques et les facteurs qui peuvent les influencer. De ce fait, nous considérerons la perception des risques comme le processus subjectif de jugement du risque permettant à l'individu de prendre une décision adaptée à la situation de travail et permettant d'assurer la sécurité. Notamment sur la base des dangers qui ont été préalablement identifiés.

2. Mesurer la perception du risque

Initialement considérée comme une évaluation cognitive de la magnitude et de la probabilité du risque (Peak et Hove, 2017), il n'existe pas à notre connaissance de consensus sur sa mesure, ce qui rend son étude complexe (Le et Arcodia, 2018). D'après Wilson et al., (2019) la mesure qui se démarque le plus est la mesure générale ("*How risky is/are X?*", ce qui veut dire en français "Quel est le risque de X?"). En effet, les auteurs indiquent que 40% des 81 études citées dans l'article considèrent cette mesure alors que seulement 9% mesurent la perception des risques en combinant la probabilité et la sévérité. 12% mesurent uniquement l'affect ou encore 11% combinent la probabilité, la sévérité et l'affect. Ces résultats soulignent que la perception des risques est un concept multidimensionnel (Sjoberg, 2000 ; Rundmo et Moen, 2006 ; Wilson, 2019) et complexe (Slovic, 2000 ; Chionis et Karanikas, 2018). La perception des risques n'est donc pas simplement une combinaison de la probabilité et de la sévérité, qui permettrait de mesurer uniquement la dimension cognitive (Sjoberg, 2004). En effet, au-delà des processus cognitifs, la perception des risques implique des réactions affectives (Sjoberg, 1996, 2000 ; Dobbie et Brown, 2014, Wolff et al., 2019). L'objectif est de souligner le fait que les individus ne jugent pas le risque uniquement sur ce qu'ils pensent mais aussi sur ce qu'ils ressentent (Slovic & Peters, 2006). Cela serait d'autant plus vrai lors de situations soumises à des contraintes temporelles (Finucane et al., 2000 ; Slovic et al., 2004) comme lors de la maintenance en ligne au cours de laquelle les mécaniciens pourraient avoir à effectuer plusieurs opérations dans un temps très limité.

De ce fait, la perception des risques peut être découpée en deux dimensions, une cognitive et une affective, comme présenter sur la figure 14.

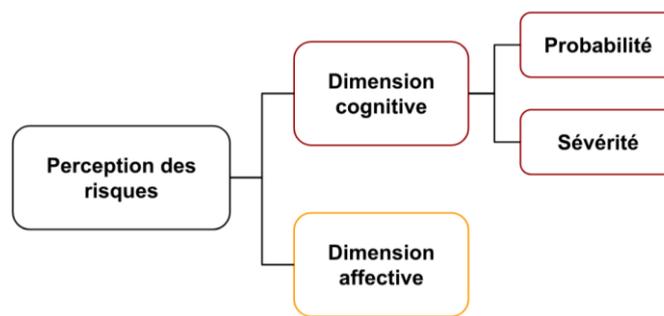


Figure 14 : Mesure de la perception des risques.

Cependant, d'autres notions composent/influencent la perception des risques, que nous allons expliciter ci-dessous.

2.1. L'affect comme mesure de la perception des risques

De manière générale, l'affect est considéré comme étant crucial pour l'étude de la perception des risques (Rahn et al., 2021 ; Slovic et al., 2013). L'affect peut être présenté comme un heuristique (Johnson et Tversky, 1983) qui fournit à un individu une réponse intuitive en se basant sur son expérience personnelle (Slovic et Peters, 2006). Par exemple, une réponse affective négative correspond à une évaluation forte des risques et faible des bénéfices (et inversement pour l'affect positif) (Finucane et al., 2000). La réponse affective appelée également "*risk as feeling*" (en français, le risque en tant que sentiment) fait référence "à nos réactions rapides, instinctives et intuitives face au danger" (Slovic et al., 2004). Elle permet de répondre de manière rapide au risque même si l'évaluation est "grossière" (Loewenstein et al., 2001). Elle s'oppose à l'évaluation cognitive du risque appelée "*risk as analysis*" (le risque en tant qu'analyse) et qui "apporte la logique, la raison et la délibération scientifique pour peser sur la gestion des risques" (Slovic et al., 2004). Le "*risk as analysis*" est considéré comme un processus plus rationnel qui apparaît après l'évaluation intuitive afin de la corriger, de l'ajuster et de la surveiller (Nyre et al., 2017).

Néanmoins, pour éviter toute confusion, il est important de faire la distinction entre "l'affect heuristique" qui a été envisagé pour mesurer l'attitude (réponse affective positive ou négative) avec l'affect qui mesure la réponse émotionnelle (Sjöberg, 2007). En effet, pour certains auteurs l'affect est une combinaison d'émotions. Par exemple, pour Rundmo (2002), l'affect négatif fait référence à la peur, l'hostilité, la détresse et la nervosité. Et l'affect positif correspond au fait de "se sentir bien et d'être actif, enthousiaste, heureux, exalté, etc." Pour d'autres, l'affect est une combinaison de plusieurs émotions comme la peur, l'anxiété ou encore l'inquiétude et considéré comme une mesure de la perception des risques (Ferrer et al., 2016). Dans ce sens, la perception des risques est également mesurée en considérant la préoccupation (*concern*) ou l'inquiétude (*worry*) qu'un individu ressent

envers un danger particulier. Cependant, certains auteurs ne font pas la distinction entre les deux notions. Par exemple, Peters et Slovic, (2007) qui tentent de conceptualiser et de mesurer la partie affective de l'attitude, demandent aux participants d'indiquer le niveau d'inquiétude ou de préoccupation quand exposés à un danger. D'autres recherches considèrent uniquement la préoccupation (Barnett et Breakwell, 2001 ; Leiserowitz, 2006) alors que d'autres considèrent qu'elles doivent être différenciées l'une de l'autre (Sjoberg, 1998 ; Rundmo, 2002). Dans ce sens, Rundmo (2002) mentionne que l'inquiétude est le résultat d'une réflexion répétée et intense sur le danger. Plus précisément, lorsqu'un individu pense à un danger, il se sentira préoccupé et s'il ne s'arrête pas d'y penser, après un certain temps, il se sentira inquiet.

De ce fait, considérer l'affect comme mesure de la perception des risques apparaît comme crucial dans le cas où l'intuitivité de la perception des risques doit être mise en évidence. Cependant, parce que c'est un concept complexe pour lequel de nombreuses définitions existent, il s'agira d'étudier la pertinence de le considérer dans notre étude.

2.2. Le rôle des biais cognitifs

La mesure de la perception des risques doit également considérer de nombreux biais cognitifs (Tversky et Koehler, 1994). Voici quelques exemples présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Biais cognitifs qui impactent la perception des risques.

Biais cognitifs	Description
Le biais optimiste	Les individus ont tendance à surestimer la probabilité de vivre des événements positifs et à sous-estimer la probabilité de vivre des événements négatifs (Wolff et al., 2019).
Le unpacking effect	Les individus ont tendance à juger la probabilité du tout comme inférieure à la somme des parties (Tversky et Koehler, 1994). En d'autres termes, plus une situation dangereuse est présentée en détail, plus les gens perçoivent le risque comme élevé (Wolff et al., 2019).
Le biais de disponibilité	Les individus surestiment la probabilité d'occurrence d'événements auxquels ils sont souvent exposés par rapport à des événements auxquels ils sont moins exposés. Des auteurs qui comparent la perception des risques de pilotes d'hélicoptères experts et novices indiquent que l'expérience et une formation adaptée peuvent réduire l'influence du biais (Thomson et al., 2004).

De nombreux autres biais existent comme le biais de représentativité qui permet à un individu de gérer la probabilité qu'un objet A appartienne à un objet B, le biais d'ajustement et d'ancrage qui fait que lors d'une estimation, l'individu se base sur une valeur de départ qui va être ajustée pour fournir une estimation la plus précise possible, etc. (Tversky et Kahneman, 1974). Ainsi, la considération des biais cognitifs sera essentielle tant pour la construction du protocole expérimental que pour l'analyse des résultats. Par exemple, nous pourrions étudier le fait que certains dangers seront perçus comme plus risqués car des événements récents sont survenus au sein de l'entreprise en lien avec ce même risque, comme décrit par le biais de disponibilité.

3. Les principaux modèles/théories de la perception du risque

Dans cette partie, nous voulons identifier les facteurs qui peuvent influencer la perception des risques grâce à l'analyse de différents modèles et théories existants. Nous soulignons que, suivant la manière dont la perception des risques est considérée, une variable peut être considérée comme une métrique ou un facteur explicatif. Cette distinction est importante pour l'adaptation du modèle au domaine de la maintenance aéronautique. Voici, une représentation imagée des notions qui seront abordées à travers les modèles/théories (cf. Figure 15)

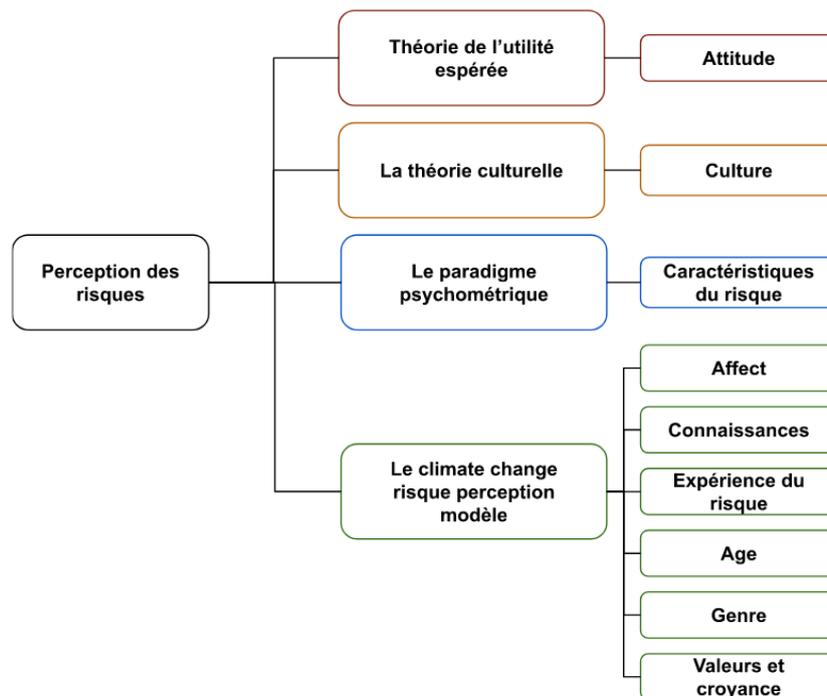


Figure 15 : Modèles et théories de la perception des risques avec les notions abordées.

3.1. La théorie de l'utilité espérée

L'une des plus anciennes théories dans notre domaine d'intérêt est celle de l'utilité espérée. Elle tente d'expliquer de manière rationnelle et mathématique l'évaluation du risque par un individu faisant face à un choix financier (Kouabenan et al., 2006, p.40). En fonction de la courbe de la "fonction d'utilité", trois attitudes émergent : 1) L'aversion au risque indique que les personnes préfèrent une probabilité ou un résultat certain. 2) le risque neutre indique que les personnes sont indifférentes à la probabilité ou la certitude du résultat. 3) La prise de risque indique que les personnes préfèrent une faible probabilité ou certitude du résultat. Bien évidemment, la théorie a ses limites car rien ne garantit qu'un individu soit cohérent dans son attitude (Weber et al., 2002). Également, parce qu'elle ne considère pas les variabilités environnementales et intra-individuelles (Kouabenan et al., 2006, p40), cela rend la fonction mathématique purement subjective.

Cependant, la théorie de l'utilité espérée fait émerger la notion d'attitude face au risque pour laquelle il n'existerait de consensus ni sur la définition ni sur la mesure (Fishman et al., 2021). Par exemple, Dobbie et Brown (2014) dans leur étude visant à comprendre la perception des risques par des spécialistes de la gestion de l'eau, décrivent l'attitude comme un trait de personnalité qui évalue si un individu a plus tendance à prendre des risques ou bien à l'éviter. Une autre étude de Man et al., (2017) étudie le comportement de travailleurs dans le domaine de la construction et considère l'attitude sur trois critères : positive, neutre ou négative. Pour Sjöberg, (2007), l'attitude est une réaction positive ou négative à une stimulation et doit être distincte des émotions. Par exemple, l'auteur demande aux participants d'évaluer à quel point ils veulent se renseigner, discuter ou même penser à un risque spécifique. Ainsi, une attitude positive au regard d'un risque serait d'y penser, de se renseigner ou même d'en discuter. De plus, l'attitude serait un meilleur prédicteur du comportement que de la perception des risques (Rundmo 2002, Kummeneje et Rundmo, 2020), ce qui peut remettre en question son emploi dans notre étude.

En maintenance aéronautique, l'attitude des mécaniciens envers la sécurité apparaît comme étant une composante de la culture de la sécurité. En effet, bien que l'attitude fasse partie de la définition de la culture de sécurité, comme mentionné par Atak et Kingma (2011), nous avons vu dans le chapitre 2 que le mécanicien a pour responsabilité d'appliquer les mesures de sécurité et de suivre les procédures pour garantir la sécurité des personnes et du matériel. Ainsi, considérer l'attitude dans notre étude permettrait de mettre en avant l'importance de la culture de l'entreprise en matière de sécurité, et surtout l'impact qu'une attitude négative (non-respect des règles de sécurité) pourrait avoir sur la gestion des risques des mécaniciens au quotidien.

3.2. La théorie culturelle

La théorie culturelle créée par Mary Douglas en 1970 dans son livre "Natural Symbols" (Douglas, 1970), puis enrichie plus tard par Douglas et Wildavsky (1983) considère la perception du risque comme un phénomène social ou culturel qui "n'est pas gouverné par les traits de personnalité, les besoins, les préférences ou les propriétés des objets à risque" (Boholm, 1996). Le biais culturel fait référence aux notions de valeurs et de croyances partagées d'une personne à travers ses relations sociales. De plus, l'interaction entre les biais culturels et les relations sociales correspond au "mode de vie" des individus qui peuvent être : égalitaristes, hiérarchiques, fatalistes ou individualistes (Boholm, 1996).

- Les égalitaristes craignent tout ce qui peut menacer l'égalité (Sjoberg, 1997). Ils ont donc tendance à préférer des stratégies de gestion des risques plus égalitaires (Steg et Sievers, 2000).
- Les hiérarchiques ont tendance à faire confiance aux experts ou aux décisions gouvernementales (Sjoberg, 1997). Ils sont partisans d'une stratégie de gestion stricte avec régulation et contrôle (Steg et Sievers, 2000).
- Les fatalistes n'identifient aucun objectif utile dans la gestion des risques car le risque n'est pas contrôlable (Steg et Sievers, 2000). Les individualistes craignent tout ce qui peut entraver leur liberté et considèrent le risque comme non inquiétant s'il n'interfère pas avec leur liberté (Sjoberg, 1997).

Ainsi, l'appartenance à un "mode de vie" définit quel type de risque les individus sont prêts à accepter et comment ils doivent être gérés. Néanmoins, même si pour certains auteurs cette théorie apparaît intéressante pour l'étude de la perception des risques (Dake, 1991), d'autres la critiquent. Par exemple, pour Sjoberg (1996, 1997, 2000), la plupart des études sur la théorie culturelle n'ont pas réussi à confirmer le lien avec la perception du risque qui n'expliquerait que 5% de sa variance. De plus, il ne semble pas établi que les individus soient cohérents dans leur mode de vie en fonction du contexte dans lequel ils se trouvent (Steg et Sievers, 2000). Par exemple, un individu peut être hiérarchique au travail mais individualiste avec ses amis. En maintenance aéronautique, cette théorie semble peu applicable car nous ne souhaitons pas mesurer la capacité des mécaniciens à accepter certains risques ou encore la manière dont ils souhaiteraient que les risques soient gérés. En effet, la culture de la sécurité en aéronautique a pour objectif de réduire au maximum les risques pour les humains ou pour le matériel. En d'autres termes, aucun risque n'est acceptable même s'il est réel. Dans ce sens, la gestion des risques est stricte et est la même pour tous les centres de maintenances. De plus, les mécaniciens sont partie intégrante de cette culture, notamment à travers les retours qu'ils peuvent émettre quant à la présence de dangers non identifiés. Les mesures de sécurité mises en place sont faites pour garantir la sécurité et non entraver les libertés.

En maintenance aéronautique, l'activité peut être effectuée dans des contextes sociaux et culturels extrêmement variés du fait qu'elle soit réalisée aux quatre coins du monde. Dans ce sens, la culture apparaît dans plusieurs études comme un facteur important à considérer. Hayakawa, et al., (2000) comparent la perception des risques des Japonais versus des Américains concernant différents types de transport (à pied, voiture, vélo, moto, etc.). Ces auteurs montrent que les Japonais craignent bien plus le risque d'avoir un accident sur la route que les Américains (Etats-Unis). De même, Yoshida et al., (2020) ont étudié la différence de perception des risques entre une population d'étudiants Japonais et d'étudiants Américains. Ils ont montré que les dangers perçus comme les plus risqués par les étudiants Japonais étaient différents de ceux des étudiants Américains. Par exemple, les étudiants Japonais avaient une perception des risques plus élevée concernant le danger "rayons X" que les étudiants Américains. Au contraire, pour Martínez-Fiestas et al. (2020), il n'existe pas de différence dans la perception des risques entre des pompiers de pays hispanophones différents (Argentine, Chili, Équateur et Espagne). Ainsi, l'aspect socio-culturel associé aux organismes de maintenance pourrait être un élément pertinent à considérer dans notre étude. Cependant, il sera très certainement difficile de contrôler la population de mécaniciens à laquelle nous aurons accès. De ce fait, ce facteur ne pourra pas être considéré dans notre étude.

3.3. Le paradigme psychométrique

Un troisième modèle qui domine les études sur la perception des risques est le paradigme psychométrique (Rundmo et Nordfjærn, 2017 ; Sjöberg, 2004) dont l'objectif est de comprendre pourquoi les individus perçoivent différemment différents types de risque (Siegrist et al., 2015). Il repose sur l'idée que la perception du risque est un processus cognitif, conscient et rationnel (Nyre et al., 2017) qui peut être évaluée en considérant 9 caractéristiques du risque (Lichtenstein et al., 1978) qui sont :

- *"Voluntariness"* évalue le degré auquel les participants s'exposent de manière volontaire au danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1 = volontairement à 7 = involontairement).
- *"Knowledge about risk"* évalue le degré auquel le participant pense connaître le danger auquel il est exposé sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= Connu précisément à 7 = Pas connu)
- *"Scientific knowledge"* évalue le degré auquel le participant pense que la science connaît ce danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= Connu précisément à 7 = Pas connu)
- *"Control over risk"* évalue le degré auquel le participant pense qu'il possède les compétences pour éviter la mort quand exposé au danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= incontrôlable à 7= contrôlable)
- *"Newness"* évalue le degré auquel le participant pense que le danger est nouveau sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= nouveau à 7 = ancien)

- *“Chronic-catastrophic”* évalue le degré auquel le participant pense que l’unique exposition au danger peut tuer un nombre important de personnes l’une après l’autre (risque chronique) ou bien que l’exposition puisse tuer un nombre important de personnes en une fois (risque catastrophique). Cela sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= chronique à 7= catastrophique)
- *“Common-dread”* évalue le degré auquel le participant pense que le danger est plutôt commun ou bien qu’il soit craint par la population sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= commun à 7= craint)
- *“Severity of consequences”* évalue le degré auquel le participant pense que les conséquences peuvent être fatales si exposé au danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= certain de ne pas être fatal à 7= certain d’être fatal)
- *“Immediacy of effect”* évalue le degré auquel le participant pense que le risque de mort est immédiat sur une échelle de Likert à 7 points (1 = immédiat ; 7 = delayed)

Les principaux résultats de l’étude menée par Lichtenstein et al. (1978) montrent que les caractéristiques liées au risque peuvent être regroupées en deux facteurs. Le premier facteur regroupe toutes les caractéristiques sauf “la sévérité des conséquences”. Le deuxième inclut la sévérité des conséquences, le fait qu’un danger soit craint et le fait qu’il soit associé à des conséquences catastrophiques. Plus récemment, Siegrist et al (2015) reprennent l’étude menée par Lichtenstein et al. (1978) et nomment la première dimension *“Unknown Risk”* qui correspond à des dangers dont l’exposition est involontaire, qui sont méconnus, incontrôlables et nouveaux. Et la deuxième appelée *“dread risk”* inclut les notions de "risque catastrophique", "la crainte" et "conséquences fatales". Cependant, pour Sjöberg, (1996), le modèle se base sur quelques travaux sans qu’il y ait de théorie validée et n’expliquent que 25% de la variance de la perception du risque. De plus, d’après Siegrist et al. (2015), la perception du risque ne pourrait être expliquée par un modèle basé sur des données agrégées. En effet, l’analyse agrégée néglige les différences individuelles et ne permet d’expliquer la perception du risque qu’au niveau d’une population.

Malgré les critiques, le paradigme psychométrique souligne l’intérêt de considérer la perception des risques comme un concept multidimensionnel. Il nous informe de nouvelles caractéristiques des risques qui pourraient être considérées dans notre étude. Cependant, il s’agira d’étudier l’applicabilité de ces caractéristiques dans le domaine de la maintenance aéronautique. Par exemple, en maintenance aéronautique, même si les mécaniciens n’ont guère le choix que d’être exposés à certains dangers, les risques qui sont associés sont connus. En effet, la réglementation ou même le code du travail oblige les centres de maintenance, les constructeurs d’avions ou de tout type de matériels et

consommables (produits chimiques par exemple) à identifier les dangers, à évaluer les risques en lien avec un matériel spécifique, et à implémenter des mesures de sécurité adaptées. De plus, les mécaniciens sont formés de manière continue, ce qui rend certaines caractéristiques non applicables au domaine de la maintenance aéronautique comme “la nouveauté”.

4. Le Climate Change Risk Perception Model (CCRPM)

Le “Climate Change Risk Perception Model” ou CCRPM est un modèle appliqué au changement climatique qu’il est intéressant de présenter car il explique presque 70% de la variance de la perception du risque (Van der Linden, 2015). Ainsi, il pourrait mettre en avant des nouvelles notions non considérées dans les modèles précédents. Dans ce modèle, la perception des risques est mesurée sur deux caractéristiques :

- La perception de la probabilité que le changement climatique représente une menace pour le participant ou pour la société,
- La sévérité de la menace que représente le changement climatique pour l’environnement, la société ou pour le participant, le niveau d’inquiétude et si les participants se sentent concernés par le changement climatique.

Voici sur la figure 16, les facteurs considérés dans ce modèle et regroupés en 4 dimensions.

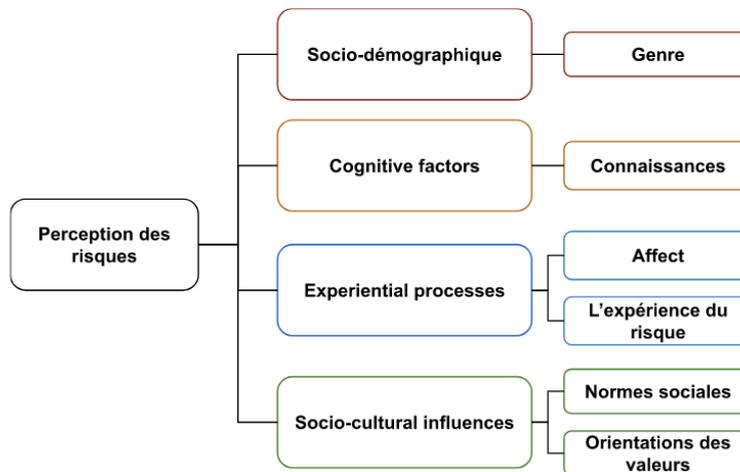


Figure 16 : Climate Change Risk Perception Model (CCRPM).

4.1. Socio-démographique

Dans son étude, Van Der Linden (2015) indique une part très faible de la variance expliquée par le genre (0.83%). De manière générale, les études tendent à conclure que les femmes semblent avoir une perception du risque plus élevée que les hommes pour les dangers environnementaux et routiers (Rundmo, 2002 ; Sjoberg, 1997 ; Rundmo et Nordfjærn, 2017 ; Slovic, 1999 ; Siegrist, 2005). Néanmoins, il semblerait que cette corrélation ne soit pas toujours vraie notamment en fonction du type de danger (Ohman, 2017). D'autres études n'ont pas identifié de différences significatives dans la perception du risque selon le genre, comme Trillo-Cabello et al. (2021) qui ont étudié la perception des risques des travailleurs dans le domaine du bâtiment. Dans un contexte de maintenance aéronautique, il serait intéressant d'identifier l'impact du genre sur la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Cependant, les femmes sont très peu représentées dans ce domaine et nous risquons de ne pas avoir un échantillon suffisant pour effectuer un traitement statistique.

Une autre composante démographique qui n'est pas étudiée dans ce modèle est l'âge. Comme pour le genre, il n'existe pas de preuve claire de l'existence d'une corrélation significative avec la perception du risque, parfois positive, négative ou bien nulle toujours selon Trillo-Cabello et al. (2021). En maintenance aéronautique, les mécaniciens plus âgés n'ont pas nécessairement une plus grande expérience du risque que les jeunes. En effet, cela dépend de l'expérience personnelle, du parcours du mécanicien et de l'environnement de travail dans lequel il opère. Par exemple, un individu en reconversion peut être amené à devenir mécanicien aéronautique après avoir fait plusieurs années dans l'automobile. Et donc dans notre cas d'étude, l'âge ne serait pas un facteur pertinent à considérer.

4.2. Cognitives factors

Van Der Linden (2015) considère la dimension cognitive comme une combinaison de trois types de connaissances : 1) L'impact/les conséquences, 2) Les causes et 3) Les comportements qui augmentent/diminuent le réchauffement climatique. La connaissance des conséquences/impacts potentiels est le facteur qui explique le plus la variance de la perception du risque, même si le pourcentage reste faible (4.34%). Pourtant, (Siegrist, 2020) indique dans sa revue de littérature que les connaissances jouent un rôle important et influencent la perception des risques, notamment pour des dangers comme le changement climatique. Dans ce sens, Yoshida et al. (2020) montrent que la connaissance (concernant les radiations) serait corrélée négativement avec la perception des risques liés aux radiations chez des étudiants Japonais. Ainsi, malgré la faible part explicative, les connaissances semblent jouer un rôle important dans la variation de la perception des risques (Dobbie et Brown., 2014).

En maintenance aéronautique, les connaissances sont essentielles pour permettre aux mécaniciens de résoudre des problèmes et de comprendre les situations auxquelles ils font face quotidiennement (Pettersen et Aase., 2008). Dans ce sens, nous pensons que les connaissances concernant les dangers et les risques pourraient être des facteurs pertinents à considérer dans notre étude.

4.2.1. Experiential processe

Cette dimension composée des facteurs “affect” et “expérience du risque” expliquerait 22.0% de la variance de la perception des risques liés au changement climatique.

4.2.1.1. L’affect

Considéré comme une réponse affective positive ou négative au changement climatique, l’affect est le facteur qui explique à lui seul 20.83% de la variance de la perception du risque. Ces résultats soulignent donc l’importance de l’affect pour l’étude de la perception des risques (Slovic et al., 2004). Cependant, comme nous l’avons mentionné précédemment, cette notion est complexe et nécessite une réflexion plus approfondie quant à la pertinence de la considérer dans notre modèle.

4.2.1.2. L’expérience du risque

Dans l’étude de Van der Linden (2015), l’expérience du risque explique seulement 9.30% de la variance de la perception. De manière générale, il y a peu de recherches qui ont étudié la relation entre l’expérience du risque et la perception du risque (Breakwell, 2014, p 64). Cependant, Diaz et Resnick (2000), qui étudient la perception des risques d’employés dans le domaine de la fabrication (manufacturing), montrent que les travailleurs qui ont déjà eu un accident entraînant des conséquences sur leur santé sont plus à même de percevoir cette tâche comme risquée. Ohman (2017) a réalisé une étude sur l’impact de l’expérience passée sur la perception des risques de Suédois. Les participants devaient juger l’ampleur des risques associés à différents dangers (fumer, le changement climatique, l’alcool, etc.) sur une échelle de Likert à 5 points (de 1 très gros à 5 très petits). Les résultats indiquent que les individus qui expérimentent un risque ont une perception des risques plus élevée et ce, uniquement pour le même risque (non vrai lorsque le risque perçu diffère du risque expérimenté). Également, Kummeneje et Rundmo (2018) ont montré que les cyclistes qui ont subi des accidents percevaient comme plus élevée la probabilité d’être impliqué dans un accident en faisant du vélo. Ngueutsa et Kouabenan, (2016) ont fourni plus de précision en indiquant que le nombre d’accidents influence la positivité du lien avec la perception des risques. Plus précisément, les auteurs ont réalisé une étude sur les déplacements routiers et ont constaté que les participants qui avaient été impliqués dans trois accidents ou moins percevaient les déplacements routiers comme risqués. Également, que les personnes ayant subi plus de 3 accidents ont déclaré percevoir les déplacements sur la route comme moins risqués. Cette étude souligne un élément important qui est le phénomène d’habitude

et l'importance de considérer l'exposition au danger. En effet, selon Breakwell (2014, p66), l'exposition répétée à un danger entraîne une désensibilisation du fait que l'individu en contact répété avec la menace deviendrait habitué à celle-ci, ce qui pourrait expliquer l'inversion de la corrélation. Néanmoins, la principale critique que l'on peut émettre est la non-considération de la sévérité des accidents qui, nous le verrons plus tard, est un facteur important pour l'étude de la perception des risques. En effet, on peut supposer que l'expérience d'un accident très sévère influence la perception du risque différemment que l'expérience d'un accident peu sévère.

En maintenance aéronautique, les mécaniciens sont exposés quotidiennement à de nombreux dangers et malgré toutes les barrières de sécurité mises en place, des accidents surviennent. De ce fait, l'expérience du risque pourrait être un facteur intéressant pour expliquer une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

4.2.2. Socio-cultural influences

La dimension socioculturelle est composée de deux facteurs, le premier fait référence aux normes sociales et le deuxième correspond aux orientations du participant en lien avec ses valeurs. Cette dimension expliquerait la plus grande part de la variance de la perception des risques des participants (34.40%).

4.2.2.1. Normes sociales

Les normes sociales sont étudiées par le biais des normes descriptives qui demandent aux participants s'il est important que d'autres règles soient implémentées pour lutter contre le réchauffement climatique. Elles expliquent 7.10% de la variance de la perception des risques. Et par le biais des normes prescriptives qui demandent aux participants d'indiquer s'ils sont soumis à une pression sociale les incitant à lutter contre le réchauffement climatique. Elles expliquent 15.10% de la variance de la perception des risques. En maintenance aéronautique, le cadre réglementaire strict et la culture de la sécurité mis en place au sein des entreprises peut représenter une pression sur les mécaniciens afin d'assurer la sécurité des personnes et des vols. Et suivant la culture de l'entreprise, la pression des collègues peut être plus ou moins importante. Cependant, nous n'avons pas identifié de littérature permettant de souligner l'impact des normes sociales en maintenance aéronautique.

4.2.2.2. Orientations des valeurs

Pour ce facteur, Van der Linden (2015) se base sur les travaux de De Groot and Steg (2007) permettant d'évaluer les valeurs qui "guident les principes de vie" des participants. Ces valeurs expliquent 12.20% de la variance de la perception des risques. Plus généralement, les valeurs sont considérées comme "les croyances ou les principes qui guident le comportement ainsi que les jugements et la prise de décision" (Zwetsloot et Perttula, 2016). D'après Sjoberg (1997), les valeurs permettent aux individus

d'agir en fonction de ce qu'ils pensent de la situation. Elles sont relativement stables au cours du temps (Siegrist et al., 2000) et influencent fortement la perception du risque (Boholm, 1996). Dans ce sens, réalisant une étude sur l'impact des valeurs et des croyances sur la perception des risques écologiques, Slimak et Dietz (2006) ont montré que les valeurs (notamment écologiques et altruistes) expliquaient entre 19% et 46% de la variance de la perception des risques. D'autres auteurs ont montré que les valeurs et les croyances des individus expliqueraient 15% de la variance de la perception des risques (Sjöberg et Af Wåhlberg, 2002). A noter que dans leur étude, Sjöberg et Af Wåhlberg, (2002) mesurent les croyances des individus concernant des événements paranormaux et certaines superstitions. La perception des risques était mesurée à l'aide d'un questionnaire qui demandait aux participants d'indiquer le niveau perçu du risque d'une liste de dangers.

De ce fait, les valeurs et croyances semblent importantes à considérer pour l'étude de la perception des risques même si ce sont des concepts complexes et focalisés sur des notions non applicables à la maintenance aéronautique (religion, superstition, écologie). Ainsi, l'emploi de ces facteurs pourrait être pertinent afin d'identifier si les valeurs et croyances des mécaniciens en rapport avec la sécurité ont un effet sur leur perception des risques. Cependant, le manque d'étude en maintenance aéronautique et la complexité de ces concepts n'en font pas des facteurs de prédilection.

5. D'autres facteurs de la perception du risque

En dehors des modèles cités, il existe d'autres facteurs qui ont été identifiés comme ayant un impact sur la perception des risques (cf. Figure 17).

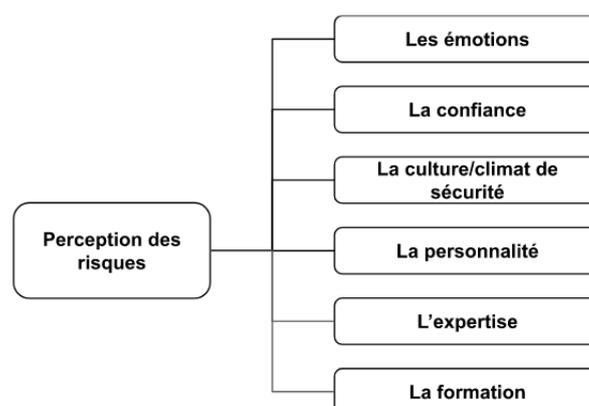


Figure 17 : Facteurs qui influencent la perception des risques.

5.1. Les émotions

Nous avons vu que l'affect avait une place importante dans l'étude de la perception des risques. Cependant, en ce qui concerne les émotions, l'influence sur la perception du risque n'est pas évidente (Paek et Hove, 2017). Ce résultat peut être expliqué par le fait que peu de recherches ont tenté d'examiner le lien entre émotion et perception des risques (Breakwell, 2014, p. 131). Sjöberg, (2007) indique que les émotions ont été principalement considérées à travers l'affect heuristique qui ne prend pas en compte leur diversité. En effet, les émotions, peuvent être anticipées (*anticipated emotions*) ou bien d'anticipation (*anticipatory emotions*) :

- Les émotions anticipées font référence à la capacité des personnes à prédire l'émotion générée par un comportement ou une décision (Kummeneje et Rundmo, 2020).
- Les émotions d'anticipation sont une réaction immédiate et viscérale à une situation, comme la peur, l'inquiétude et l'anxiété (Kummeneje et Rundmo, 2020).

En d'autres termes, l'évaluation d'une émotion lors de l'exposition à un danger peut être mesurée en considérant la réponse émotionnelle immédiate, ou être mesurée en considérant la projection qu'un individu fera sur son état émotionnel futur. De plus, il existe de nombreuses émotions dont certaines ont été identifiées comme ayant un impact sur la perception des risques. Il s'agit donc de présenter celles visibles sur la figure 18.

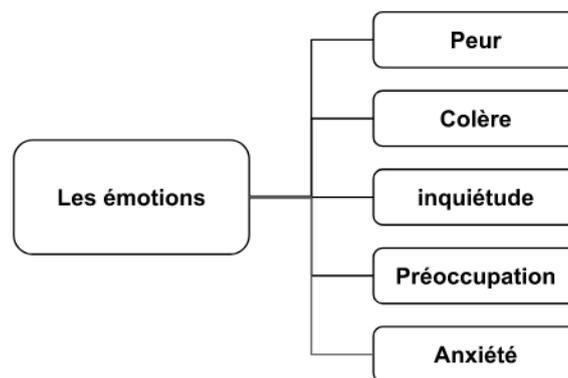


Figure 18 : Émotions qui influencent la perception des risques.

5.2. Peur et colère

Des études se focalisant sur des émotions spécifiques montrent des effets divergents sur la perception des risques. Par exemple, Lerner et Keltner, (2001) qui étudient l'impact de la peur et de la colère sur la perception des risques d'étudiants montrent que la peur induit une estimation pessimiste du risque alors que la colère induit une estimation optimiste du risque. A noter qu'ils mesurent la peur en combinant les résultats de deux questionnaires, un premier qui mesure la réponse émotionnelle en lien avec différents objets, situations et un deuxième qui mesure la fréquence avec laquelle le participant ressent de l'anxiété. Le questionnaire de la colère mesurait le degré ressenti de cette

émotion de manière chronique. La perception des risques était mesurée en demandant aux participants de juger l'occurrence d'événements positifs et négatifs. Ce résultat a été corroboré par Lerner et al., 2003 qui ont étudié l'impact de la peur et de la colère sur la perception des risques en lien avec les attaques terroristes. Dans leurs études, les auteurs induisent une émotion de peur ou de colère chez les participants dans différents scénarios et leur demandent de juger la probabilité d'événements futurs aux Etats-Unis. Les résultats montrent que la peur induit une amplification de la perception de probabilité alors que la colère l'atténue.

5.3. Inquiétude et préoccupation

D'autres émotions ont été étudiées comme l'inquiétude (*worry* en anglais). Selon Breakwell (2014, p 132), elle semble difficile à définir même si identifiée comme un sentiment intense (Butler et Mathews, 1987) qui affecte la perception de la gravité d'une situation en faisant se concentrer l'individu sur le pire scénario envisageable (Sjoberg, 1998). Également, les risques qui sont perçus comme plus probables sont associés à une plus grande inquiétude, ce qui permettrait à un individu de prioriser les risques (Peters et al., 2006). Pour souligner ce résultat, Rundmo et Nordfjærn, (2017) étudient l'influence de l'inquiétude sur la perception des risques qui est mesurée comme la combinaison de la probabilité et de la sévérité. Selon ces auteurs, l'inquiétude est associée à une perception de la sévérité et de la probabilité plus élevée. En effet, il apparaît que plus on est inquiet d'un risque, plus on a une perception des risques élevée (Baron (2000), cité par Breakwell, 2014, p. 132). D'après Wolff et al. (2019), il existe des preuves claires de l'influence de l'inquiétude sur la perception du risque même si pour Rundmo, (2002), la corrélation significative positive reste faible. Également, la proximité avec la notion de "préoccupation" (*concern* en anglais) peut rendre l'interprétation des résultats difficile. Même si pour Sjoberg (1998) ce sont deux concepts différents, certaines études que nous avons vues semblent ne pas faire la distinction.

5.4. Anxiété

En lien avec la peur et l'inquiétude, on peut mentionner l'anxiété pour laquelle des études ont identifié un lien significatif avec la perception des risques (Rahn et al., 2021). Cependant, l'incertitude quant à la positivité de l'influence de l'anxiété reste présente (Fyhri et Backer-Grondahl, 2012). Dans ce sens, Bouyer et al (2001) ont identifié que la positivité de la corrélation avec le type de danger n'est pas très claire même si certaines études ont établi que l'anxiété augmente la préférence pour les risques faibles (Peters et al., 2006).

Pour conclure, la réponse émotionnelle semble être un facteur intéressant pour l'étude de la perception des risques mais il s'agit d'être prudent quant à la mesure utilisée qui peut influencer différemment la perception du risque (Sjöberg, 2007). Pour notre étude, nous souhaitons considérer

les facteurs qui peuvent expliquer au mieux la variance de la perception des risques. Cependant, l'état émotionnel des mécaniciens étant dépendant de très nombreux facteurs, il semble difficile d'établir des recommandations applicables.

5.5. La confiance

D'après Siegrist (2021), l'impact de la confiance dépend de la mesure choisie même si lors d'une étude précédente, l'auteur indique l'existence d'une corrélation significative négative entre deux mesures de la confiance et la perception du risque (Siegrist et al., 2005). L'une s'intitule "general trust" et mesure la confiance que les participants ont les uns envers les autres à l'aide d'un questionnaire. L'autre s'intitule "general confidence" et mesure la confiance des participants envers l'occurrence d'événements futurs. Les participants devaient juger le risque sur une échelle de Likert à 5 points de "1 = aucun risque" à "5 = très haut risque" pour chaque danger (Radiation, météo extrême, etc.). Dans une autre étude, Siegrist et al., (2000) mentionnent que la confiance envers les autorités de réglementation est corrélée avec la perception du risque uniquement lorsque l'individu manque de connaissance à propos du danger.

La confiance peut également être abordée à travers la "confiance en soi". Plus précisément, (Drinkwater et Molesworth, 2010) qui ont étudié les prédicteurs de la gestion des risques des pilotes d'avions, mesurent la confiance qu'ont les pilotes en leur capacité à opérer un avion en toute sécurité. La perception des risques est mesurée en demandant aux pilotes de juger le risque sur une échelle de 1 à 100 pour différents scénarios. Les résultats indiquent que plus les pilotes sont confiants et plus ils ont tendance à minimiser les risques de ces scénarios (Drinkwater et Molesworth, 2010). Dans leur étude bibliographique concernant le lien entre la perception des risques et le comportement des travailleurs dans le domaine du bâtiment, Oswald et al. (2014) mentionnent que l'excès de confiance est plus dangereux lorsque les individus s'exposent plusieurs fois au même danger. En d'autres termes, plus les individus sont exposés à un danger spécifique, plus ils ont tendance à être confiants et plus ils percevront le risque comme faible.

Dans notre étude, le facteur "confiance" des mécaniciens envers eux même et envers leurs collègues, dirigeants ou encore envers les institutions assurant la sécurité, pourrait être pertinent à considérer. En effet, le mécanicien aéronautique doit avoir confiance en ses propres capacités pour gérer le risque. Il peut également faire confiance envers la documentation, envers ses collègues, envers son dirigeant et l'entreprise dans laquelle il travaille pour gérer les risques. Ainsi, la confiance semble potentiellement intéressante pour expliquer une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

5.6. La culture et le climat de sécurité

Nous avons vu précédemment, notamment avec la théorie culturelle, que la culture impactait la perception des risques. Dans ce sens, nous avons présenté l'importance pour les organismes de maintenance aéronautique de posséder une forte culture de la sécurité afin d'assurer la sécurité des personnes et des vols. Ainsi, nous nous demandons si la culture de la sécurité pourrait avoir un impact sur la manière dont les risques sont perçus par des mécaniciens aéronautiques. Tout d'abord, il s'agit de faire une distinction entre deux concepts qui sont : la culture et le climat de la sécurité.

La culture de sécurité est un concept plus large que le climat de sécurité qui est néanmoins inclus dans sa définition (Fleming et al., 2018). Dans l'industrie, la culture de la sécurité a pour objectif de rendre le lieu de travail conforme au contexte réglementaire (Marshall, 2020). D'après le SMM (ICAO, 2018, p43) la culture de sécurité en aviation est : *“ an expression of how safety is perceived, valued and prioritized by management and employees in an organization, and is reflected in the extent to which individuals and groups are: a) aware of the risks and known hazards faced by the organization and its activities; b) continuously behaving to preserve and enhance safety; c) able to access the resources required for safe operations; d) willing and able to adapt when facing safety issues; e) willing to communicate safety issues; and f) consistently assessing the safety related behaviours throughout the organization”*. En d'autres termes, la culture de la sécurité est composée des perceptions, valeurs, attitudes et comportements des employés d'une entreprise. Concernant le climat de sécurité, Shea et al. (2021) conseillent (par manque de consensus) d'utiliser la définition de Zohar, (1980) à l'origine du concept qui considère le climat de sécurité comme la perception des employés de la culture de la sécurité. Ainsi, si l'on considère ces deux définitions (ICAO, 2018, p43 et Zohar, 1980), on constate que la notion de climat de la sécurité est incluse dans celle de culture de sécurité.

Dans notre étude, nous souhaitons nous focaliser sur le point de vue du mécanicien et pas nécessairement du contexte global. C'est pourquoi, nous pensons qu'il serait plus pertinent de considérer le climat de la sécurité qui apparaît comme une composante essentielle de l'étude de la perception des risques (Rundmo, 2000). Par exemple, Oah et al., (2018) ont étudié l'influence du climat de sécurité sur la perception des risques des travailleurs coréens dans le domaine de la fabrication (*manufacturing*). Ils ont montré qu'il existait une corrélation significative négative tant sur la dimension cognitive qu'affective de la perception des risques. Le climat de sécurité était mesuré en demandant aux participants de juger s'ils étaient d'accord avec une liste de déclarations comme : *“Il existe une communication ouverte sur les questions de sécurité sur ce lieu de travail.”*. Également, Pandit et al., (2019) montrent que l'influence du climat de sécurité sur la perception des risques est influencée par l'identification des dangers. Dans leur étude, les auteurs mesurent le climat de sécurité

à l'aide d'un questionnaire qui inclut "l'engagement de la direction", "le soutien du superviseur", "les pratiques de sécurité au niveau du projet" et "la pression sur le lieu de travail". La perception des risques est considérée comme une combinaison de la probabilité et de la sévérité perçue par les travailleurs pour une situation de travail donnée. Cependant le manque de consensus concernant la définition du climat de sécurité (Kalteh, 2021) rend sa prise en compte complexe pour notre étude. En effet, même si la perception de la culture de l'entreprise par les mécaniciens serait pertinente pour notre étude, nous avons pour objectif de considérer des facteurs dont la définition est claire et sans ambiguïté dans le contexte de la maintenance aéronautique.

5.7. La personnalité

Chez l'être humain, les traits de personnalité peuvent représenter une façon d'agir qui serait universelle (McCrae et Costa, 1997). Dans ce sens, "*The big five inventory*" a été créé par Goldberg (1990) et développé par McCrae et Costa (2008) qui ont décomposé la personnalité en cinq traits :

- "*Extraversion*", permet de faire la distinction entre les personnes qui ont de multiples interactions avec le monde extérieur et les personnes plus timides, calmes et moins dépendantes de la vie sociale.
- "*Openness*", permet de faire la distinction entre les gens qui sont créatifs et ceux qui sont plus terre à terre.
- "*Neuroticism*" et "*Conscientiousness*", "*Neuroticism*" permet de faire la distinction entre les personnes émotionnellement stables, plus optimistes et les personnes plus sujettes à des sentiments négatifs comme l'anxiété et la colère (considérées comme émotionnellement instables). Puis, "*Conscientiousness*" qui permet de faire la distinction entre les personnes impulsives et celles plus calculatrices.
- "*Agreeableness*", permet de faire la distinction entre les personnes serviables, sympathiques en comparaison avec les personnes qui font passer leurs intérêts personnels avant celui des autres.

En étudiant l'influence de la personnalité sur la perception des risques chez des travailleurs Chinois du domaine de la construction, Wang et al., (2016) ont montré que les individus qui obtiennent un score élevé sur l'échelle d'extraversion semblent avoir une faible perception du risque par rapport aux personnes qui obtiennent un score élevé sur "*Agreeableness*" et "*Conscientiousness*". Les participants devaient indiquer le niveau de risque perçu de différentes situations sur une échelle de Likert à 5 points (de 1 faible risque à 5 fort risque). Également, Sjöberg et Af Wåhlberg, (2002) ont trouvé une corrélation significative modérée mais positive entre le névrosisme et la perception du risque suggérant que plus les gens ont un score élevé sur le névrosisme, plus ils perçoivent le risque comme élevé. Néanmoins, pour Watson et al. (2005), les résultats sont vrais en cas de névrosisme avancé.

D'autres études mentionnent que la personnalité des voyageurs est un facteur important pour l'étude de la perception des risques liés au voyage en bateau (Arcodia, 2018). A travers une revue bibliographique, cet auteur souligne la nécessité de considérer la personnalité pour l'étude de la perception des risques liés au transport par bateau. Également, Fyhri et Backer-Grondahl (2012) étudient l'impact de la personnalité sur la perception des risques des Norvégiens en rapport avec différents moyens de transport (vélo, bus, train, etc.). Dans cette étude, la perception des risques est mesurée à l'aide d'une simple question : "dans quelle mesure pensez-vous à la possibilité de vivre... a) un accident et b) des incidents désagréables lors d'un voyage en bus, en train, etc." sur une échelle de Likert à 5 points. Ces auteurs établissent que les personnes qui ne sont pas stables émotionnellement (faible névrosisme) ont tendance à avoir une perception du risque plus faible. Néanmoins, Fyhri et Backer-Grondahl (2012), Breakwell (2014, p61) et Siegrist (2020) indiquent que l'influence de la personnalité sur la perception des risques est faible et donc ne permet pas réellement de conclure de façon significative.

A première vue, la personnalité semble être un facteur complexe et ne semble pas approprié pour notre étude. En effet, la personnalité est un facteur pour lequel il sera difficile d'établir des recommandations en vue de l'amélioration de la sécurité. Également, nous souhaitons identifier les facteurs qui expliqueraient le mieux la variance de la perception des risques. Or, l'impact de celui-ci semble faible.

5.8. L'expertise

L'expertise est un des facteurs les plus étudié en ce qui concerne la perception des risques (Trillo-Cabello et al, 2021). De manière générale, les études considèrent que les experts d'un domaine ont la capacité d'évaluer les risques de manière rationnelle (Cheng et al., 2022). En effet, les experts basent leur perception du risque sur la mortalité attendue ou encore la probabilité de blessure en comparaison avec la perception des risques du public (non experts) qui serait basée sur le ressenti (Slovic, 2016). Plus précisément, à travers une revue bibliographique sur la perception des dangers et des risques, Deery (1999) tente de comprendre pourquoi les jeunes conducteurs sont autant impliqués dans les accidents de la route. L'auteur mentionne que les jeunes conducteurs ont tendance à sous-estimer les risques en comparaison avec les conducteurs expérimentés.

L'amélioration de la perception du risque avec l'expérience a également été identifié par Martínez-Fiestas et al (2020) auprès des pompiers. L'auteur a mesuré l'influence de l'expérience (en nombre d'années) sur la perception du risque à l'aide du paradigme psychométrique de Lichtenstein et al. (1978). Néanmoins, Drinkwater et Molesworth, (2010) n'ont pas identifié d'influence du nombre

d'heures de vol sur la capacité du pilote à éviter ou non une situation risquée. Ce résultat souligne que ce n'est pas parce qu'un individu est expérimenté qu'il évitera une situation risquée et donc qu'il aura une perception des risques adaptée à la situation. Les auteurs mentionnent que ce résultat pourrait être lié à la confiance qu'ont les pilotes plus expérimentés en leurs compétences. Ainsi, d'après les résultats, il est possible de conclure qu'il existe une influence de l'expérience sur la perception du risque (Oswald et al., 2014).

Toutefois, il apparaît que les experts varient eux-mêmes fortement dans leur perception du risque qui expliquerait l'importance de considérer d'autres facteurs, comme les valeurs et croyances de chacun (Trillo-Cabello et al, 2021). En maintenance aéronautique, les mécaniciens, même peu expérimentés (en termes d'année de pratique) ne sont pas complètement novices du fait qu'ils aient suivi une formation pratique et théorique lors de leur formation initiale. Ainsi, l'expérience ne sera pas le seul paramètre à considérer dans l'expertise car comme nous l'avons vu, le mécanicien possède une licence sur une spécialité particulière l'autorisant à effectuer des tâches spécifiques sur un type d'avion spécifique. Par exemple, nous pouvons nous demander si un mécanicien qui possède une expertise sur les composants électriques aura une perception des risques plus élevée qu'un mécanicien qui possède une expertise sur les systèmes mécaniques de l'avion quand exposé à des dangers électriques. De ce fait, ce facteur semble potentiellement intéressant pour expliquer une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

5.9. La formation

La littérature nous indique également que la formation des individus peut impacter leur perception des risques. Dans ce sens, Rundmo (2002), qui a étudié le lien entre affect et perception des risques, mentionne que de nombreuses études soulignent l'impact du niveau d'éducation sur la perception des risques. Cependant, dans son étude, l'auteur n'identifie pas de corrélation significative entre le niveau d'éducation de la population et la composante affective et cognitive du risque. Alors que dans une étude plus récente, Moen and Rundmo (2005) qui ont étudié les prédicteurs du jugement optimiste de la population vis à vis de situations risquées, ont montré que plus le niveau d'éducation était élevé moins le jugement du risque était optimiste (jugement de la probabilité de blessure plus élevé). Des résultats similaires ont été mentionnés par Rodriguez-Garzon et al., (2015) qui ont étudié la perception des risques de pompiers équatoriens. Les auteurs ont montré que les pompiers ayant un diplôme universitaire ont une perception des risques plus élevée que les autres. Dans leur étude, les auteurs considèrent la perception des risques à travers le paradigme psychométrique. Plus récemment, Öhman (2017) a indiqué dans son étude sur le lien entre expérience passée et la perception des risques que le niveau d'éducation n'explique pas une part importante de la perception des risques (mesurée en demandant aux participants d'évaluer l'importance des conséquences quand exposé à différents

dangers sur une échelle de Likert à 5 points (de 1 "Très fort risque" à 5 "très faible risque"). De ce fait, le manque de consensus ne nous permet pas de conclure quant à la pertinence de considérer le niveau d'étude sur la perception des risques.

D'autres études comme celle de Deery (1999) ont souligné l'importance de la formation pour la perception des dangers et la perception des risques chez les jeunes conducteurs de voiture. Également, Arezes et Miguel (2008) qui étudient le lien entre perception des risques et le port d'équipements de protection, ont montré que plus les employés étaient formés sur l'utilité du port des équipements de protection, plus leur perception des risques était haute concernant le bruit. A noter que la formation était mesurée par le nombre d'heures que l'employé a passé dans une formation sur le port d'équipements de protection auditifs. Cependant, les auteurs considèrent la perception des risques comme une combinaison des connaissances, de la capacité du participant à identifier les causes du bruit ou encore la mesure de l'efficacité perçue. Dans le domaine de la construction, (Namian et al., 2016) qui ont étudié l'effet de la formation sur les risques liés à la sécurité, ont montré que la formation permettait d'augmenter la perception des risques des travailleurs. Plus précisément, les auteurs ont testé l'impact de deux types de formation sur la perception des risques considérée comme la combinaison de la fréquence d'occurrence de blessure et de la sévérité associée. Ainsi, ils ont montré qu'une formation avec un haut niveau d'engagement (forte interaction avec le formateur, retours sur les résultats du formateur, etc.) était associée à une perception des risques plus élevée qu'avec un faible engagement du formé.

En maintenance aéronautique, le niveau d'éducation des mécaniciens aéronautiques peut varier du bac professionnel à un niveau Bac +3. De plus, la formation des mécaniciens est un élément de sécurité important en maintenance aéronautique. Elle leur permet d'acquérir les connaissances théoriques pour pouvoir assurer la sécurité lors des opérations de maintenance. Ces connaissances sont maintenues de manière continue, ce qui semble être un élément crucial pour la gestion des risques durant l'activité. De ce fait, la formation tant initiale et continue apparaissent comme des facteurs potentiellement intéressants pour expliquer une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

6. L'identification des dangers

Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'identification des dangers était la première étape dans tout processus de gestion de la sécurité (Perlman et al. 2014). De plus, dans la discussion autour du terme "perception", nous avons conclu que l'identification des dangers était une étape préliminaire essentielle à la perception des risques. En effet, on peut supposer de manière intuitive, qu'avant d'être en mesure de percevoir les risques, il s'agit d'avoir identifié/détecté ou même reconnu un danger. Cependant, qu'en est-il vraiment ?

La littérature nous indique que le risque n'existe pas en dehors d'une source : il doit être connecté à un objet perçu (Rundmo et Nordfjærn, 2017). Cela rejoint l'idée que le danger est un élément inhérent à une situation et que tant qu'il n'existe pas d'interaction entre l'objet et le mécanicien par exemple, le risque n'existe pas. Par exemple, un produit toxique est un danger par ses caractéristiques mais ne devient un risque pour la personne qui le manipule que lorsque cette personne y est exposée. Dans ce sens, Deery (1999) qui tente d'expliquer l'implication des jeunes conducteurs dans les accidents de la route à travers l'identification des dangers, conclut que détecter les dangers apporte les informations nécessaires aux conducteurs pour percevoir les risques. Également, Mearns et Flin (1995) présentent un modèle de la perception des risques dont la première étape est intitulée "*Hazard perception*". Cette étape est cruciale pour ces auteurs car elle permet à l'individu de prendre connaissance des dangers qui l'entourent. Pour d'autres, le type de danger influence la perception des risques tant sur la dimension affective que cognitive (Rahn et al., 2021). Par exemple, ces auteurs ont montré qu'un incendie était associé à des conséquences perçues comme plus sévères qu'une météo extrême. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que l'expérience du danger entre en jeu et influence la perception des risques (Wachinger et al., 2013). De plus, comme pour la perception des risques, l'identification des dangers peut être influencée par différents facteurs comme la position hiérarchique dans l'entreprise ou encore les années d'expérience (Abbas et al., 2018). Dans l'étude de Perlman et al (2014), les auteurs ont étudié la capacité des chefs de chantier à identifier les dangers et à percevoir les risques dans diverses situations. Pour ce faire, ils ont utilisé les facteurs "média" et "expérience". Pour les premiers, ils ont montré que le média (Réalité virtuelle, photos et documents) utilisé pour immerger le participant influence sa capacité à identifier des dangers. En effet, les auteurs ont identifié que les participants détectaient plus de danger dans la simulation en réalité virtuelle qu'avec une photo. Néanmoins, les auteurs n'ont pas identifié de différence significative entre des étudiants ingénieurs et les travailleurs expérimentés. Deery (1999) a identifié que les jeunes conducteurs étaient moins rapides dans l'identification des dangers que ceux ayant plus d'années d'expérience. Pandit et al., (2019) ont montré que, dans des entreprises avec un "climat de sécurité" plus positif, les

travailleurs avaient un meilleur score de reconnaissance des dangers. Par conséquent, il semble que l'identification des dangers soit essentielle pour qu'un individu puisse percevoir les risques.

En maintenance aéronautique, les mécaniciens sont exposés à de nombreux dangers qui ne sont pas mentionnés systématiquement dans la documentation (à travers les warnings et cautions). Cela signifie qu'au fur et à mesure de l'avancée dans la tâche, le mécanicien doit avoir la capacité d'identifier les dangers qui peuvent avoir des conséquences sur sa santé ou bien sur la navigabilité de l'avion. De ce fait, l'identification des dangers dans la réalisation d'une tâche de maintenance apparaît comme un facteur potentiellement intéressant pour expliquer une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

7. Exposition perçue aux dangers

Nous avons indiqué précédemment que c'était au travers de l'exposition à un danger que le risque apparaissait (Wilson et al., 2019), et que les mesures de sécurité comme les équipements de protection avaient pour objectif de réduire l'exposition et, par conséquent, le risque. Par exemple, en maintenance aéronautique Karydes et al., (2011) concluent que le port des équipements de protection permet de limiter l'exposition à des produits chimiques. En effet, ces types de mesures n'ont pas pour vocation de supprimer le danger mais plutôt de faire en sorte de réduire le risque. Cependant, dans le contexte qui nous intéresse, l'exposition aux dangers peut fluctuer suivant divers paramètres comme le pays, la culture de l'entreprise, les conditions environnementales, le profil des mécaniciens, la tâche, etc. Par exemple, un mécanicien peut être amené à travailler sur un système hydraulique comportant des produits toxiques plusieurs fois dans une semaine comme plusieurs fois dans l'année. Il peut, suivant la tâche être exposé quelques minutes ou plusieurs heures, dans des environnements plus ou moins hermétiques, ce qui aura pour effet de faire varier le niveau d'exposition. En effet, la littérature nous indique que l'exposition peut être considérée comme étant la fréquence, la durée, l'étendue ou encore l'ampleur de l'exposition à un danger (Burton et al., 1993 cités par Adger, 2006). De plus, l'impact de l'exposition du danger sur la perception des risques peut mettre en lumière des effets de familiarisation et d'habitude, ce qui a pour effet de réduire la perception des risques (Weber et al., 2002). Plus précisément, les auteurs ont étudié comment la familiarisation avec des risques spécifiques peut réduire la perception de la gravité de ces risques. Ils ont montré que l'exposition répétée à un danger sans incident majeur peut diminuer la vigilance et donc la perception du risque. Cela nous informe également sur le fait de prendre en compte la sévérité des conséquences lors de l'expérience du risque. Dans ce sens, Sjöberg (2000) a étudié la relation entre l'exposition aux dangers et la perception du risque dans divers contextes professionnels. Il a montré que l'exposition régulière à des dangers peut parfois conduire à une sous-estimation des risques en raison de la routine.

Ainsi, l'exposition, même si peu documentée, semble avoir un impact sur la perception des risques qui peut dans certains cas traduire d'une certaine familiarisation au risque. Il sera donc pertinent d'identifier si ces mêmes phénomènes apparaissent chez les mécaniciens aéronautiques, malgré la complexité associée à cette notion.

8. Conclusion du chapitre 3

Afin de résumer les notions qui ont été présentées dans ce chapitre, nous avons choisi de créer un modèle de la perception des risques composé de 20 concepts regroupés en 5 dimensions (cf. Figure 19). A ce stade, nous ne faisons pas la distinction entre la mesure de la perception des risques et les facteurs qui peuvent l'influencer. L'objectif étant de considérer toutes les dimensions et notions qui ont été identifiées par la littérature comme étant une composante et/ou ayant un impact sur la perception des risques. Nous verrons, lors de la construction d'un modèle adapté au domaine de la maintenance aéronautique quels sont les concepts qui seront considérés comme mesure et ceux qui seront considérés comme facteur. Nous avons également intégré au modèle les notions "d'identification des dangers" par les mécaniciens et "d'exposition au danger" afin de souligner leur importance dans l'étude de la perception des risques.

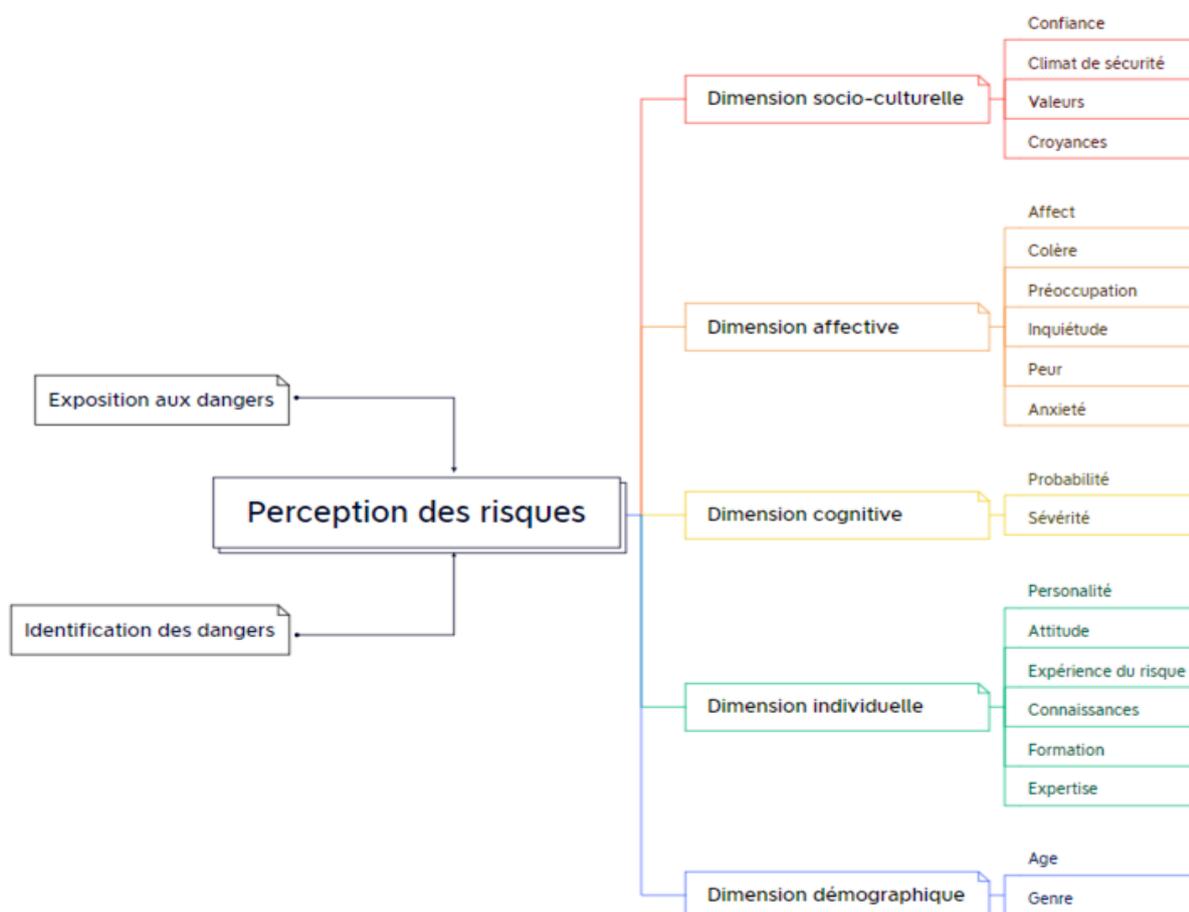


Figure 19 : Modèle de la perception des risques.

Conclusion de la partie I

Pour conclure cette partie, nous proposons une présentation graphique simplifiée (cf. Figure 20) afin de mettre en avant la manière dont la sécurité est considérée en maintenance aéronautique. Cela permet de comprendre le rôle théorique des mécaniciens aéronautiques dans la gestion des risques lors des opérations de maintenance.

Les organismes de réglementation et le constructeur aéronautique fournissent aux centres de maintenance tout ce dont ils ont besoin pour assurer la sécurité des personnes et des vols (règles, documentations de maintenance, etc.). Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, l'organisme de maintenance sera dans l'obligation d'implémenter un management de la sécurité pour être conforme à la Part 145 (EASA, 2008). Cela permettra à l'organisme de mettre en place des démarches proactives et réactives adaptées à l'environnement spécifique de l'organisme. A travers cette gestion de la sécurité et les différentes mesures qui seront mises en place (Formation des mécaniciens, inclusion des mécaniciens dans les réflexions en lien avec la sécurité, équipements de protection, etc.), le centre de maintenance créera sa propre culture de la sécurité. L'organisme de maintenance aura la possibilité de faire remonter au constructeur aéronautique les problèmes identifiés dans la documentation qui ont un impact sur la sécurité. Ainsi, la sécurité est un processus dynamique dans lequel tous les acteurs sont en interaction.

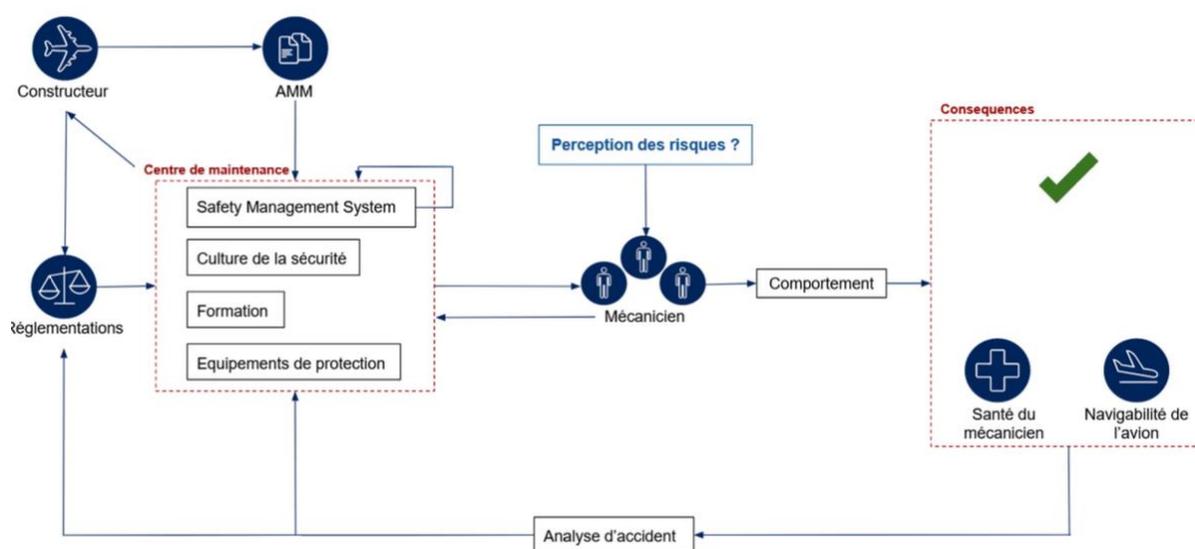


Figure 20 : Gestion de la sécurité en maintenance aéronautique.

Dans ce contexte, le mécanicien a pour mission d'effectuer la maintenance en accord avec la documentation. Il a été formé en conséquence et il est informé des risques lors de la réalisation de la tâche et des mesures de sécurité à appliquer. Ainsi, d'un point de vue théorique, si le mécanicien suit les procédures, utilise ses connaissances et compétences et applique les mesures de sécurité, le risque d'incident ou d'accident est réduit à un niveau acceptable. Cependant, nous avons vu que, du fait de possibles erreurs humaines et du nombre important de dangers auxquels les mécaniciens sont exposés, des incidents ou des accidents peuvent survenir impactant leur santé et/ou la navigabilité de

l'avion. Dans ce cas, une enquête sera réalisée par des experts afin d'identifier les causes de l'incident ou de l'accident et d'implémenter de nouvelles mesures de sécurité. Les résultats de l'analyse pourront être remontés aux autorités compétentes qui font des rapports annuels concernant les accidents et leurs causes.

Cependant, la procédure fournie par le constructeur est théorique et peut ne pas être représentative de la diversité des situations rencontrées par les mécaniciens. Elle est conçue pour fournir une base commune qui doit être utilisée et comprise par n'importe quel mécanicien n'importe où dans le monde. Dans ce sens, le mécanicien doit avoir la capacité d'analyser les situations et de percevoir les risques pour sa santé ou la navigabilité de l'avion, bien qu'il ne lui soit pas demandé de juger la situation, mais simplement d'appliquer les procédures. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'étudier la perception des risques afin d'explicitier la manière dont les mécaniciens gèrent les risques au quotidien. Ainsi, trois questions de recherche émergent :

- **Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques du risque (probabilité, sévérité, immédiateté) ?**
- **Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?**
- **Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?**

Avant d'aborder la notion de risque, il est essentiel de comprendre et d'identifier les dangers auxquels les mécaniciens aéronautiques sont exposés pendant leur activité. Pour ce faire, nous avons élaboré une taxonomie des dangers qui a été testée avec des experts. Une fois cette étape accomplie, nous avons construit un modèle de la perception des risques adapté au domaine d'étude. Modèle qui a été évalué avec une population de 27 mécaniciens en activité dans le chapitre III.2. Chapitre dans lequel nous répondrons aux trois questions de recherche. Voici la démarche que nous allons suivre (cf. Figure 21).

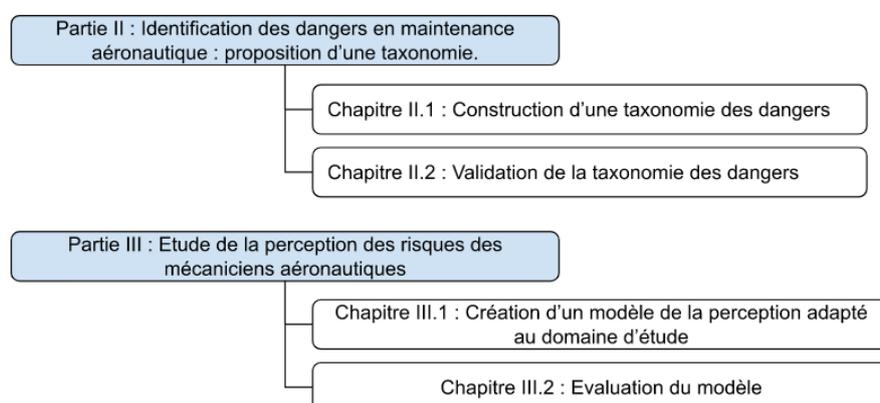


Figure 21 : Plan de la suite du mémoire.

Partie II : Identification des dangers en maintenance aéronautique : proposition d'une taxonomie.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons souligné l'importance d'identifier les dangers avant de traiter la notion de risque. C'est pourquoi nous allons présenter une taxonomie qui a pour objectif de mettre en avant les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens (limitée aux dangers issus de la phase de conception de l'avion).

Cette partie est découpée en deux chapitres. Dans le premier chapitre, après une brève approche bibliographique, nous présenterons la méthodologie employée pour construire la taxonomie des dangers. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des expérimentations et des résultats permettant de construire une taxonomie représentative de la réalité de l'activité de maintenance aéronautique. Nous concluons par l'établissement de recommandations concernant l'identification des dangers.

Chapitre II.1 : Construction d'une taxonomie des dangers

1. Introduction

Dans cette introduction, il s'agit de rappeler les fondements théoriques qui nous ont conduits à créer une taxonomie des dangers. Nous présenterons également les recherches sur lesquelles nous nous sommes basées pour définir la notion de danger, identifier et catégoriser les dangers que nous avons sélectionnés pour notre taxonomie.

Dans la Partie 1, nous avons indiqué que la notion de danger fait référence à quelque chose d'inhérent à une situation, un objet dont l'existence est indépendante de toute interaction (Rózycki, 2019). En d'autres termes, le danger est une caractéristique intrinsèque d'un objet qui le rend dangereux ou menaçant par sa nature même, la sécurité ou l'existence de quelque chose ou de quelqu'un. Dans le contexte de la maintenance aéronautique, le danger peut être associé à des conséquences tant pour la santé du mécanicien que pour la navigabilité de l'avion. Ainsi, il s'agira de considérer ces deux aspects lors de l'identification des dangers.

1.1. L'identification des dangers

L'identification des dangers est une étape fondamentale de l'évaluation des risques qui peut être réalisée à l'aide de nombreuses méthodologies (Rausand, 2011, p.259-335). En outre, pour se conformer à la Part 145, l'organisme de maintenance doit mettre en œuvre un processus d'évaluation des risques dans lequel l'identification des dangers est la première étape (ICAO, 2018). Plus précisément, l'ICAO (2018) mentionne deux types de méthodologies qui peuvent être employées : la méthodologie réactive et la méthodologie proactive. La première consiste à identifier les dangers après qu'un événement se soit produit à l'aide d'une analyse de l'incident ou de l'accident. À l'inverse, la démarche proactive consiste à utiliser des méthodologies pour identifier les dangers qui peuvent conduire à des incidents ou des accidents potentiels. Cependant, certaines d'entre elles vont au-delà de l'identification des dangers en intégrant la notion de risque (Rausand, 2011, p.259). Par exemple, la méthodologie FMEA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*) et la HAZOP (*HAZard and OPerability*) incluent la mesure de la fréquence/probabilité d'occurrence et la gravité associée. Également, Khamidi & John (2011) identifient certaines limites à l'utilisation de ces méthodologies comme le temps nécessaire et le besoin d'une forte expertise. Par conséquent, afin d'établir une distinction claire entre le danger et le risque, l'objectif sera de se concentrer uniquement sur la proposition d'une liste de dangers qui corresponde à notre définition, elle-même adaptée au domaine de la maintenance aéronautique. Nous nous baserons sur la littérature présentée ci-après pour établir une taxonomie des dangers la plus exhaustive possible.

1.2. La catégorisation des dangers

Parce que le besoin d'identification des dangers n'est pas uniquement spécifique à la maintenance aéronautique, nous procédons tout d'abord à l'analyse de l'existant dans d'autres domaines. Par exemple, l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS, 2022) fournit une liste de dangers tels que "gaz sous pression", "liquides inflammables" et une catégorisation correspondant aux "dangers physiques", "dangers pour la santé" et "dangers pour l'environnement". Toutefois, dans cette liste, certains dangers comme la "lésion oculaire" font plutôt référence à des conséquences. Dans la littérature, Chen et al., (2013) proposent une catégorisation des dangers en fonction des sources d'énergie dans le domaine de la construction. Par exemple, ils présentent les catégories "*Biological*" définie comme "*Living organism that can present a hazard*", "*Chemical*" définie comme "*The energy present in chemicals*", ou encore "*Electrical*" définie comme "*The presence and flow of an electric charge*". Cette catégorisation, même si focalisée sur les sources d'énergie, met en avant des dangers qui sont présents lors des opérations de maintenance et qui sont associés aux caractéristiques intrinsèques de l'avion. Basu (2017) fournit une autre vision de la manière dont les dangers issus de l'industrie peuvent être catégorisés. En effet, l'auteur propose de grouper les dangers en sept catégories. La première intitulée "*Energy*" fait référence à différentes sources du danger comme "les produits chimiques", "l'électricité", "les mécaniciens", "le thermique", "les radiations". "*Human activity*" met en avant l'être humain comme danger par le biais des erreurs humaines notamment. "*Environmental*" fait référence aux conditions environnementales comme l'éclairage, la température, la météo, etc. "*Degradation of materials*" fait référence aux usures des matériaux comme la corrosion, la fragilisation, le vieillissement, etc. "*Chemical*" est, à priori, à distinguer de la source d'énergie et fait référence à l'inhalation de vapeurs toxiques. Cependant, de notre point de vue, cette distinction n'est pas claire car la production de vapeurs toxiques peut-être une conséquence de la source d'énergie "*Chemical*" dans la catégorie "*Energy*". La catégorie "*Vibration*" fait simplement référence aux bruits et vibrations qui, de notre point de vue, pourraient apparaître dans la catégorie "*Energy*" comme l'ont fait Chen et al., (2013). En effet, les vibrations sont le résultat du fonctionnement d'un système qui peut représenter un danger pour le mécanicien. La dernière catégorie qui est "*Loss of containment*" fait référence à la libération d'énergie/de produits toxiques dont la distinction avec la catégorie "*Energy*" n'est pas évidente. En effet, dans la catégorie "*Energy*", l'auteur mentionne que les conséquences liées aux produits chimiques peuvent être la génération de fumées toxiques. Or, de notre point de vue, cela fait référence à la libération d'énergie. Cela nous amène à questionner l'intérêt d'avoir créé une catégorie à part entière. De manière générale, le travail de Basu (2017) permet de compléter celui de Chen et al., (2013) et apporte des éléments intéressants, notamment avec la considération de l'être humain comme danger. En effet, on retrouve cette vision dans les procédures

de maintenance et notamment à travers les *cautions* qui informent les mécaniciens sur le risque lié à certaines erreurs humaines.

Rausand & Haugen (2011, p 34), quant à eux, ont proposé dans leur ouvrage, une catégorisation des différents dangers. Cette catégorisation permet de mettre en évidence d'autres dangers comme "*sharp edge*". Néanmoins, les auteurs placent certaines catégories spécifiques telles que "*Noise hazards*" au même niveau que des catégories plus globales telles que "*Organisational hazards*". De plus, certaines catégories telles que "*sabotage/terrorisme*" ne sont pas adaptées au domaine de la maintenance aéronautique. En effet, dans notre étude, nous ne considérerons pas que les mécaniciens aéronautiques travaillent dans l'optique délibérée de saboter le matériel et/ou l'avion même dans le cadre de non-respect de procédure qui reste dans la catégorie des erreurs humaines. D'autres sont récurrentes avec les études de Chen et al., (2013) et Basu, (2017) comme les dangers électriques (charge électrostatique, radiation thermique, etc.), thermiques (flamme, explosion, etc.) qui font référence à des sources d'énergie ou encore à des produits chimiques (inflammable, explosif, corrosif, etc.).

Dans le domaine aéronautique, Zhang et al., (2017) indiquent que les organismes de réglementation tels que la FAA (Federal Aviation Agency) ou la CAAC (Civil Aviation Administration of China) ne fournissent pas de taxonomie claire et précise des dangers. Il apparaît donc essentiel pour les auteurs d'en proposer une afin d'améliorer l'efficacité des méthodologies d'identification des dangers. Pour cela, les auteurs proposent une taxonomie des dangers qui comporte 8 catégories. La première catégorie mentionne "la procédure" comme danger, ce qui n'en n'ai pas un de notre point de vue. En effet, dans certains cas, à travers la procédure de maintenance, les mécaniciens sont exposés à des dangers connus et pour lesquels des barrières de sécurité existent. Celles-ci apportent les informations dont le mécanicien a besoin pour effectuer sa tâche de manière sécuritaire. Dans d'autres cas, la procédure ne comporte pas nécessairement des dangers, ce qui nous amène à ne pas la considérer comme telle. Les auteurs parlent également de "responsabilités" de chacun des employés dans une entreprise : si les responsabilités sont mal expliquées, elles représentent un danger. Ou encore de "supervision" : si celle-ci est mal réalisée, elle peut également représenter un danger. Cependant, il nous paraît pertinent de réfléchir quant à l'inclusion de dangers de ce type qui peuvent être extrêmement différents suivant l'organisme de maintenance.

En maintenance aéronautique, il est possible d'obtenir une représentation claire des dangers présents lors des opérations de maintenance. Par exemple, Yiannakides & Sergiou (2019, p 70) parlent de "Electrical sources", "flammable materials", "Slippery surface", "Working at height", "Confined space", etc. Une représentation plus complète est celle de Necula & Zaharia (2015) qui ont identifié quatre sources de danger : l'individu, la tâche de maintenance, l'environnement et l'organisation. Pour chaque

catégorie, les auteurs proposent une liste de dangers qui nous sera utile pour notre taxonomie. Néanmoins, même si la classification proposée est intéressante, certains dangers cités par d'autres auteurs comme la présence d'outils pneumatiques, vibrants et la présence de poussière (Yazgan et al., 2022) sont absents. Cela souligne la complexité de l'activité de maintenance aéronautique et l'existence d'un nombre important de dangers. On peut citer également Gharib et al. (2021) qui mentionnent de nombreux dangers auxquels sont exposés les mécaniciens comme les problématiques ergonomiques, le bruit, les produits chimiques, la température, la hauteur, etc.

Un autre moyen d'obtenir des informations concernant des dangers spécifiques à l'activité de maintenance sont les "*warnings*" et "*cautions*" inclus dans les manuels de procédures de maintenance. En effet, les warnings et les cautions sont destinés à informer les mécaniciens des dangers et des conséquences potentielles lors de la réalisation d'une tâche spécifique. Les *warnings* visent à informer le mécanicien des risques ayant des conséquences sur leur santé. Les *cautions* visent à informer du risque d'endommager l'avion. La prise en compte des *warnings* et *cautions* est intéressante car permet d'obtenir une représentation des dangers qui sont jugés comme importants par les concepteurs de l'avion. Cependant, les *warnings* et *cautions* sont spécifiques à une tâche et ne prennent pas en compte les dangers qui proviennent d'éléments extérieurs à celle-ci, comme les dangers individuels énumérés par Necula & Zaharia (2015), tels que "la fatigue, les connaissances, les compétences, etc."

En conclusion, étant donné l'importance de l'identification des dangers dans les méthodologies d'évaluation et de perception des risques, proposer une taxonomie des dangers est une étape incontournable. La revue de littérature nous a permis de constater que le danger est une notion complexe à définir et à catégoriser. De plus, la diversité des dangers dans une activité complexe telle que la maintenance aéronautique pourrait représenter quelques défis pour la création d'une liste exhaustive de dangers et encore plus la réalisation d'une taxonomie. C'est pourquoi, il apparaît crucial de proposer une définition adaptée à notre sujet et au domaine d'étude.

2. Méthode

Pour la construction de la taxonomie nous avons choisi de procéder en trois étapes qui sont : définir le danger, identifier les dangers qui répondent à la définition, puis regrouper les dangers en catégorie.

2.1. Définir le danger

Pour notre étude, l'établissement d'une définition des dangers doit considérer :

- Les conséquences sur la santé du mécanicien et sur la navigabilité de l'avion. Cela car nous considérons le point de vue du mécanicien qui, durant son activité, doit veiller à ces deux aspects de la sécurité.

- L'impact de la conception dans l'exposition des mécaniciens aux dangers. Cela met en jeu les caractéristiques intrinsèques de l'avion ou de tout matériel manipulé par les mécaniciens. En effet, nous souhaitons considérer les dangers qui sont présents indépendamment de la localisation de la maintenance, du contexte environnemental ou organisationnel et de l'individu qui effectue la tâche.

2.2. Identifier les dangers

La première étape a consisté en la création d'une liste de dangers. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur l'analyse de la littérature citée précédemment, mais aussi sur les *warnings* et *cautions* qui sont présents dans les procédures de maintenance fournies par le constructeur aéronautique. Dans un deuxième temps, nous avons confronté chaque danger avec la définition que nous avons proposée. Enfin, les dangers retenus ont été utilisés pour créer la taxonomie.

2.3. Créer la taxonomie

L'objectif était de catégoriser les différents dangers retenus. Afin de juger de la complétude de notre travail, nous avons considéré les points suivants :

- Les dangers présents répondent tous à la définition proposée,
- Chaque danger entre dans une et une seule catégorie,
- Nous n'arrivons plus à identifier de nouveaux dangers qui répondent à la définition.

De plus, nous nous sommes basés sur les lignes directrices données par Szopinski et al. (2020) qui indiquent qu'il est important :

1) de définir la portée de l'évaluation de la taxonomie en sachant pourquoi et pour qui elle est conçue et qu'est ce qui va être évalué,

2) d'être en mesure d'évaluer son niveau de complétude dans le domaine d'étude, en ayant défini le cadre du contenu de la taxonomie par exemple,

3) d'évaluer la taxonomie sur 5 critères qui sont "être concis" (par exemple, la taxonomie comporte sept dimensions plus ou moins deux), "robuste" (par exemple, lorsqu'elle peut différencier les objets), "complète" (par exemple, lorsque tous les objets pertinents peuvent être décrits), "extensible" (par exemple, lorsque de nouvelles dimensions ou caractéristiques peuvent être ajoutées) et "explicative" (par exemple, lorsqu'elle peut expliquer les objets)".

3. Résultats

3.1. Définition du danger

Définir le danger permet la mise en place d'un cadre d'étude correspondant à la réalisation d'une taxonomie, ce qui répond à la directive 1 de Szopinski et al (2020). Pour rappel, nous avons choisi de nous focaliser sur les dangers qui ont un impact sur la santé des mécaniciens et sur la navigabilité de l'avion. Nous faisons également le constat que, durant leur activité, les mécaniciens sont principalement exposés à des dangers qui sont issus de décisions prises durant la phase de conception de l'avion. C'est pourquoi nous proposons de définir le danger comme : " Tout ce qui peut impacter la santé du mécanicien et/ou impacter la navigabilité de l'avion et est issu d'une décision du bureau d'étude". Cette définition nous permet de réduire le champ d'étude et de créer une taxonomie concise qui sont deux des critères énoncés par Szopinski et al (2020).

3.2. Liste des dangers

Le tableau 7 présente la liste des dangers que nous avons identifiés comme répondant à la définition complète énumérée précédemment. Plus précisément, pour être sélectionnés, les dangers devaient au moins provenir d'une décision "ingénieur" et avoir un impact sur la santé des mécaniciens ou sur la navigabilité de l'avion. Cette liste est extraite d'un ensemble de 60 dangers qui comprenaient notamment des dangers organisationnels (Par exemples : mécanicien non supervisé, pression temporelle, etc.) ou bien individuels (Par exemples : stress, fatigue, etc.). La liste du tableau 7 comporte les 33 dangers qui répondent aux exigences de notre définition, dont 32 ayant un impact sur la santé des mécaniciens et 26 ayant un impact sur la navigabilité de l'avion. La sélection des dangers s'est effectuée en répondant à ces trois questions :

- Q1 : A-t-il un impact direct sur la santé des mécaniciens ?
- Q2 : A-t-il un impact direct sur la navigabilité de l'avion ?
- Q3 : Le danger provient d'une décision du bureau d'étude pendant la phase de conception ?

Afin d'améliorer la compréhension du tableau 7, nous avons ajouté une colonne intitulée "Définitions" qui permet de clarifier ce que le danger signifie de notre point de vue. Il y a néanmoins quelques exceptions que nous souhaitons considérer dans notre étude bien que ne répondant pas directement à la définition du danger retenue. En effet, le danger "*winds*" (vent), "*local humidity*" (humidité ambiante) et "*local temperature*" (température ambiante) sont liés aux conditions météorologiques. Cependant, comme ces dangers ont été identifiés par le bureau d'étude et font l'objet de *warnings* ou *cautions* (Par exemple, des *warnings* existent pour informer qu'une tâche de maintenance ne doit pas être effectuée si le vent est au-dessus de 46km/h) nous avons décidé de les considérer car l'émergence de ce danger relève d'une décision du bureau d'étude.

Tableau 7 : Liste des 33 dangers sélectionnés pour la taxonomie

Dangers (Français)	Dangers (Anglais)	Définitions	Q1	Q2	Q3
Avion déséquilibré	Unbalanced aircraft	Les masses ne sont pas réparties comme recommandé sur l'avion	Oui	Oui	Oui
Sol glissant, présence de trou, sol non lisse	Slippery floor, hole presence, not smooth floor	Caractéristiques du sol de l'avion	Oui	Non	Oui
Zone hermétique/confinée	Hermetic/confined area	Tout endroit dans lequel l'humain ne peut bouger confortablement et sans renouvellement d'air suffisant	Oui	Oui	Oui
Charge électrostatique	Electrostatically charge	Tout ce qui peut être chargé électrostatiquement	Oui	Oui	Oui
Mauvaise accessibilité visuelle/physique	Bad Visual/Physical accessibility	Toute configuration qui n'est pas (ou difficilement) accessible visuellement et/ou physiquement.	Oui	Oui	Oui
Object coupants	Sharp	Tout ce qui est coupant	Oui	Oui	Oui
Objets mobiles	Mobile	Tout ce qui est sur roues et qui peut se déplacer sur le sol	Oui	Oui	Oui
Bords saillants	Protruding edge	Tout ce qui a un bord saillant	Oui	Non	Oui
Hauteur	Height	Tout ce qui exige que les mécaniciens travaillent en hauteur	Oui	Non	Oui
Partie mobile/rotative	Mobile/rotating part	Tout ce qui comporte une partie mobile ou rotative	Oui	Oui	Oui
Objet volumineux	Voluminous	Tout ce qui est perçu comme trop volumineux pour être porté	Oui	Non	Oui
Objet petit	Small	Tout ce qui est considéré comme étant de petite taille	Non	Oui	Oui
Objet lourd	Heavy	Tout ce qui est perçu comme trop lourd à porter	Oui	Oui	Oui
Haute tension avec courant continu	High voltage with continuous courant	Tout ce qui produit une haute tension avec un courant continu	Oui	Oui	Oui
Liquide/air sous pression	Under pressure liquid/air	Tout ce qui est composé de liquide/air sous pression.	Oui	Oui	Oui
Température de fonctionnement du système, air, liquide	Operating temperature system, air, liquid	Tout ce qui peut produire de l'énergie thermique en fonctionnement	Oui	Oui	Oui
Bruit	Noise	Tout ce qui est perçu comme trop bruyant	Oui	Non	Oui
Radiations	Radiation	Tout ce qui émet des radiations	Oui	Oui	Oui

Vibrations	Vibration	Tout ce qui peut vibrer	Oui	Oui	Oui
Champs électromagnétiques	Magnetic field	Tout ce qui émet un champ magnétique	Oui	Oui	Oui
Mauvais éclairage artificiel	Poor artificial lighting	Lumière artificielle insuffisante	Oui	Non	Oui
Éclairage artificiel puissant	Strong artificial lighting	Lumière artificielle excessive	Oui	Non	Oui
Système de configuration différent	Different configuration system	Toute configuration qui diffère d'un aéronef à l'autre dans la même famille	Oui	Oui	Oui
Liquide/solide/gaz toxique	Toxic liquid/solid/gas	Tout ce qui est composé de liquide, solide ou gaz toxique	Oui	Non	Oui
Liquide/solide/gaz oxydant	Oxidizing liquid/solid/gas	Tout ce qui est composé d'un liquide, d'un solide ou d'un gaz oxydant	Oui	Oui	Oui
Liquide/solide/gaz inflammable	Flammable liquid/solid/gas	Tout ce qui est composé de liquide, de solide ou de gaz inflammable	Oui	Oui	Oui
Liquide/solide/gaz corrosif	Corrosive liquid	Tout ce qui est composé de liquide corrosif	Oui	Oui	Oui
Liquide/solide/gaz explosif	Explosive liquid/solid/gas	Tout ce qui est composé de liquide, de solide ou de gaz explosif	Oui	Oui	Oui
Liquide/solide/gaz radioactif	Radioactive liquid/solid/gas	Tout ce qui est composé de liquide, de solide ou de gaz radioactif	Oui	Oui	Oui
Vent	Winds	Mouvement de l'air exprimé en nœuds (vent)	Oui	Oui	Oui
Humidité ambiante	Ambient humidity	Valeur de l'humidité ambiante au moment de l'activité	Oui	Oui	Oui
Température ambiante	Ambient temperature	Valeur de la température ambiante lors de l'activité	Oui	Oui	Oui
Surchargé	Overcrowd	Zone dans laquelle il y a trop de personnes et/ou d'objets	Oui	Oui	Oui

3.3. Taxonomie des dangers

La taxonomie que nous avons créée se divise en quatre catégories : “Structure”, “Système”, “Produits chimiques” et “Environnement” (cf. Figure 22) qui mettent en avant l’impact de la conception de l’avion sur les opérations de maintenance.

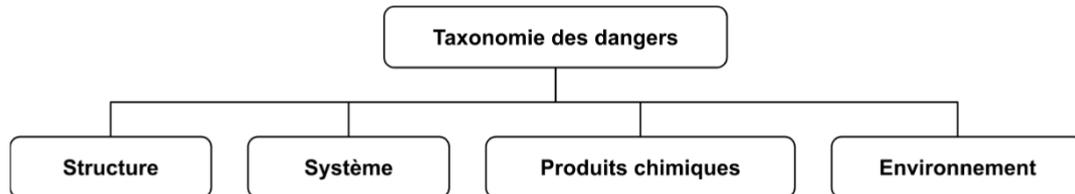


Figure 22 : Taxonomie des dangers.

Les catégories “Structure” et “Système” représentent les dangers qui sont des caractéristiques intrinsèques de la structure ou des systèmes de l’avion. Elles permettent de mettre en avant les caractéristiques fonctionnelles de l’avion (cf. Figure 23).

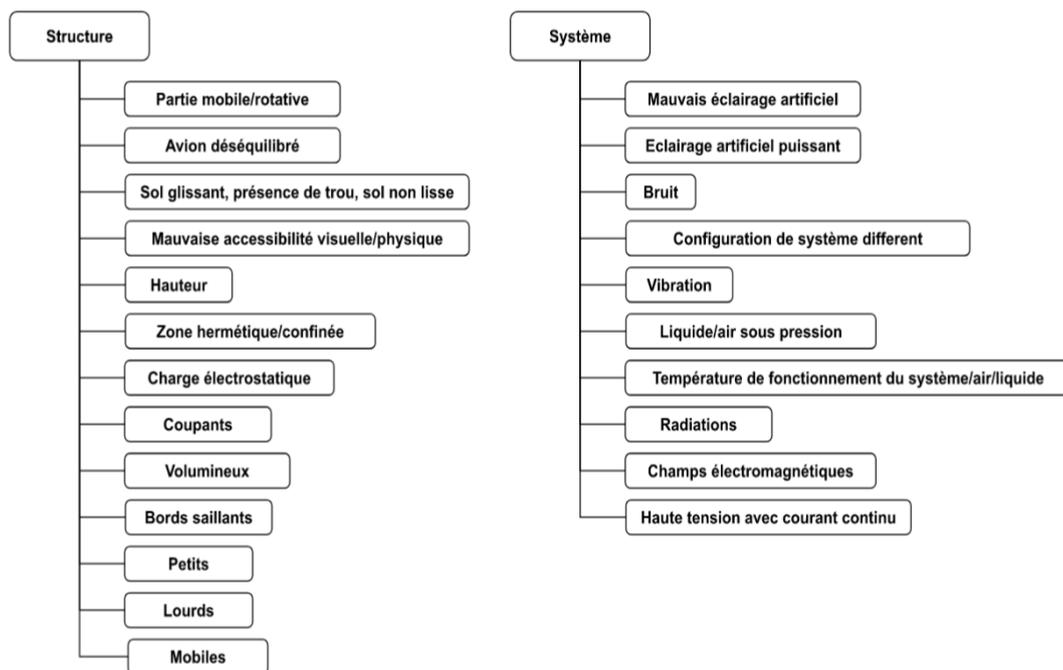


Figure 23 : Détail des catégories “Structure” et “Système”.

La catégorie “Produits chimiques” (cf. Figure 24) met en avant les caractéristiques intrinsèques des produits chimiques (qui peuvent être gazeux, liquides ou solides) manipulés par les mécaniciens aéronautiques lors des opérations de maintenance.

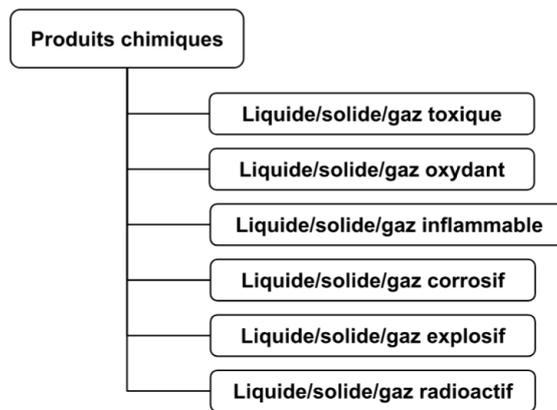


Figure 24 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".

La catégorie "Environnement", présentée par la figure 25, permet d'inclure tous les dangers qui ne sont pas une caractéristique intrinsèque de l'avion. Cette catégorie représente tous les dangers environnementaux qui ont été identifiés par le bureau d'étude et qui font l'objet de *warnings* et/ou de *cautions*. La prise en compte de ces dangers permet de souligner la complexité des situations de travail qui se réfèrent à une caractéristique de l'avion ou du matériel. Par exemple, le vent est une problématique pour l'ouverture d'une porte d'accès du fait de sa conception. Le danger "Surchargé" fait référence à l'environnement de travail qui peut être trop encombré de matériels et d'humains, une situation qui est en lien là aussi avec la conception de l'avion. En effet, l'utilisation du matériel, le nombre de personnes nécessaires pour effectuer une opération et l'espace disponible sont en grande partie dictés par le design de l'avion.

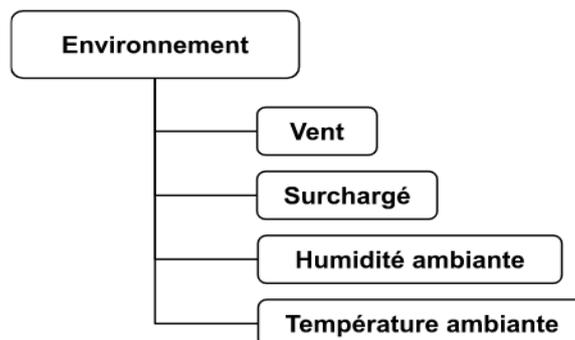


Figure 25 : Détail de la catégorie "Environnement".

4. Discussion et conclusion du chapitre II.1

La création d'une taxonomie est une tâche complexe qui nécessite au préalable d'avoir clairement définie la notion de danger, tout en faisant la distinction avec la notion de risque. Dans ce cadre, nous avons fait le choix de nous focaliser sur les dangers issus des caractéristiques intrinsèques de l'avion. Cela afin de réduire le champ d'étude et ainsi avoir un critère concernant le niveau de complétude de la taxonomie (Szopinski et al., 2020). Certes, la définition que nous proposons ne considère pas tous les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens. Toutefois, cela permet de souligner l'impact des décisions prises lors de la phase de conception sur la présence de dangers lors des activités de maintenance. Et l'importance de considérer l'ergonomie et le facteur. Dans ce sens, des auteurs comme Bernard et al., 2023 proposent des nouvelles méthodes permettant une meilleure considération de ces aspects durant la phase de conception d'hélicoptères. Ce travail nous a également permis d'obtenir une taxonomie concise qui limite l'inclusion de dangers qui sont liés à des variabilités propres à l'environnement, l'organisation ou l'individu. Ainsi, même si des auteurs comme Necula & Zaharia (2015) considèrent ces notions comme des dangers, de notre point de vue ils peuvent être vus comme des facteurs aggravant le risque. Plus précisément, comme nous l'avons vu dans la partie 1, les études sur les erreurs humaines ont tenté de mettre en avant la présence de facteurs contributifs (Hobbs & Williamson, 2003 ; Hobbs, 2021 ; Knezevic, 2021). Ces derniers augmentent le risque qu'une erreur survienne lors des opérations de maintenance. De la même façon, nous pensons que les conditions environnementales, individuelles et organisationnelles ne sont pas des dangers mais peuvent être considérées comme des facteurs aggravants le risque. De plus, comme le montre la littérature, la perception des risques est influencée par le contexte social ou culturel (Douglas, & Wildavsky, 1983), par l'état émotionnel (Lerner et al., 2003 ; Lerner & Keltner, 2001 ; Loewenstein & Lerner, 2003) ou encore la personnalité de l'individu (Fyhri & Backer-Grondahl., 2012). Ainsi, nous pensons que, suivant le contexte organisationnel, environnemental ou encore l'état de l'individu, la perception des risques peut différer.

Malgré cela, nous avons fait le choix de prendre en compte des dangers comme "*winds*", "*local humidity*" et "*local temperature*". En effet, l'accès à certains composants de l'avion ou encore l'utilisation de certains produits peuvent être soumis à des conditions environnementales bien précises définies par le bureau d'étude. Ainsi, les ingénieurs peuvent indiquer, à travers les *warnings* et/ou *cautions*, par exemple que l'accès à l'Air Power Unit (APU) doit être effectué avec un vent inférieur à 25 nœuds (46 Km/h). Dans ce cas, le vent représente un danger pour l'intégrité de l'avion et pour la santé du mécanicien. De ce fait, nous avons choisi de considérer ces éléments comme des dangers dans notre taxonomie.

La construction de la taxonomie a été faite par l'établissement, dans un premier temps, d'une liste de dangers dont seuls ceux qui répondent à la définition ont été retenus. Plus précisément, pour être retenus, les dangers devaient impérativement répondre "oui" à la question "Provient d'une décision du bureau d'étude?". La considération de l'impact sur la santé des mécaniciens et sur la navigabilité de l'avion n'était pas une condition nécessaire et suffisante mais a permis d'obtenir des informations intéressantes. En effet, cela nous indique qu'il y a un peu plus de dangers qui ont un impact sur la santé des mécaniciens que sur la navigabilité de l'avion. On pourrait penser que cette différence réside dans le fait que toute caractéristique intrinsèque de l'avion ne peut pas l'endommager puisque celui-ci est fait pour fonctionner avec. Par exemple, les produits chimiques sont supposés être présents dans des systèmes bien particuliers qui sont conçus pour résister aux dommages qui peuvent être causés par ces produits. Cependant, tous les éléments de l'avion ne possèdent pas ces caractéristiques spécifiques et peuvent être endommagés s'ils sont en contact avec ces produits. A noter que pour la pertinence de notre réflexion, nous avons considéré uniquement les conséquences directes que pouvait avoir un danger sur l'avion et/ou le mécanicien. Or, la survenue d'incidents ou d'accidents est souvent l'enchaînement d'évènements qui impliquent plusieurs dangers.

Concernant les catégories sélectionnées pour regrouper les dangers, sur la base d'itérations, nous avons effectué plusieurs versions avant de trouver celle qui nous convenait le plus. Cependant, comme la catégorisation est basée sur notre propre représentation, il sera nécessaire de vérifier la validité de notre travail auprès de mécaniciens et d'ingénieurs des bureaux d'étude. En effet, la taxonomie ne considère pas la manière dont les ingénieurs et les mécaniciens peuvent catégoriser les dangers en maintenance aéronautique. Ainsi, afin de tester l'exhaustivité et la véracité de notre taxonomie, nous allons la confronter à une population d'ingénieurs et de mécaniciens.

Chapitre II.2 : Validation de la taxonomie des dangers

1. Introduction

Les mécaniciens en maintenance aéronautique sont exposés à de nombreux dangers de nature très variable (Necula & Zaharia, 2015, Gharib & al., 2021). Comme nous l'avons déjà mentionné, ces dangers peuvent avoir un impact direct tant sur la santé des mécaniciens que sur la navigabilité de l'avion. Afin de fournir les clés aux mécaniciens pour effectuer leurs tâches en toute sécurité, plusieurs solutions existent. Par exemple, la carte de travail fournie par le constructeur et élaborée par des ingénieurs, permet aux mécaniciens d'être informés quant aux dangers auxquels ils s'exposent durant une tâche spécifique. Celle-ci ne réduit pas l'exposition mais permet de faire prendre conscience aux mécaniciens que la tâche comporte des risques (s'ils ne le savent pas déjà). Les dangers associés ont été identifiés durant la phase de conception et sont liés à des caractéristiques intrinsèques de l'avion ou de tout élément d'aide à la maintenance, et donc sont issus d'une décision prise par le bureau d'étude. Ceci souligne l'implication des constructeurs aéronautiques dans l'identification des dangers et la sécurité lors des activités de maintenance. Pour ce faire, ils prennent en compte l'impact des décisions de conception sur l'activité. Le plus souvent, il existe un processus interne dont l'objectif est de supprimer le danger ou de réduire au maximum les risques. Ce travail est effectué en outre par des ergonomes et spécialistes en facteurs humains avec l'usage d'outils technologiques comme la réalité virtuelle pour une meilleure considération des facteurs humains en maintenance aéronautique (Bernard et al., 2018, 2020). Cependant, beaucoup de dangers restent présents du fait des caractéristiques spécifiques de l'avion.

Une autre mesure concerne la formation et l'entraînement des mécaniciens qui est soumise à des réglementations strictes. Cet aspect est important car il nous permet d'explicitement la distinction qui peut exister entre la considération des dangers par les ingénieurs dans un bureau d'étude et les mécaniciens. Plus précisément, les constructeurs emploient des ingénieurs ayant reçu des formations initiales diverses leur permettant de concevoir des avions, des équipements, des outils qui respectent un cahier des charges précis. Néanmoins, la formation tant initiale que continue des ingénieurs n'est pas réglementée comme peut l'être celle des mécaniciens. Par exemple, les ingénieurs ne sont pas nécessairement sensibilisés aux aspects facteurs humains et ergonomiques. Alors que la réglementation aéronautique oblige les mécaniciens à effectuer une formation initiale et continue dans laquelle les aspects de sécurité et de facteurs humains sont inclus. Ainsi, les ingénieurs et mécaniciens partagent un objectif commun qui est celui d'assurer tant la sécurité des personnes que du matériel lors des activités de maintenance. Néanmoins, comme nous venons de le mentionner, la formation diffère entre ces deux populations, ce qui nous a amené à nous questionner sur la manière dont celles-ci peuvent catégoriser les dangers.

De ce fait, l'objectif premier est de tester la validité de la taxonomie que nous avons créée en considérant l'exhaustivité de la liste des dangers identifiés, sa représentativité par rapport à l'activité réelle et la justesse du vocabulaire employé. Le deuxième objectif consiste en l'identification des similarités et des différences potentielles entre les mécaniciens et les ingénieurs dans la catégorisation des dangers.

2. Méthode

Notre démarche méthodologique pour valider la taxonomie des dangers s'est décomposée en deux étapes : la phase de pré-test et la phase dite d'expérimentation principale. Pour les 2 phases, le même matériel et protocole a été utilisé, avec prise en compte des ajustements nécessaires issus des résultats du pré-test pour la phase "expérimentation principale".

2.1. Matériel et protocole

Nous avons employé une méthode de tri de cartes ouvert individuel qui permet de mettre en évidence la manière dont un participant associe différentes informations (Nawaz, 2015). L'approche individuelle évite l'émergence de désaccord et de conflit au sein d'un groupe ou encore l'influence des uns sur les autres. Elle permet également d'obtenir des résultats plus précis car elle prend en compte le point de vue de chaque participant individuellement. Le tri de cartes ouvert est employé afin de ne pas contraindre le participant dans le nombre de catégories à créer tout en évitant de suggérer une représentation (Lewis & Hepburn, 2010).

Sur chaque carte était inscrit un danger et une définition (cf. Figure 26) afin de s'assurer de la bonne compréhension des intitulés. A noter que les dangers sont écrits en français, mais aussi anglais, car nous avons eu quelques ingénieurs anglophones parmi les sujets. Chaque participant passait la session individuellement dans une salle dédiée et avait pour consigne de regrouper en catégories les 33 dangers qui étaient disposés devant lui de manière aléatoire. Il était informé de la définition du danger que nous avons créée qui est "Tout ce qui peut impacter la santé du mécanicien et/ou impacter la navigabilité de l'avion et est issu d'une décision du bureau d'étude". Chaque participant avait la possibilité d'ajouter ou d'enlever des cartes, voire d'en réécrire si le terme proposé ne convenait pas.

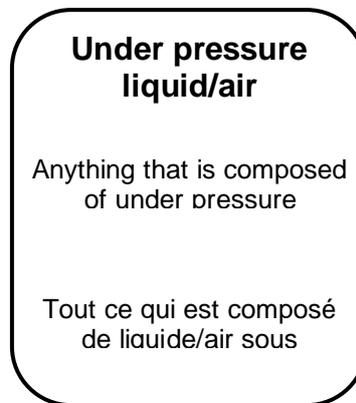


Figure 26 : Exemple de carte.

Les participants étaient libres de poser des questions si besoin et il leur était suggéré de verbaliser au maximum leurs réflexions. Les sessions étaient enregistrées avec le consentement du participant. Une fois les regroupements effectués, les participants devaient nommer les catégories créées en l'écrivant sur un post-it et expliquer leur raisonnement. A la fin de la séance, deux questions étaient posées :

- Quelles sont les cartes pour lesquelles vous avez rencontré des difficultés ?
- Est-ce que les dangers présents sur les cartes sont représentatifs de ceux auxquels sont exposés les mécaniciens durant l'activité de maintenance aéronautique ?

2.2. La phase de Pré-test

2.2.1. Objectif

La phase de pré-test a permis de tester la faisabilité de l'étude, la compréhension et la véracité des intitulés des dangers. Elle a permis également de recueillir des premières informations concernant la représentativité et l'exhaustivité des 33 dangers identifiés.

2.2.2. Participants

Le pré-test a été effectué avec trois participants (tous de sexe masculin, moyenne d'âge : 48 ans) : Un "Head of maintenance team" (Chef d'équipe de maintenance) depuis 10 ans ayant été mécanicien ; un ingénieur support Part CAMO depuis 23 ans et ayant été mécanicien ; et un mécanicien en activité depuis 7 ans.

- Le participant dont le poste est "Head of maintenance team" possède une vision globale de l'activité de maintenance et des problématiques que peuvent rencontrer les mécaniciens indépendamment de leur spécialité. De plus, sa position lui permet d'être informé des incidents ou accidents qui surviennent durant l'activité. Il est en contact avec d'autres spécialistes comme les ergonomes, le personnel de la qualité, etc. Il est en mesure de dire si les dangers que nous avons identifiés sont présents au sein de son organisme, sont pertinents ou encore si nous en

avons omis. De plus, ayant été mécanicien, il possède une expérience et donc est en mesure de se référer à des dangers connus et des exemples d'incidents, d'accidents vécus.

- Le deuxième participant possède une vision plus théorique de l'activité de maintenance du fait de son poste actuel : ingénieur support Part CAMO. Il est responsable de la mise en place de cette réglementation dans l'organisme. Il doit donc être informé des dangers qui ont été identifiés dans la documentation tout en indiquant les barrières qui permettent de réduire le risque. Sa vision d'ingénieur permet de se rapprocher de celle de la population cible d'ingénieurs dans les bureaux d'étude. Son expérience en tant que mécanicien lui permet également d'utiliser son vécu pour réaliser l'expérimentation.
- Le troisième participant qui est un mécanicien ayant une expérience de 7 ans permet de recueillir des données plus actuelles des dangers. Il permet également de tester la faisabilité du test avec une partie de la population cible qui sont les mécaniciens aéronautiques.

2.2.3. Résultats et discussion

À la suite de la réalisation du pré-test quelques modifications ont été suggérées. En effet, certaines remarques des participants soulignent un manque de précision dans le protocole notamment concernant la considération des dangers issus de la conception. Concernant l'exhaustivité des dangers, les trois participants ont indiqué que la liste des dangers était représentative de ceux présents en maintenance aéronautique. De même, les définitions et le vocabulaire ont été validés par les 3 participants. La principale limite concerne le manque de représentativité de la population d'ingénieurs de bureau d'étude du fait que l'ingénieur ayant passé le pré-test est issu de la promotion interne dans les entreprises et non d'une école d'ingénieur ou d'un Master d'ingénierie scientifique. Néanmoins, étant donné que l'objectif était de tester le protocole et la taxonomie que nous avons créés, nous avons surtout besoin d'une population avec une forte expertise concernant la réalité de la maintenance aéronautique et avec une vision suffisamment large pour pouvoir évaluer notre travail. Ainsi, les profils des trois testeurs permettent de répondre à ces problématiques même si la population d'ingénieur de bureau d'étude n'a pas été représentée.

2.3. Expérimentation principale

2.3.1. Objectif

La deuxième phase intitulée “expérimentation principale” s’est effectuée en trois étapes :

- Mesurer la manière dont les mécaniciens et les ingénieurs catégorisent les dangers. Cette étape a consisté en l’application du protocole expérimental ajusté en fonction des résultats de la phase de pré-test. Une taxonomie a été créée pour chaque groupe avec le logiciel Optimal Sort.
- Comparer les résultats et créer une taxonomie qui combine les deux visions (ingénieur, mécanicien). L’emploi du logiciel Optimal Sort et la réalisation d’une analyse des deux taxonomies nous ont permis d’identifier les similarités et différences entre les deux populations.
- Comparer la taxonomie qui combine les résultats des participants avec celle créée lors de l’étude précédente. Le logiciel Optimal Sort nous a permis de comparer les similarités des deux taxonomies (la nôtre et celle issue de l’étape 2) et de créer la taxonomie dite “finale”.

Pour chaque étape, le logiciel Optimal Sort a permis de générer les matrices de similarités et les dendrogrammes utilisés pour l’interprétation des résultats.

2.3.2. Participants

L’étude a été effectuée avec la participation de 10 ingénieurs issus des départements de conception de deux organismes aéronautiques différents (âge moyen : 43 ans, Hommes : 10, Femmes : 0, nombre d’années d’expérience moyen : 18 ans). Parmi les 10 ingénieurs, 3 ont déjà été mécaniciens pendant 3, 6 et 7 ans et 2 ingénieurs sont uniquement sur la conception d’outillage. 20 mécaniciens aéronautiques ont également participé à cette expérimentation (âge moyen : 35 ans, Hommes : 20, nombre d’années d’expérience moyen : 15 ans). Parmi les 20 mécaniciens, 14 sont issus d’un organisme de maintenance sur avion commercial et 6 sur avion d’affaire. Voici le détail des profils de mécaniciens présenté sur le tableau 8.

Tableau 8 : Répartition de la population de mécaniciens selon les licences et le type d'avion.

Mécaniciens	Avions commerciaux	Avions d'affaire
Sans licence	1	-
A1	-	1
B1	6	2
B2	-	2
B1-B2	5	-
B1-B2-C	2	-
Hydraulique	-	1
Total Mécaniciens	14	6

2.3.3. Méthode d'analyse des résultats

L'analyse des résultats pour la construction des taxonomies s'est basée sur les dendrogrammes générés à l'aide du logiciel Optimal Sort. Pour cela, il existe plusieurs méthodes qui permettent d'agréger les résultats individuels : les deux principales sont l'*Actual Merge Method* (AMM) et la *Best Merge Method* (BMM) (Nawaz, 2012). L'*Actual Merge Method* est recommandée si l'étude concerne plus de 30 participants et permet de connaître le pourcentage de participants qui sont en accord pour regrouper des dangers spécifiques entre eux. En d'autres termes, il sera possible de dire que X% des participants sont d'accord pour regrouper une liste de danger entre eux. La BMM est quant à elle recommandée pour moins de 30 participants et permet d'obtenir le pourcentage de participants qui sont en accord avec une partie du groupement. En effet, la BMM est basée sur une analyse par paire et permet donc d'identifier que X% de participants sont d'accord avec une partie du groupement. Cette méthodologie se base sur la réalisation d'une matrice de similarité qui représente le pourcentage de groupement des dangers par paire. Néanmoins, la matrice de similarité ne permet pas d'obtenir une vision d'ensemble pour la création de catégories, ce que nous apporte le dendrogramme. Cela, même si la méthodologie BMM n'émet que des suppositions sur les groupements qui peuvent émerger de la matrice de similarité.

Les résultats des mécaniciens et des ingénieurs seront d'abord interprétés séparément à l'aide de la méthodologie BMM (car notre échantillon est inférieur à 30 participants) sur le logiciel OptimalSort. Nous avons également utilisé la "*Participant-centric analysis*" (PCA) sur le logiciel Optimal Sort qui permet d'identifier les architectures d'information les plus communes. Les catégories issues de cette analyse sont construites en calculant le nombre de fois que deux cartes sont appariées dans une même catégorie sur l'ensemble de l'étude. Cela permet d'obtenir une première représentation de la structure

de la taxonomie. Ensuite, l'analyse des résultats qui combinent les deux groupes sera effectuée par l'emploi de l'*Actual Merge Method* sur le logiciel Optimal Sort.

La comparaison de la taxonomie que nous avons créée et celle qui combine les résultats des mécaniciens et des ingénieurs sera interprétée de la même façon. Plus précisément, les deux taxonomies ont été insérées dans le logiciel OptimalSort. La taxonomie dite "finale" a été créée à l'aide de la méthode BMM et l'interprétation du dendrogramme.

Nous avons également effectué une analyse qualitative des enregistrements afin de comprendre les difficultés rencontrées par les participants, la stratégie employée pour catégoriser les dangers (en référence à Lewis & Hepburn, 2010) et le choix des noms de catégories. A cela s'ajoute la suppression, l'ajout de dangers ou encore la modification de termes employés par les participants, ce qui nous apporte des informations concernant l'exhaustivité de la taxonomie, la compréhension et la représentativité des dangers auxquels sont exposés les mécaniciens en maintenance aéronautique.

3. Résultats

Les résultats décrits ci-dessous distinguent ceux obtenus à l'issue des sessions avec les mécaniciens (N=20) et ceux obtenus lors des sessions avec les ingénieurs (N=10).

3.1. Taxonomie obtenue avec les mécaniciens

La construction de la taxonomie des mécaniciens s'est basée sur l'analyse des dendrogrammes et de la méthode *Participant-centric analysis* (PCA) générée avec le logiciel OptimalSort. Les verbatims et difficultés rencontrées ont également été utilisées.

Analyse du dendrogramme

Le dendrogramme (construit avec le logiciel OptimalSort et la *Best Merge Method* (BMM)) nous permet d'identifier les groupements qui peuvent être effectués avec un niveau d'accord à 55% (cf. Figure 27). Plus précisément, cela signifie que 55% des participants sont, en partie en accord avec les groupements présentés sur le dendrogramme. À ce niveau, la majorité des dangers appartiennent à un groupe (30 dangers sur les 33).

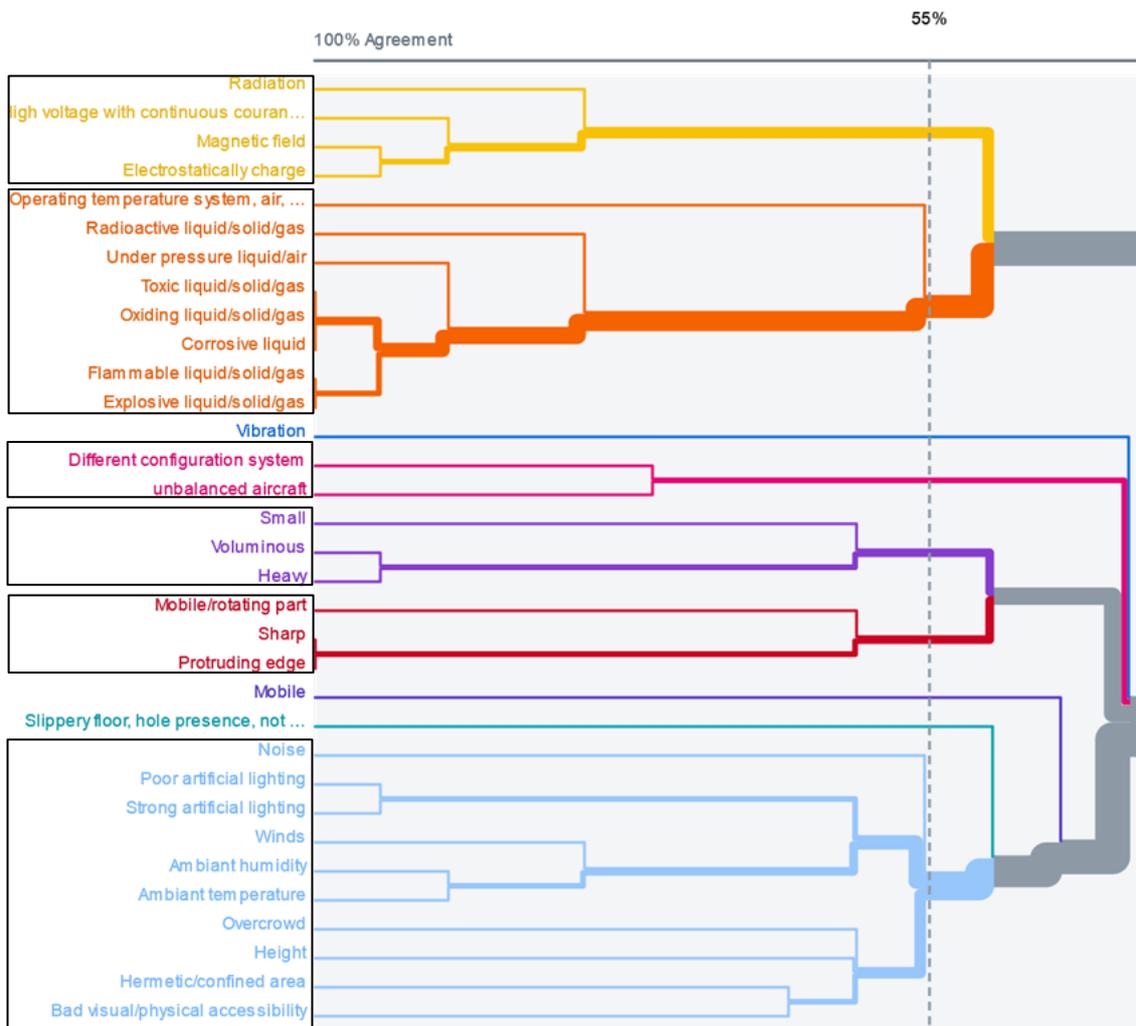


Figure 27 : Dendrogramme issu de la BMM avec un niveau d'accord à 55%.

Nous observons que seuls trois dangers restent isolés : “Vibration”, “Sol glissant, présence de trou, sol non lisse” et “Mobile” à ce niveau d'accord. Pour qu'ils appartiennent à un groupe, il faut réduire le “niveau d'accord” à 40%. Or à ce niveau, seulement deux groupes composent le dendrogramme ce qui nous éloigne de l'objectif de créer une taxonomie qui réponde à nos critères. L'analyse qualitative nous indique que deux participants ont mentionné avoir eu des difficultés pour classer le danger “Vibration”. Un participant ne l'a pas intégré dans un groupe car il ne se sentait pas personnellement concerné par les vibrations. Ce mécanicien le justifie en indiquant que si le danger est présent pendant l'activité, il ne touche pas l'objet en vibration. Un autre participant indique que les mécaniciens ne sont pas énormément exposés aux vibrations tout en précisant que le danger existe. Concernant le danger “Sol glissant, présence de trou, sol non lisse”, l'analyse des verbatims montre que 4/20 mécaniciens ont indiqué ne pas avoir compris à quoi il faisait référence. Parmi ces quatre, un mécanicien n'a pas classé le danger. Concernant le danger “Mobile”, l'analyse des enregistrements indique que 2/20 mécaniciens ne l'ont pas classé car il ne correspond pas, de leur point de vue, à un danger. Et un mécanicien a

indiqué que même s'il a classé le danger, il ne savait pas réellement dans quelle catégorie l'insérer car il n'évoque pas grand-chose pour lui.

Si l'on considère la figure 27 comme suffisamment représentative de la manière dont les mécaniciens peuvent regrouper les dangers, six groupes émergent (encadrés noirs sur la figure 27). Cependant, on remarque que les niveaux d'accord peuvent varier entre les groupes. Par exemple, le premier groupe en jaune sur la figure 27 présente un niveau d'accord de 80% alors que celui juste en dessous (en orange sur la figure 27) présente un niveau d'accord de 55%. Également, les niveaux d'accords varient au sein des groupes. Par exemple, on remarque que l'inclusion du danger "Radiation" fait passer le niveau d'accord de 90% à 80% (pour le groupe en jaune sur la figure 27). Cependant, pour ce danger, un seul mécanicien a indiqué ne pas savoir dans quel groupe l'insérer. Ce résultat est plus marqué dans d'autres groupes comme le deuxième (en orange sur la figure 27) où l'on remarque que l'inclusion du danger "Température de fonctionnement du système/air/liquide" fait baisser le niveau d'accord à 55% alors que si l'on considère les dangers : "Liquide/solide/gaz toxique", "Liquide/solide/gaz oxydant" et "Liquide corrosif", le niveau d'accord est à 100%.

De ce fait, l'analyse du dendrogramme nous a permis d'obtenir une première représentation des groupements qui peuvent être effectués. Cependant, une analyse plus précise avec l'incorporation des verbatims nous a permis de préciser les groupes et de mieux comprendre les similarités et divergences entre les mécaniciens. L'étape suivante a consisté en la création des catégories sur la base des résultats présentés ci-dessus et de l'analyse *Participant-Centric Analysis* (PCA) réalisée avec le logiciel OptimalSort.

A l'aide de la méthode *Participant-centric analysis* (PCA) et des résultats précédents, la taxonomie des mécaniciens est présentée figure 28. D'après la PCA, 11 mécaniciens sur 20 partagent la même architecture, ce qui représente à peine plus de la moitié de l'échantillon.

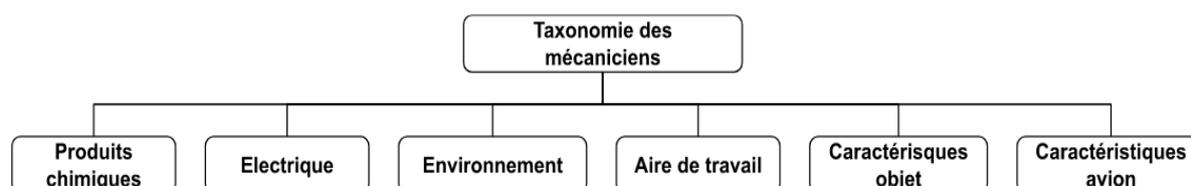


Figure 28 : Taxonomie des mécaniciens (N=20).

La première catégorie intitulée "Produits chimiques" est composée de 7 dangers (cf. Figure 29) et fait référence à des produits, éléments qui représentent un danger du fait de leur caractéristiques (toxique, inflammable, etc.). La principale critique que nous pouvons émettre concerne l'inclusion du danger "Liquide/air sous pression" qui ne fait pas directement référence à la caractéristique intrinsèque des produits chimiques. En effet, de notre point de vue, ce danger fait plus référence au fait que des éléments soient sous pression, qu'au fait, qu'il s'agisse de produits chimiques ou non.

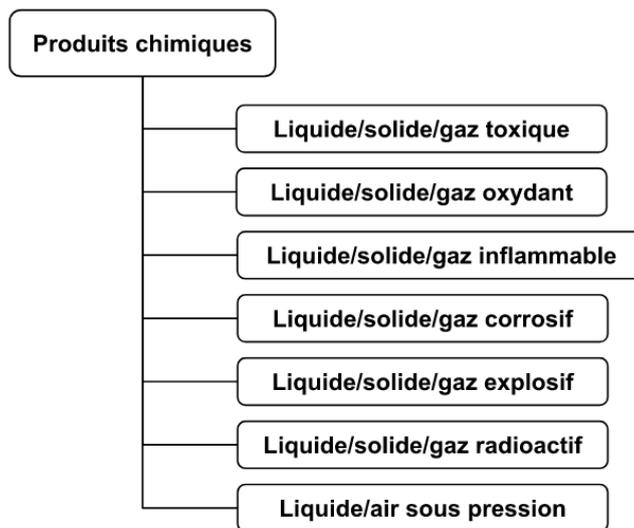


Figure 29 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".

La deuxième catégorie regroupe 5 dangers qui concernent principalement la composante électrique (cf. Figure 30). La remarque que nous pouvons faire concerne le danger "Température de fonctionnement du système/air/liquide" qui ne fait pas directement référence à des dangers électriques mais plutôt à tout élément pouvant produire de la chaleur en fonctionnement. En effet, même si les composants électriques en fonctionnement émettent de la chaleur, d'autres systèmes comme le moteur ou les freins peuvent être chauds pendant un certain temps après l'arrêt de l'avion.

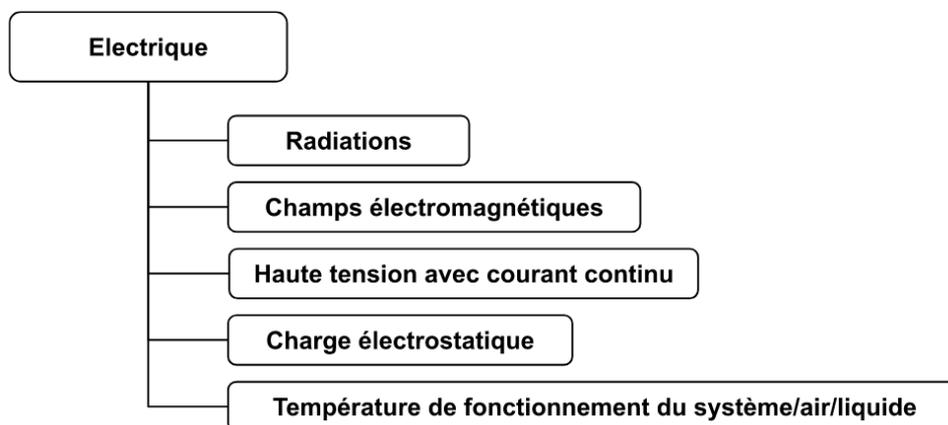


Figure 30 : Détail de la catégorie "Électrique".

La troisième catégorie, intitulée "Environnement", inclut 6 dangers (cf. Figure 31). Elle fait référence aux dangers liés aux conditions environnementales de l'activité de maintenance.

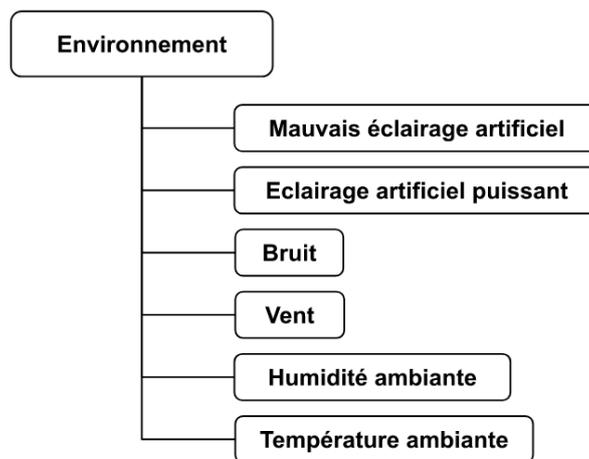


Figure 31 : Détail de la catégorie "Environnement".

La quatrième catégorie inclut 4 dangers qui peuvent être regroupés dans une catégorie intitulée "Aire de travail" (cf. Figure 32). Comme nous l'avons vu, les mécaniciens ne sont pas complètement en accord pour classer le danger "Sol glissant, présence de trou, sol non lisse" dans une catégorie spécifique. Cependant, d'après le dendrogramme (cf. figure 27) et l'analyse des verbatims, il semble que ce danger soit associé à une caractéristique de l'environnement de travail et non uniquement de l'avion. En effet, un sol peut être glissant (présence de graisse par exemple) et non uniquement une surface de l'avion.

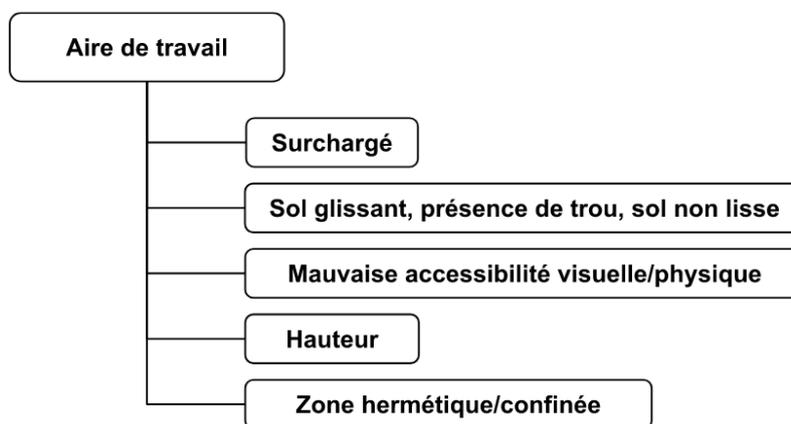


Figure 32 : Détail de la catégorie "Aire de travail".

La cinquième catégorie contient 8 dangers et peut être nommée "Caractéristiques objet" (cf. Figure 33). La catégorie représente les dangers qui proviennent d'une caractéristique d'un objet ou bien d'un élément que le mécanicien peut manipuler.

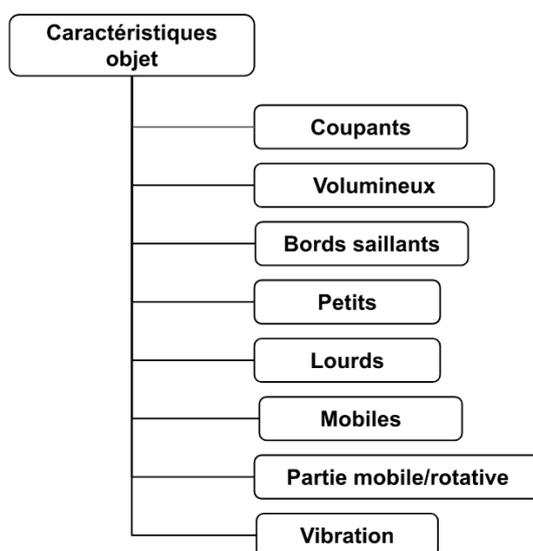


Figure 33: Détail de la catégorie "Caractéristiques objet".

La sixième catégorie, intitulée "Caractéristiques avion", concerne deux dangers qui sont particuliers dans le sens où leur inclusion est remise en question par les mécaniciens (cf. Figure 34). Ainsi, même s'ils sont des caractéristiques intrinsèques de l'avion, ces dangers font référence, pour 3 mécaniciens, aux connaissances du mécanicien. Ou encore, pour 2 mécaniciens, sont directement liés à la procédure, à la documentation. Néanmoins, les participants s'accordent à dire que ce ne sont pas des dangers et donc ont choisi de créer une catégorie à part entière.

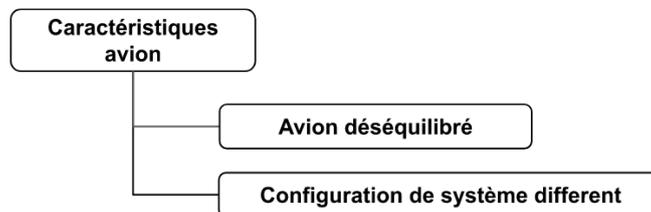


Figure 34 : Détail de la catégorie "Caractéristiques avion".

3.2. Taxonomie obtenue pour les ingénieurs

Analyse du dendrogramme

Comme pour les mécaniciens, la première étape a été de réaliser un dendrogramme avec le logiciel OptimalSort présenté figure 35. Ainsi, nous remarquons qu'à un niveau d'accords de 50%, la majorité des dangers ont été groupés (31 sur 33). Seul "Mauvaise accessibilité visuelle/physique" et "Vibration" ne sont pas groupés. Concernant "Mauvaise accessibilité visuelle/physique", deux ingénieurs sur les 10 n'ont pas groupé ce danger. Le premier a indiqué que le danger était entre deux groupes, l'amenant à le laisser de côté. Le deuxième a indiqué que ce n'était pas un danger car cela était déjà considéré durant la conception et qu'il existe des moyens pour l'évaluer, le contrer.

Concernant le danger "Vibration", l'un des ingénieurs a mentionné le fait que ce danger ne représente pas grand-chose pour lui. Il précise que l'impact sur le mécanicien dépend de l'importance des

vibrations mais que les risques existent. Il précise également que tous les éléments vibrent en fonctionnement. Il l’a donc laissé de côté. Un autre ingénieur mentionne ne pas avoir d’exemple concret de risque que cela pourrait avoir tant pour la santé et sécurité du mécanicien que pour la navigabilité de l’avion.

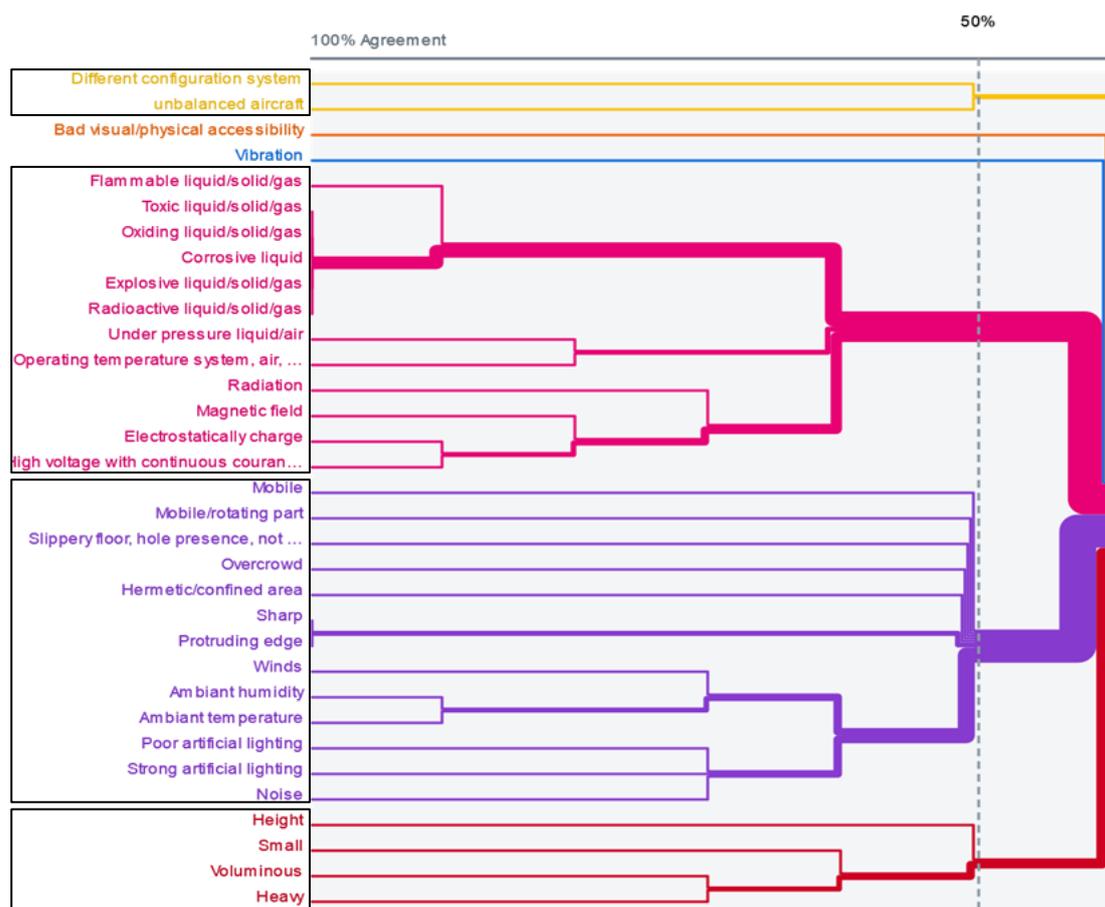


Figure 35 : Dendrogramme issu de la BMM avec un niveau d'accord à 50%.

Le premier groupe composé de deux dangers, qui sont “*Configuration de système différent*” et “*Avion déséquilibré*”, apparaît également particulier.

- Par exemple, “*Configuration de système différent*” n’a pas été classé dans un groupe par un ingénieur qui indique qu’il ne s’agit pas d’un danger (issu de la démarche de conception) étant plus dépendant de la formation des mécaniciens. De même, un deuxième ingénieur ayant rencontré des difficultés pour le classer, a indiqué que les configurations sont tracées dans la documentation et que le mécanicien est informé notamment à travers les *warnings* et *cautions*. Ainsi, ce type d’événement serait plus de l’ordre de l’erreur humaine.
- Concernant le danger “*Avion déséquilibré*”, deux ingénieurs ont eu des difficultés pour le classer. Pour un participant, ce n’est pas réellement un danger pour la maintenance sauf lors d’un chargement cargo (qui consiste à charger l’avion suivant ses capacités de stockage) qui

est une activité très spécifique. Un deuxième ingénieur mentionne que ce n'est pas réellement un danger car si les mécaniciens se retrouvent dans une situation où les masses sont mal réparties, l'activité est stoppée. Un troisième ingénieur mentionne que si l'avion se retrouve dans une situation où les masses ne sont pas correctement réparties, c'est parce que la documentation n'a pas été suivie.

Comme pour les mécaniciens, nous remarquons que les niveaux d'accord diffèrent au sein des groupements, ce qui nous permettrait d'affiner les groupes créés. Par exemple, le deuxième groupe (en rose sur la figure 35) est composé de 12 dangers. Cependant, il peut être scindé en trois sous-groupes dont le premier est associé à un niveau d'accord de 100%, et composé de 5 dangers (de "Liquide/solide/gaz toxique" à "Liquide/solide/gaz radioactif"). Si l'on réduit le niveau d'accord à 90%, il est possible d'inclure le danger "Liquide/solide/gaz inflammable". Avec un niveau d'accord à 80%, le deuxième sous-groupe qui apparaît est composé de 2 dangers ("Liquide/air sous pression" et "Température de fonctionnement du système/air/liquide"). Le troisième sous-groupe est composé de 4 dangers ("Radiations", "Champs électromagnétiques", "Charge électrostatique", "Haute tension avec courant continu") avec un niveau d'accord à 70%. Concernant le danger "Charge électrostatique", un ingénieur mentionne que ce danger est maintenant obsolète. Il l'explique par le fait que les mécaniciens portent des bracelets antistatiques, ce qui supprime les risques. Concernant les autres dangers, aucune difficulté n'a été mentionnée par les mécaniciens.

De ce fait, comme pour les mécaniciens, ces résultats nous permettent d'obtenir une première vision des groupes effectués. Il s'agit maintenant de réaliser la taxonomie des ingénieurs à l'aide de la méthode PCA. Cependant, la taxonomie présentée figure 36 est principalement issue des entretiens avec les ingénieurs et est composée de 6 catégories. Celle-ci n'est pas totalement en accord avec l'analyse PCA qui propose une taxonomie de 5 catégories (6 ingénieurs sur 10 ont une architecture similaire). Plus précisément, l'analyse PCA propose de créer une catégorie de 12 dangers, similaire à celle mentionnée en rose sur le dendrogramme de la figure 35. Néanmoins, le groupement peut être scindé en deux catégories distinctes ce qui aura pour avantage d'augmenter le niveau d'accord.

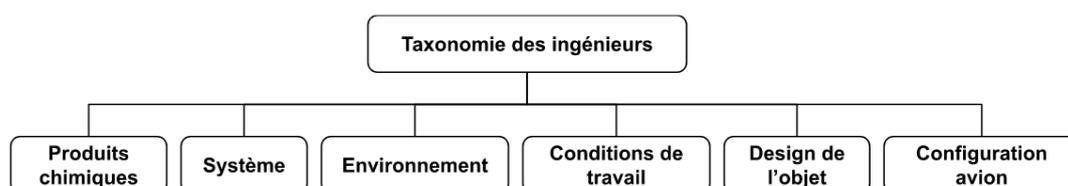


Figure 36 : Taxonomie des ingénieurs.

La première catégorie intitulée "Produits chimiques" est composée de 6 dangers (cf. Figure 37). Elle fait référence à des produits et éléments qui représentent un danger du fait de leurs caractéristiques (toxique, inflammable, etc.).

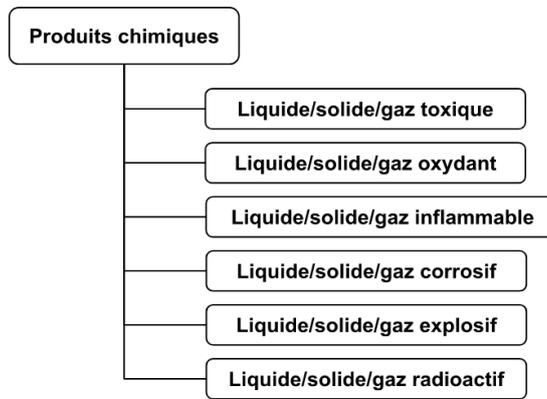


Figure 37 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".

La deuxième catégorie que nous proposons est composée de 6 dangers (cf. Figure 38). La principale difficulté pour cette catégorie a été de la nommer car il existe une certaine diversité dans les résultats. En effet, les participants mentionnent que ces dangers font référence à une source du danger, qui peut être intrinsèque à un matériel, un système ou un produit. Ainsi, nous avons choisi de la nommer "Système" car les dangers présents, de notre point de vue, font référence à des dangers qui peuvent être intrinsèques à un système électrique ou bien hydraulique.

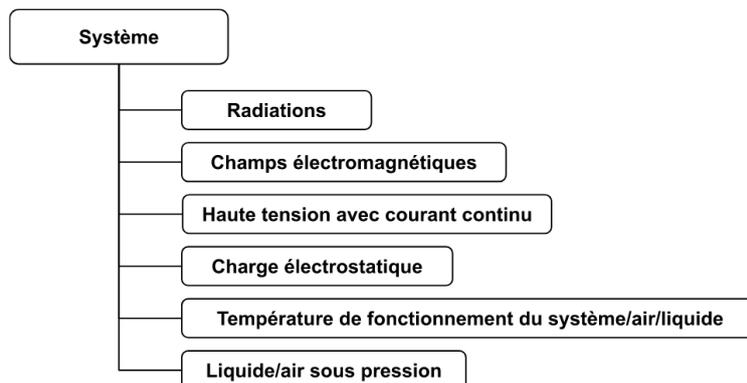


Figure 38 : Détail de la catégorie "Système".

La troisième catégorie intitulée "Environnement" composée de 6 dangers représente les dangers liés aux caractéristiques de l'environnement dans lequel opère le mécanicien (cf. Figure 39).

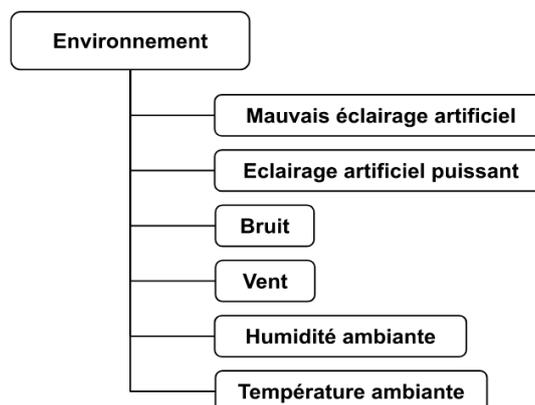


Figure 39 : Détail de la catégorie "Environnement".

La quatrième catégorie présentée figure 40 et composée de 5 dangers est intitulée “*Conditions de travail*”. Elle fait référence aux dangers faisant partie intégrante des conditions de travail en maintenance aéronautique. Ainsi, le mécanicien peut opérer dans un environnement hermétique, avec une mauvaise accessibilité visuelle et physique, bruyant, etc. Nous avons fait le choix d’inclure le danger “*Mauvaise accessibilité visuelle/physique*” qui n'appartient à aucun groupe sur le dendrogramme figure 35. En effet, nous pensons que ce danger est une composante des conditions de travail des mécaniciens aéronautiques.

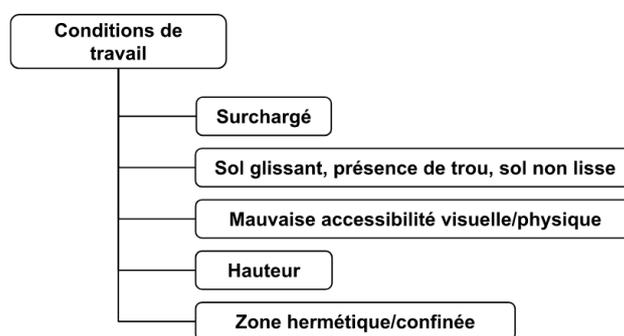


Figure 40 : Détail de la catégorie “*Conditions de travail*”.

La cinquième catégorie, intitulée “*Design de l'objet*” (cf. Figure 41) est composée de 8 dangers. Elle fait référence aux caractéristiques des objets qui peuvent être manipulés par les mécaniciens ou bien qui sont présents sur l’avion. Par exemple, une hélice à un bord saillant et est mobile.

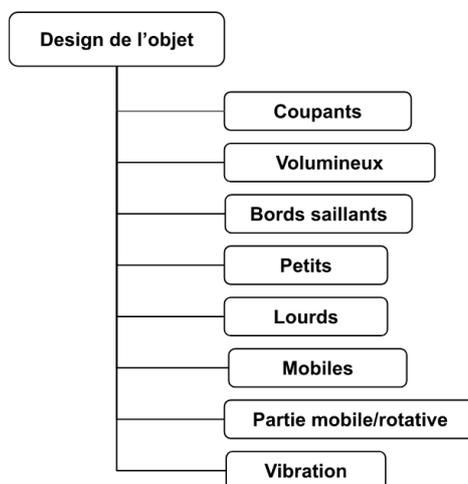


Figure 41 : Détail de la catégorie “*Design de l'objet*”.

La sixième catégorie “*Configuration avion*” regroupe deux dangers qui sont un peu particuliers pour les ingénieurs (cf. Figure 42). En effet, ces dangers font référence à des informations qui sont connues par les mécaniciens soit par le biais des formations, soit par le biais de la documentation utilisée durant l’opération. Ils ne correspondent pas réellement à des dangers pour certains ingénieurs. Cependant, cette catégorie n’est pas complètement en accord avec l’analyse PCA qui propose de regrouper ces dangers dans la catégorie “*Design de l'objet*”. En effet, nous avons mentionné que 3 ingénieurs ont

indiqué qu'un avion déséquilibré faisait référence à une situation bien particulière. Et que 2 ingénieurs ont indiqué que les mécaniciens sont formés et informés des différences de configuration entre les avions. De plus, le dendrogramme Figure 35, nous montre que ces dangers ont été groupés deux à deux par 50% des ingénieurs. De ce fait, nous avons fait le choix de créer une catégorie à part entière et de la nommer en fonction des résultats des ingénieurs qui ont créé une catégorie incluant ces deux dangers.

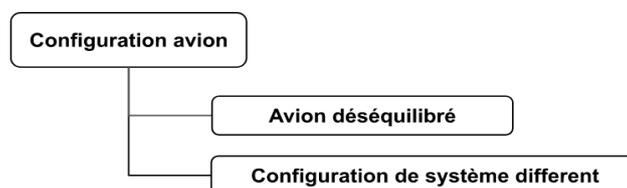


Figure 42 : Catégorie "Aircraft configuration".

3.3. Représentativité des dangers et du vocabulaire

La représentativité des dangers et du vocabulaire est analysée en distinguant les deux populations (mécaniciens et ingénieurs).

Les mécaniciens ont indiqué que les dangers présentés étaient suffisamment représentatifs de ceux auxquels ils étaient exposés. Néanmoins, plusieurs d'entre eux ont indiqué qu'il était difficile d'en identifier d'autres en dehors du terrain. En effet, les passations se sont effectuées dans une salle mais pas dans l'environnement réel de l'activité de maintenance. Ainsi, les mécaniciens n'avaient pas d'éléments concrets sur lesquels se baser pour identifier les dangers. L'un des mécaniciens a indiqué qu'il serait pertinent d'ajouter les dangers liés à l'organisation et à l'individu car ceux-là exercent une influence sur la sévérité des conséquences liées à l'exposition des dangers présentés. Un autre a indiqué que le danger "courant alternatif" devrait être ajouté en plus de celui du "courant continu" car ils ne sont pas liés aux mêmes conséquences. L'alternatif correspond plus à une conséquence du type "arrêt cardiaque" et le continu une conséquence du type "brûlures". Concernant le vocabulaire, les mécaniciens n'ont pas reformulé ou indiqué que les dangers n'étaient pas bien nommés.

Concernant les ingénieurs, ces derniers ont indiqué trouver la liste des dangers suffisamment représentative de ceux auxquels peuvent être exposés les mécaniciens. Aucun danger n'a été reformulé mais un participant a mentionné qu'au-delà du sol glissant, il y a des situations qui peuvent amener le sol d'une plateforme à être glissant, à cause de présence de liquide ou de graisse par exemple.

3.4. Comparaison taxonomie mécaniciens et ingénieurs

L'objectif de cette partie est de comparer la taxonomie des mécaniciens et des ingénieurs dans le but d'identifier les similarités et les différences. Tout d'abord, de manière générale, nous avons remarqué que les réponses des mécaniciens étaient plus homogènes dans la manière de regrouper les dangers en comparaison avec les ingénieurs. En termes de comparaison, nous observons que :

- Chacune des deux taxonomies créées (celle des mécaniciens et celle des ingénieurs) est composée de 6 catégories.
- Les deux taxonomies ont en commun une catégorie intitulée "*Produits chimiques*". La seule différence est que les mécaniciens incluent les dangers "*Liquide/air sous pression*" et "*Température de fonctionnement du système/air/liquide*", ce qui n'est pas le cas pour les ingénieurs.
- Les deux taxonomies ont une catégorie qui regroupe pratiquement les mêmes éléments, mais qui a été nommée différemment : "*Électrique*" pour les mécaniciens, et "*Système*" pour les ingénieurs. Voici la seule différence entre les 2 catégories : le danger "*Liquide/air sous pression*" est présent chez les ingénieurs mais pas chez les mécaniciens.
- Les deux taxonomies ont en commun une catégorie intitulée "*Caractéristiques avion*" pour les mécaniciens et "*Configuration de l'avion*" pour les ingénieurs, qui regroupent les dangers "*Avion déséquilibré*" et "*Configuration de système différente*". La mise à l'écart de ces dangers par les deux populations est expliquée par le fait que ce sont des dangers très particuliers. Les participants ne sont pas nécessairement en accord avec le fait de les considérer comme des dangers.
- Les deux taxonomies ont en commun une catégorie qui n'est pas intitulée exactement de la même façon mais qui fait référence à l'environnement de travail. Les mécaniciens la nomment "*Aire de travail*" et les ingénieurs "*Condition de travail*". Elles sont composées des mêmes dangers.
- Les deux taxonomies ont en commun une catégorie intitulée "*Environnement*" qui regroupe tous les dangers liés aux caractéristiques de l'environnement. Les dangers présents dans cette catégorie sont les mêmes pour les deux populations.
- Les deux taxonomies ont en commun une catégorie intitulée "*Caractéristiques objet*" pour les mécaniciens et "*Design de l'objet*" pour les ingénieurs. Là aussi les dangers présents sont les mêmes.

3.5. Taxonomie combinée des mécaniciens et ingénieurs

Nous procédons ensuite à la création de la taxonomie qui combine celle des mécaniciens et celle des ingénieurs. Pour ce faire, nous nous basons sur le dendrogramme (cf. Figure 43) créé avec l'Actual Agreement Method (AAM) à partir du logiciel OptimalSort. Ce dendrogramme combine tous les résultats de tous les participants indépendamment du type de population (mécanicien, ingénieur). Sur la figure 43, l'on observe que c'est à un niveau d'accord de 20% que la majorité des dangers sont groupés (32 sur 33). Nous remarquons que le danger "vibration" est seul à ce niveau d'accord.

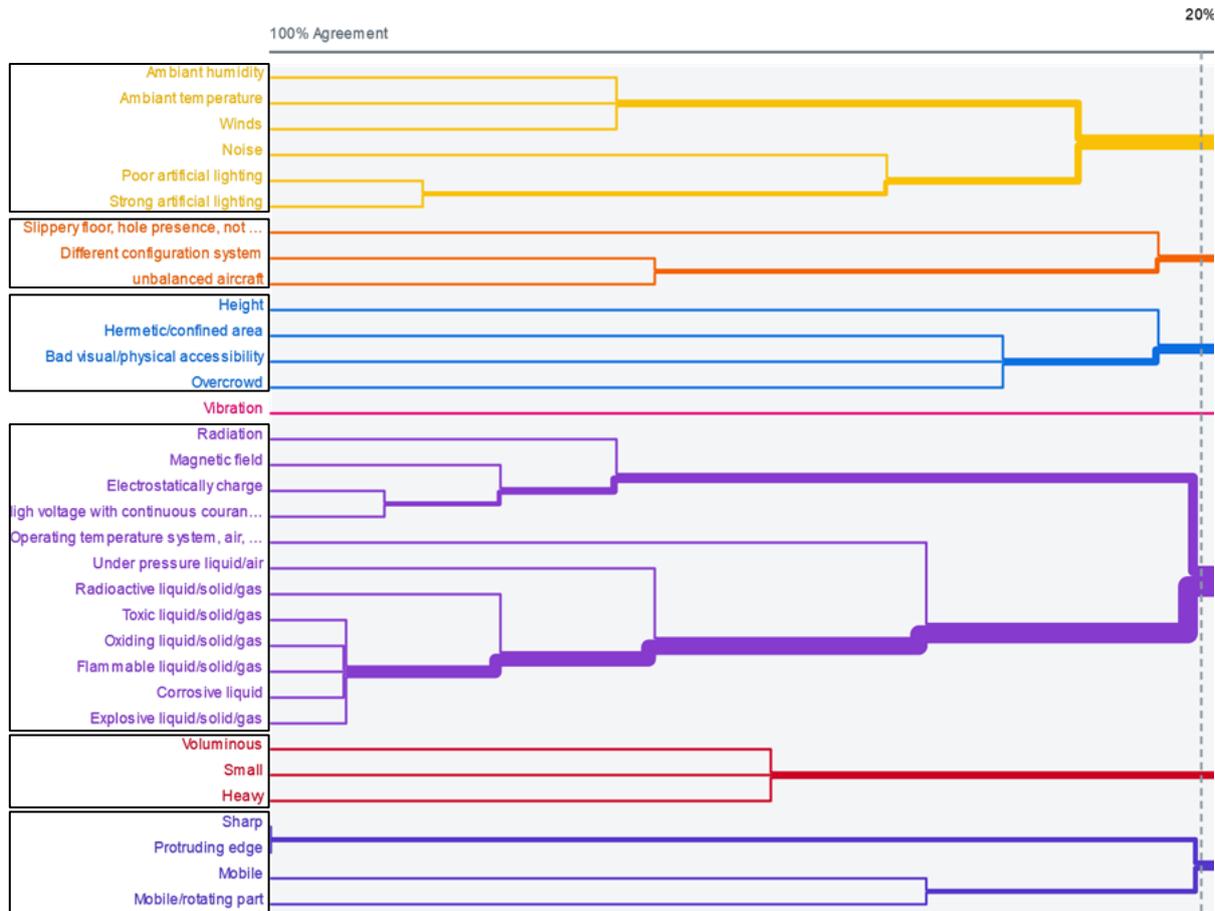


Figure 43 : Dendrogramme issu de la AMM (Actual Agreement Method) avec un niveau d'accord à 20%.

D'après le dendrogramme et les taxonomies que nous avons créées précédemment, la Figure 44 présente la taxonomie qui combine les résultats des mécaniciens et ceux des ingénieurs. Elle est composée de 5 catégories.

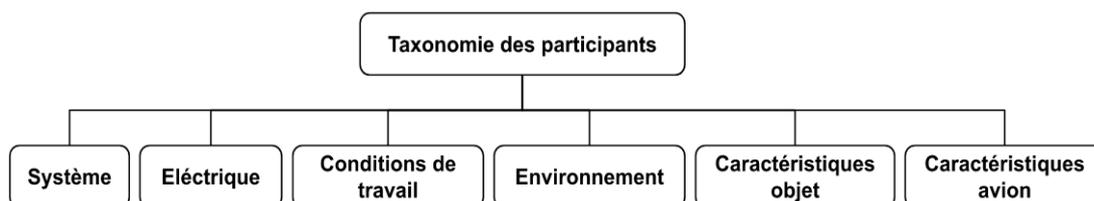


Figure 44 : Taxonomie combinée des mécaniciens (N=20) et des ingénieurs (N=10).

La catégorie “*Système*”, présentée figure 45, inclut tous les dangers qui peuvent être liés à des systèmes qui permettent à l’avion, aux équipements, et à des outils de fonctionner. Nous avons également décidé d’intégrer le danger “*Vibration*” dans cette catégorie, dû au fait que les participants ne semblent pas en accord pour classer ce danger. En effet, de notre point de vue, les vibrations sont liées au fonctionnement d’un système.

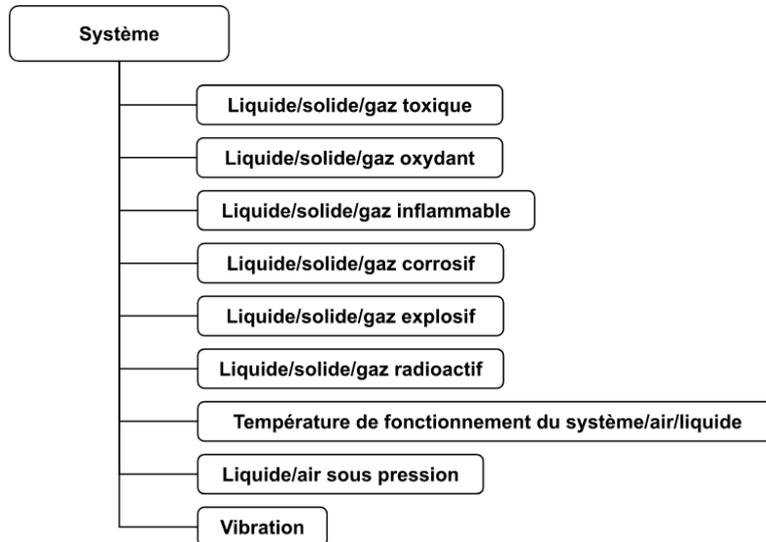


Figure 45 : Détail de la catégorie “*Système*”.

La catégorie “*Électrique*” présentée sur la figure 46 regroupe les dangers qui font référence à l’emploi de composants électriques.

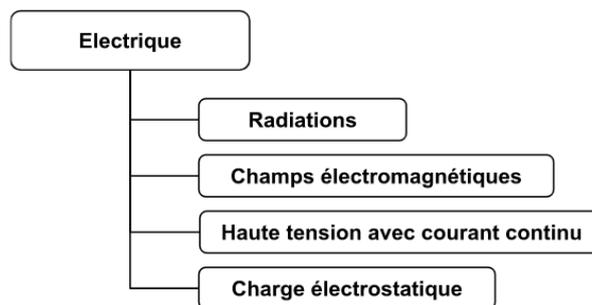


Figure 46 : Détail de la catégorie “*Électrique*”.

Les dangers présentés sur la figure 47 font référence aux conditions de travail des mécaniciens.

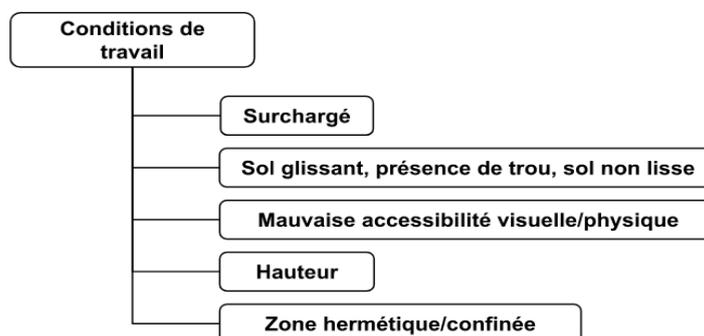


Figure 47 : Détail de la catégorie “*Conditions de travail*”.

Les dangers qui font référence à l'environnement du mécanicien sont inclus dans la catégorie présentée figure 48.

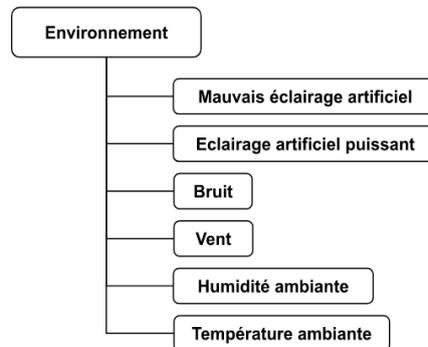


Figure 48 : Détail de la catégorie "Environnement".

La cinquième catégorie, présentée figure 49, correspond aux caractéristiques des objets qui peuvent être manipulés par les mécaniciens durant leur activité.

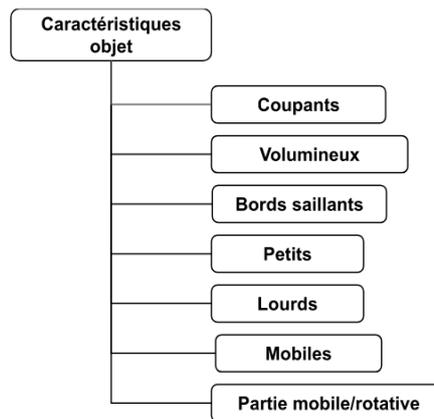


Figure 49 : Détail de la catégorie "Caractéristiques objet".

La dernière catégorie intitulée "Caractéristiques avion" (cf. Figure 50) est composée des deux dangers qui ne sont pas, pour certains participants, à considérer comme des dangers, comme nous l'avons présenté précédemment.

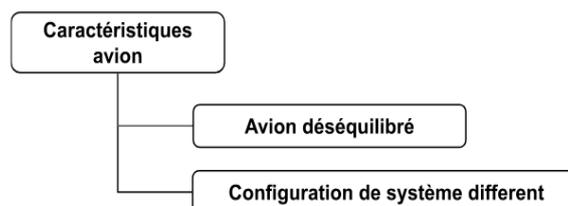


Figure 50 : Détail de la catégorie "Caractéristiques avion".

3.6. Création de la taxonomie finale

Afin de créer la taxonomie dite "finale", nous avons assemblé les deux taxonomies (celle créée par nos soins et celle des participants) dans le logiciel OptimalSort. À l'aide d'un dendrogramme présenté figure 51, il est possible d'obtenir une première représentation des groupements effectués.

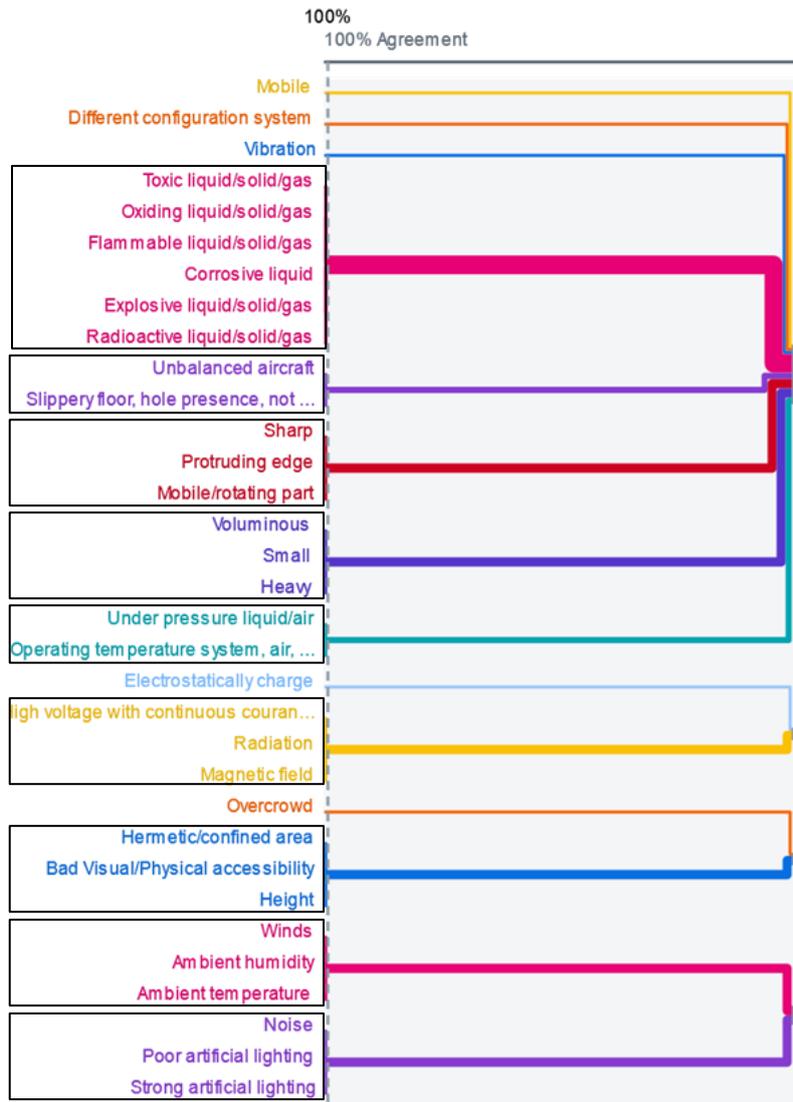


Figure 51 : Dendrogramme issu de l'AMM avec un niveau d'accord à 20%.

Le dendrogramme nous informe que nous ne sommes pas en accord avec les participants concernant le groupement de 5 dangers. Il s'agit donc de faire un choix concernant le groupement de ces dangers (cf. Tableau 9).

Tableau 9 : Choix de groupement des 5 dangers.

Danger	Groupement participant	Notre groupement	Conclusion
Mobiles	Caractéristiques objet	Structure	Retenir le groupement des participants car permet de gagner en précision et en affordance.
Configuration de système différent	Caractéristique avion non considérée comme un danger	Système	Préférable de ne plus le considérer dans la taxonomie.
Vibration	Système	Système	Nous sommes en accord avec les participants pour l'inclure dans la catégorie "Système".
Charge électrostatique	Electrique	Structure	Retenir le groupement des participants et créer une catégorie "Électrique" faisant référence directement aux dangers liés aux composants électriques. Cela permet de gagner en précision et en affordance.
Surchargé	Conditions de travail	Environnement	En accord avec les participants car un espace surchargé peut survenir dans différentes situations de travail, l'inclusion de ce danger à cette catégorie fait sens.

Le dendrogramme présenté figure 51 permet de visualiser 9 groupes qui pourraient potentiellement correspondre chacun à une catégorie de danger. Cependant, au vu des résultats précédents (taxonomie des mécaniciens et des ingénieurs), nous pensons que la concision de la taxonomie finale peut être améliorée. Pour ce faire, nous allons présenter les choix qui ont été effectués sur le Tableau 10 lorsque nous avons identifié des désaccords concernant le groupement d'un danger spécifique (entre notre taxonomie et celle des participants).

Tableau 10 : Choix concernant des désaccords de groupement pour un danger spécifique.

Danger	Groupement participant	Notre groupement	Conclusion
Avion déséquilibré	Caractéristique avion non considérée comme un danger.	Structure	Préférable de ne plus le considérer dans la taxonomie.
Sol glissant, présence de trou, sol non lisse	Conditions de travail	Structure	Retenir le groupement des participants car le sol glissant n'est pas uniquement une caractéristique de la structure de l'avion (flaque d'huile, de graisse, etc.)
Zone hermétique/confinée	Conditions de travail	Structure	
Mauvaise accessibilité visuelle/physique	Conditions de travail	Structure	
Hauteur	Conditions de travail	Structure	
Coupant	Caractéristiques objet	Structure	Retenir le groupement des participants pour créer une catégorie "Caractéristique objet" et inclure ces trois dangers dans celle-ci. Cela permettra de gagner en précision et en affordance.
Lourd	Caractéristiques objet	Structure	
Haute tension avec courant continu	Electrique	Système	Retenir le groupement des participants pour créer la catégorie "Électrique" faisant référence directement aux dangers liés aux composants électriques. Ces trois dangers seront inclus dans cette catégorie. Insérer "Haute tension avec courant alternatif"
Radiation	Electrique	Système	
Champs électromagnétiques	Electrique	Système	
Température de fonctionnement du système/air/liquide	Electrique	Système	Retenir notre groupement "Système" car la température de fonctionnement n'est pas uniquement liée à des composants électriques.
Bruit	Environnement	Système	Retenir le groupement des participants car nous avons omis de considérer certains équipements (en dehors des systèmes avions) comme les spots de lumière manipulés par les mécaniciens. Ou bien les lumières des hangars qui peuvent être trop fortes ou trop faibles.
Mauvais éclairage artificiel	Environnement	Système	
Eclairage artificiel puissant	Environnement	Système	

De ce fait, la taxonomie issue de la combinaison des deux taxonomies (celle des participants et celle établie par nous-même) est présentée sur la figure 52 et est composée de 6 catégories.

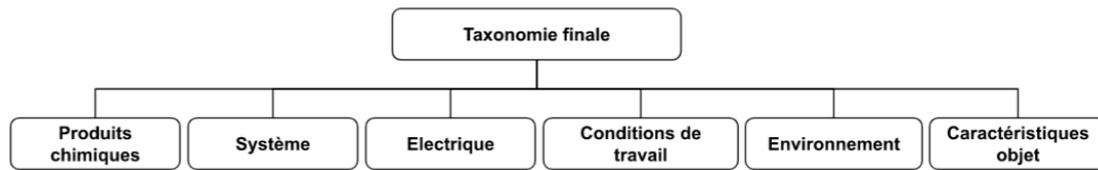


Figure 52 : La taxonomie finale.

La première catégorie est composée de 6 dangers et qui font référence aux caractéristiques des produits chimiques manipulés par les mécaniciens. (cf. Figure 53).

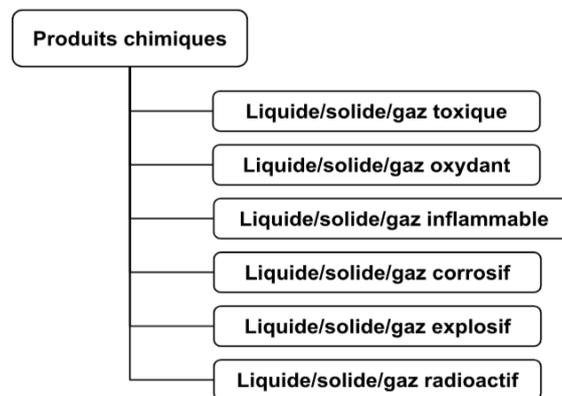


Figure 53 : Détail de la catégorie "Produits chimiques".

La deuxième catégorie, présentée figure 54, fait référence aux caractéristiques des systèmes avions ou de tout matériel utilisé par les mécaniciens.

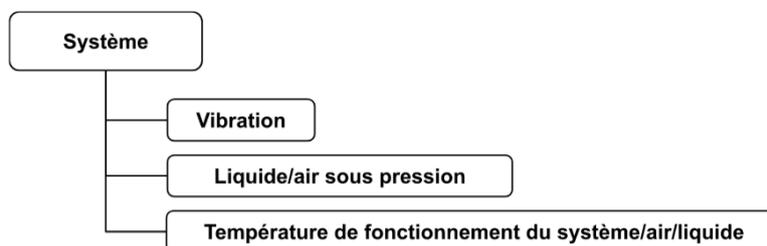


Figure 54 : Détail de la catégorie "Système".

La troisième catégorie fait référence aux dangers électriques des composants de l'avion ou de tout matériel manipulé par le mécanicien (cf. Figure 55).

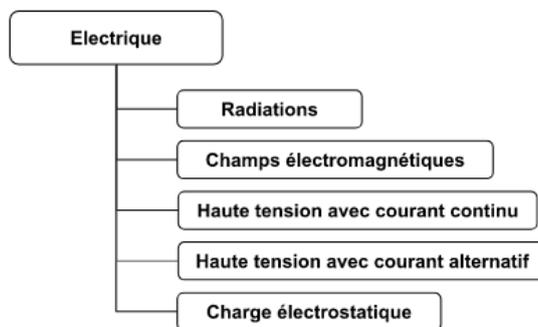


Figure 55 : Détail de la catégorie "Électrique".

La quatrième catégorie fait référence aux conditions de travail des mécaniciens et est composée de 5 dangers (cf. Figure 56)

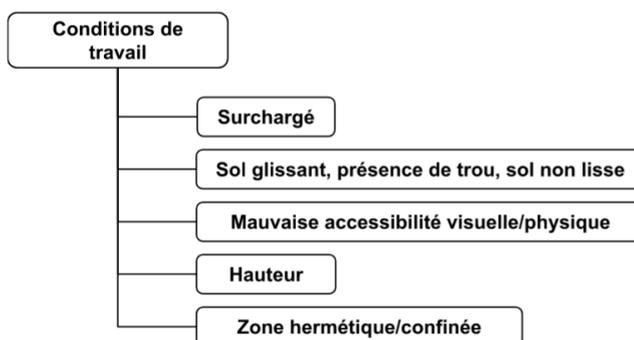


Figure 56 : Détail de la catégorie "Conditions de travail".

La cinquième catégorie est composée des dangers associés à l'environnement (cf. Figure 57)

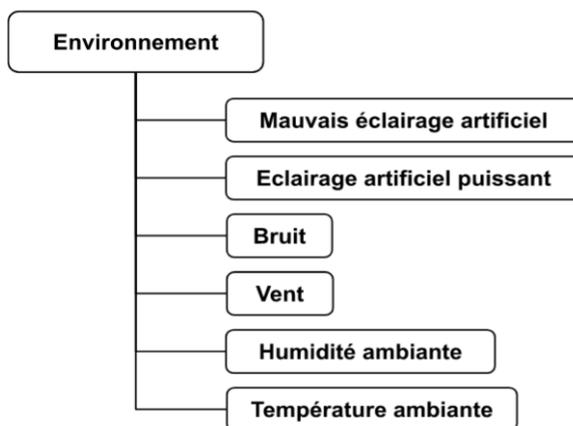


Figure 57 : Détail de la catégorie "Environnement".

La sixième catégorie visible sur la figure 58 est composée des dangers qui font référence aux caractéristiques intrinsèques des objets manipulés par les mécaniciens.

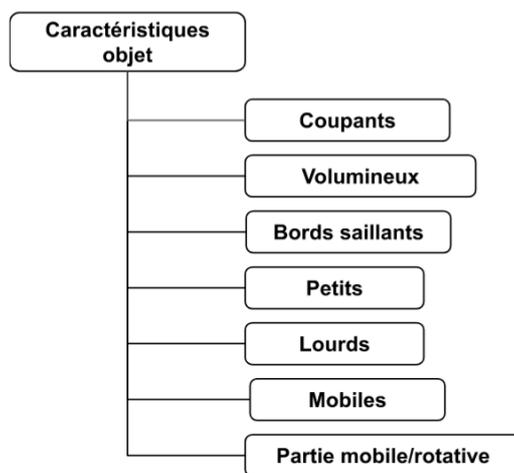


Figure 58 : Détail de la catégorie "Caractéristiques objet".

4. Discussion du chapitre II.2

L'objectif de créer une taxonomie des dangers qui soit représentative de la réalité de l'activité de maintenance a été rempli. En effet, en considérant le point de vue d'experts, nous avons pu vérifier l'exhaustivité et la véracité des dangers identifiés et des catégories créées dans notre proposition. De plus, nous avons pu étudier la manière dont les mécaniciens et les ingénieurs catégorisent les dangers inhérents aux activités de maintenance. Cela représente une approche originale en comparant la vision des deux populations qui sont impliquées dans l'activité de maintenance aéronautique, mais également nous permet d'apporter des premières réponses quant à la perception des risques par les mécaniciens.

4.1. Comparaison intra-groupe (mécaniciens et ingénieurs)

L'analyse intra-groupe indique que, tant parmi les mécaniciens que parmi les ingénieurs, des divergences existent dans la manière d'appréhender certains dangers, et que les difficultés rencontrées varient suivant le type de danger. Dans ce sens, Rahn et al., (2021) ont effectivement montré que, suivant le type de danger, la perception des risques était variable en fonction des populations. La diversité des situations de travail, liée notamment au contexte environnemental et organisationnel, impacte également la considération de certains dangers. Par exemple, concernant le danger "*Surchargé*", les mécaniciens travaillant sur avions commerciaux indiquent que ce danger est principalement lié à la venue de personnes extérieures (non mécaniciens, comme des invités ou des clients de l'entreprise qui font la visite des hangars). Alors que les mécaniciens travaillant sur avion d'affaire (beaucoup plus petits que les avions commerciaux) mentionnent que c'est un danger prégnant car l'espace peut vite être encombré lorsque deux mécaniciens sont amenés à travailler en même temps dans l'avion. Cela souligne l'importance de considérer le contexte opérationnel (tel que l'espace disponible, les contraintes physiques) lors de l'identification des dangers.

Il est également à noter qu'au cours des échanges avec les mécaniciens, certains d'entre eux ne pensent pas être concernés par certains dangers. Ce résultat a été également souligné par Jaiswal et al., (2020) qui ont montré que certains dangers comme "*Faible luminosité*" n'étaient pas perçus comme dérangeant pour l'activité par certains mécaniciens. Ainsi, il apparaît que la perception des risques liée à un danger spécifique peut varier d'un mécanicien à l'autre. Un premier élément d'explication pourrait être apporté par le sentiment de vulnérabilité. Plus précisément, la vulnérabilité décrit un état dans lequel une personne se sent susceptible d'être blessée et aura pour conséquence d'augmenter les comportements qui réduisent le risque de l'être (Adger, 2006). En d'autres termes, moins le sentiment de vulnérabilité est présent, moins la personne appliquera les mesures de sécurité. De même, Martínez-Fiestas et al., (2020) indiquent que le sentiment de vulnérabilité est une composante importante dans l'étude de la perception des risques et peut être approchée par la notion

de probabilité. A titre d'exemple, un mécanicien a indiqué craindre les hélices lorsqu'il travaille la nuit mais que ce n'est pas le cas quand il travaille le jour. Ainsi, le mécanicien se sent vulnérable par rapport au danger "*Objet mobile/rotatif*" mais uniquement dans le contexte spécifique qui est la nuit. Ce résultat souligne l'impact de l'environnement opérationnel sur la perception des risques pour un même danger.

Chez les ingénieurs, les résultats indiquent une moins grande homogénéité dans la manière de catégoriser les dangers. Ce résultat révèle une certaine subjectivité dans la perception des risques. Or, si l'importance accordée aux dangers varie suivant l'ingénieur, cela peut avoir un impact sur la manière dont celui-ci va considérer la sécurité lors de la conception de l'avion. Cependant, l'activité de conception fait l'objet d'un processus strictement encadré et complexe qui n'est pas de la responsabilité d'une seule personne. De plus, pour être en mesure de transcrire les occurrences de risques dans la documentation de maintenance, les constructeurs emploient un processus itératif permettant l'inclusion d'ingénieurs, d'ergonomes, de linguistes et des mécaniciens en Final Assembly Line (FAL) lors de tests de la procédure sur avion. Ceci a l'avantage d'être au plus près de la réalité de l'activité lors de la phase de conception et donc de permettre aux ingénieurs d'être plus au fait de l'impact de leurs décisions sur les opérations de maintenance. Ce processus permet par conséquent de limiter l'impact d'une décision individuelle concernant le traitement d'un danger. Cependant, nous pensons qu'il est essentiel que les mécaniciens et les ingénieurs partagent une représentation commune des dangers et des risques présents lors des activités de maintenance.

4.2. Comparaison inter-groupes (mécaniciens et ingénieurs)

L'analyse inter-groupe montre qu'il existe une certaine similarité dans la manière dont les mécaniciens et les ingénieurs se représentent le danger. Cela malgré les divergences en termes de formation. Ces résultats peuvent être en partie expliqués par le fait que, pour notre étude, les participants avaient à leur disposition une définition du danger qui a permis de réduire les interprétations et donc de favoriser l'homogénéité des résultats. Également, parmi les 10 ingénieurs, 3 possèdent une expérience en tant que mécanicien, ce qui a très certainement influencé la catégorisation effectuée par ces derniers. Cependant, les réponses des ingénieurs apparaissent moins homogènes pour ce qui concerne les groupements effectués (en comparaison aux mécaniciens). Ce résultat représente une limite de notre étude puisque cela nous a conduit à prendre des décisions concernant l'intégration de certains dangers à une catégorie plutôt qu'une autre. En effet, la part de similarité entre les taxonomies des ingénieurs et des mécaniciens a très certainement été influencée.

4.3. Comparaison avec notre taxonomie

La combinaison de notre taxonomie avec celle des participants a été effectuée dans le but d'obtenir une catégorisation des dangers qui prenne en compte trois représentations : la nôtre, celle des ingénieurs, et celle des mécaniciens. Les résultats indiquent que nous étions majoritairement en accord avec les participants en ce qui concerne les groupes de dangers. Cela traduit une certaine homogénéité entre la représentation des dangers que nous avons développée et celle des participants. Le principal désaccord concerne l'inclusion de "*Avion déséquilibré*" et "*Configuration de système différent*" que nous avons considéré comme étant des dangers. En effet, certains participants ont indiqué que ces deux dangers font référence à des situations de travail trop spécifiques qui ne représentent pas un danger mais plutôt un manque de connaissance ou une erreur du mécanicien (car tout est indiqué dans la documentation). Les participants justifient ce point de vue en mentionnant que, même s'il existe des conséquences, celles-ci ne concernent que la navigabilité de l'avion et non le mécanicien. C'est pourquoi, nous avons fait le choix de les enlever de la taxonomie.

De façon générale, les désaccords concernent principalement le nombre et l'intitulé des catégories. En effet, notre taxonomie était composée de 4 catégories alors que celle des participants était composée de 6 catégories. Ce résultat démontre que les mécaniciens et ingénieurs étaient plus précis que nous dans leur catégorisation du fait de leur meilleure connaissance du terrain. Par exemple, nous avons choisi de créer une catégorie supplémentaire intitulée "*Électrique*" car cela permettait d'ajouter de la précision et de l'affordance à la taxonomie des dangers.

Par ailleurs, la validité de la taxonomie que nous avons créée constitue un point essentiel. En effet, elle doit répondre aux cinq critères énoncés par Szopinski et al., (2020) : Concision, robustesse, compréhension, extensibilité et explicatif. Plus précisément, les auteurs mentionnent que la taxonomie doit être composée de 7, plus ou moins deux catégories pour être considérée comme concise. Notre taxonomie en possède 6. La robustesse mesure le fait que les catégories puissent différencier les dangers entre eux. Pour cela, l'intitulé des catégories doit être suffisamment affordant pour qu'un ingénieur ou un mécanicien puisse simplement en lisant l'intitulé deviner à quelle catégorie un danger peut être attribué. Il est difficile de tester ce point sans réaliser une expérimentation même si les intitulés ont été construits à partir des résultats des participants. Ce critère rejoint, de notre point de vue, le critère "explicatif" qui indique que l'intitulé des catégories doit expliquer le contenu pour éviter toute confusion. Une définition de chaque catégorie pourra être ajoutée afin d'expliciter le contenu attendu. En effet, nous pensons que certaines catégories ne sont pas suffisamment explicites dans leur intitulé. Par exemple, les catégories "*Conditions de travail*" et "*Environnement*" peuvent être confuses car on peut considérer que les conditions de travail incluent les caractéristiques de l'environnement. Pour finir, l'analyse des dangers étant un processus dynamique (Basu, 2017) notre taxonomie se devra de laisser la place à une potentielle extension (qui est le critère "extensibilité")

(Szopinski et al., 2020)). Nous considérons cette taxonomie comme modifiable car à la vue de l'arrivée des nouvelles technologies, de nouveaux dangers émergeront et pourront faire l'objet de catégories différentes. Néanmoins, nous pensons, à ce stade, que la taxonomie est suffisamment mature pour être employée dans notre étude de la perception des risques.

4.4. Conception du danger par les participants

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les participants, ingénieurs et mécaniciens confondus, ont une vision du danger en partie en accord avec la définition que propose l'INRS qui est "Le **danger** est la propriété intrinsèque d'un produit, d'un équipement, d'une situation susceptible de causer un dommage à l'intégrité mentale ou physique du salarié" (Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023). Plus précisément, certains participants semblent omettre le fait que le danger soit quelque chose d'intrinsèque à un produit, équipement, etc. Ils indiquent ne pas concevoir un danger comme tel du fait de l'absence de conséquences perçues ou la présence de barrières permettant de réduire les risques associés. Cependant, par définition, un danger existe indépendamment de toute interaction et c'est lorsqu'un danger est expérimenté que le risque apparaît (Wilson et al., 2019). Ainsi, ce n'est pas parce que les conséquences liées à l'exposition à un danger sont réduites que le danger n'existe pas. Par conséquent, il est important que tant les ingénieurs que les mécaniciens comprennent cette distinction pour être en mesure d'avoir une représentation homogène des dangers présents lors des activités de maintenance. De plus, d'après les verbatims, nous pouvons indiquer que les mécaniciens ont tendance à aborder le danger par le biais des conséquences. Par exemple, certains participants ont mentionné avoir catégorisé les dangers suivant une perspective temporelle ou de perception : conséquences à court ou long terme, directes ou indirectes, perceptibles ou non, etc. Cela souligne l'importance de considérer la diversité des types de conséquences dans l'identification des dangers mais aussi dans l'étude de la perception des risques, comme l'ont fait Lichtenstein et al., (1978) dans leur étude sur le paradigme psychométrique. De plus, par définition, un danger est dirigé vers les conséquences (Évaluation des risques professionnels. Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023). C'est une menace pour l'individu (Slovic et al., 1985). De ce fait, les connaissances concernant les conséquences potentielles lors de l'exposition à un danger semblent pertinentes pour expliquer une part significative de la perception des risques.

Les verbatims nous indiquent également la prise en compte des barrières de sécurité dans la considération d'un danger. Par exemple, un mécanicien a indiqué que le danger "*Petit objet*" n'était pas un danger car lorsqu'un petit objet est présent dans l'avion, le mécanicien le cherche jusqu'à que celui-ci soit retrouvé (dans le cas où il l'a auparavant égaré). Ainsi, de son point de vue, l'application des mesures de sécurité rend le risque perçu presque nul et donc le danger inexistant. En effet, comme

nous avons pu le voir dans la partie 1, les mesures de sécurité ont pour objectif de réduire le risque à un niveau acceptable (ICAO, 2018). Dans ce sens, une étude mentionne que les dangers qui sont associés à une perception des risques faible (probabilité et sévérité) ont plus tendance à être associés à une non-conformité des travailleurs aux règles de sécurité (Diaz & Resnick, 2000). En d'autres termes, le mécanicien qui jugera un risque peu probable et peu sévère, n'appliquera pas de mesure de sécurité. Ainsi, la mise en place de mesures de sécurité aurait pour effet de réduire la perception des risques. Cependant, dans ce cas également, la présence de barrières de sécurité ne permet pas de supprimer le danger mais de réduire les risques. Ce résultat a été également identifié chez les ingénieurs avec, par exemple, l'un d'entre eux qui a indiqué que les dangers pour lesquels des barrières de sécurité étaient implémentées n'existaient pas. De ce fait, il semble exister une confusion entre la notion de danger et de risque, comme mentionné précédemment.

Conclusion et recommandations de la partie II

Cette étude représente un travail préliminaire dont l'objectif était de proposer une taxonomie des dangers représentative de la réalité de l'activité de maintenance aéronautique. Il constitue une étape indispensable dans l'étude de la perception du risque. Les résultats ont pu mettre en avant que les ingénieurs et les mécaniciens catégorisent les dangers de manière assez similaire. Cependant, ces résultats sont à modérer car le manque d'homogénéité et la place de l'interprétation dans l'analyse des dendrogrammes a très certainement impacté la création des taxonomies. Nous avons également mis en avant l'importance tant pour les ingénieurs que les mécaniciens d'avoir une vision claire de la notion de danger en comparaison avec celle du risque. En effet, nous avons remarqué que la confusion impactait la manière dont les participants catégorisent les dangers. De même, nous avons identifié que certains participants se focalisent sur la mise en place de barrières de sécurité ce qui impactait la manière dont ils concevaient le danger. Cependant, les résultats nous ont permis de valider la représentativité de la liste de dangers que nous proposons. La comparaison de la taxonomie des participants avec la nôtre a permis de créer une catégorisation qui répond aux besoins de notre étude. Mais aussi qui permettrait de faciliter l'identification des dangers en maintenance aéronautique et donc de faciliter l'implémentation d'un management de la sécurité tel que décrit dans le SMM (ICAO, 2018). En effet, nous pensons que ce genre d'outils pourrait être utilisé durant la phase de conception pour identifier les dangers tout en réduisant la part de subjectivité.

Pour ces raisons, la première recommandation que nous pouvons émettre est la suivante : "S'assurer que les ingénieurs et les mécaniciens partagent une définition commune du risque, du danger et des barrières de sécurité". Cela peut être effectué par le biais des formations initiales et continues. En effet, nous pensons que la compréhension des concepts permettra aux deux populations de mieux répondre aux exigences en matière de gestion de la sécurité, notamment lorsqu'il s'agit de demander aux ingénieurs d'identifier des dangers durant la conception ou aux mécaniciens de faire remonter des dangers identifiés durant l'activité.

Partie III : Etude de la perception des risques par les mécaniciens aéronautiques

A cette étape, nous possédons une vision plus claire des dangers auxquels sont exposés les mécaniciens aéronautiques et des risques pour leur santé et/ou la navigabilité de l'avion. L'étape suivante consiste à étudier la perception des risques à travers trois questions de recherche :

- **Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques du risque (probabilité, sévérité, immédiateté) ?**
- **Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?**
- **Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?**

Ces questions seront traitées par étape dans l'objectif d'aboutir à la formulation de recommandations visant à l'amélioration de la sécurité lors des opérations de maintenance. Cependant, parce que l'étude de la perception des risques doit être adaptée au domaine de la maintenance aéronautique. Nous décrirons, dans le chapitre III.1, la construction d'un modèle qui sera dans le chapitre III.2 confronté à 27 mécaniciens aéronautiques. Finalement, nous présenterons et discuterons des résultats afin d'établir des recommandations.

Chapitre III.1 : Création d'un modèle de la perception adapté au domaine d'étude

1. Introduction

Comme nous l'avons vu précédemment, les mécaniciens aéronautiques sont exposés à des dangers de nature différente qui peuvent impacter tant la santé du professionnel que la navigabilité de l'avion. De plus, nous avons vu que les réglementations assurent que les mécaniciens possèdent les connaissances et compétences (qui sont maintenues à travers la formation continue), que les organismes de maintenance disposent des ressources matérielles et humaines nécessaires au maintien de la sécurité et qu'ils implémentent une gestion de la sécurité proactive et continue. En d'autres termes, le mécanicien possède tous les éléments dont il a besoin pour assurer la sécurité lors des opérations. Il n'est pas supposé évaluer ou juger les risques, ni supposé faire de compromis entre sa santé et la navigabilité de l'avion. Le mécanicien doit suivre la procédure de maintenance, prendre connaissance des risques qui sont communiqués à travers les *warnings* et *cautions*. Il doit ensuite appliquer les mesures de sécurité exigées en conséquence. Cela souligne le fait qu'en maintenance aéronautique, la sécurité est principalement considérée du point de vue réglée³ et non gérée⁴ (Amalberti, 2013, p. 78). Cependant, la sécurité dite "réglée" ne considère pas la manière dont un mécanicien gère les risques pour sa santé et pour la navigabilité de l'avion durant son activité quotidienne. En effet, nous avons vu au cours de la phase de validation de la taxonomie que les mécaniciens établissent des jugements quant à la présence ou non de dangers. De ce fait, nous pensons que l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques est une composante essentielle à la compréhension de la sécurité gérée. Toutefois, cette perception du risque est un concept subjectif (Orasanu et al., 2002) et multidimensionnel, influencé par de nombreux facteurs socio culturels, individuels, cognitifs, affectifs, etc. (Slovic, 2000) qu'il faudra examiner sous l'angle du domaine de la maintenance aéronautique.

³ La sécurité réglée permet "d'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).

⁴ La sécurité gérée est la "capacité d'anticiper, de percevoir et de répondre aux défaillances imprévues par l'organisation. Elle 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." (Daniellou et al., 2010)

2. Méthode

La construction d'un modèle de la perception des risques représentatif de la réalité de l'activité de maintenance aéronautique a nécessité quatre étapes :

- **Étape 1** : Définir chaque concept mentionné dans le modèle de la perception des risques issu de la revue de littérature (cf. Figure 59).
- **Étape 2** : Sélectionner les concepts qui permettent l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.
- **Étape 3** : Faire la distinction entre mesure de la perception des risques et facteurs explicatifs.
- **Étape 4** : Considérer la taxonomie des dangers à travers la notion d'exposition au danger.

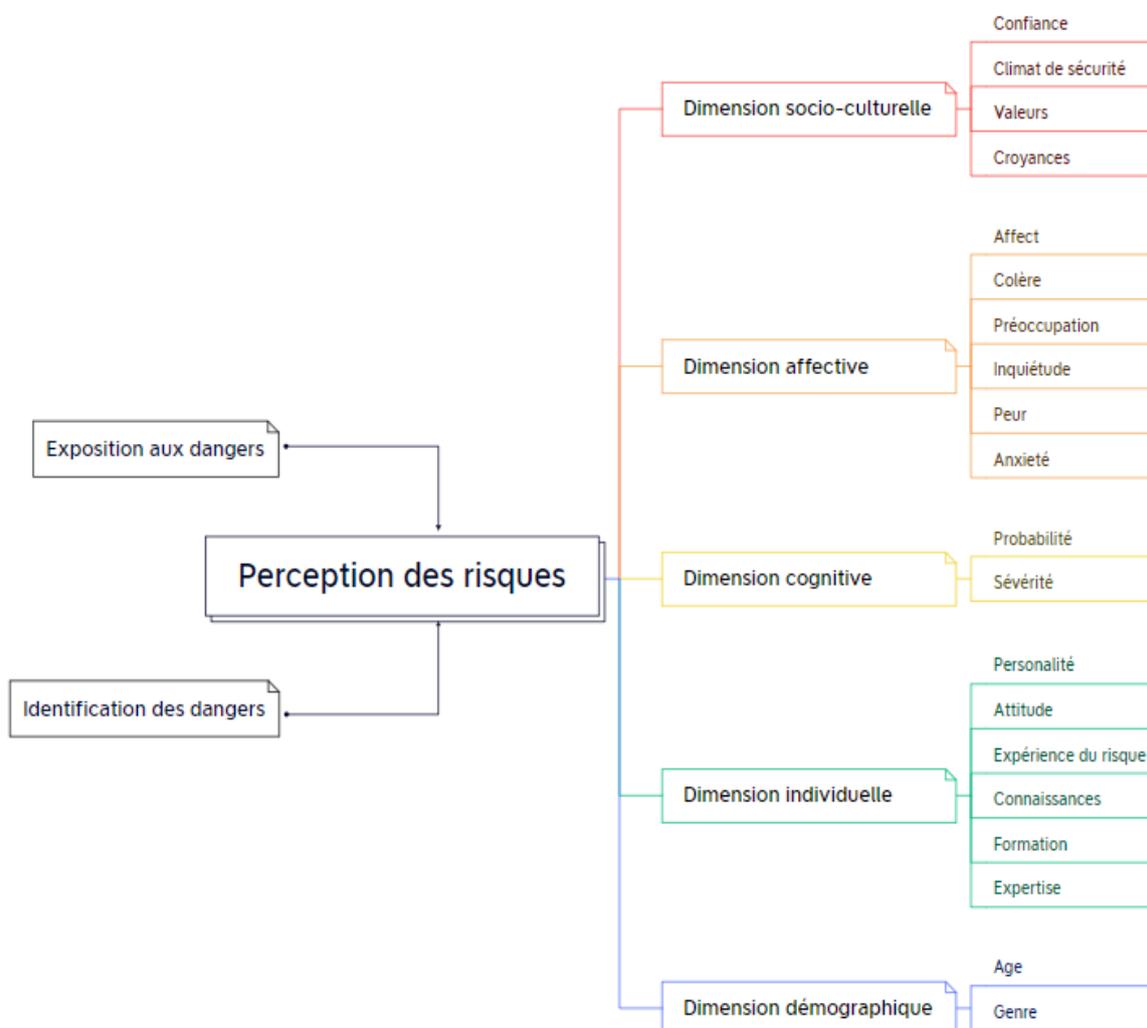


Figure 59 : : Modèle de la perception des risques issu de la littérature.

Étape 1 : Définir chaque concept mentionné dans le modèle de la perception des risques issu de la revue de littérature.

Pour être considéré dans notre étude, chaque concept devait être défini sur la base de la revue de la littérature énumérée dans le cadre théorique de la Partie I du présent document.

Tableau 11 : Définition des concepts pour l'étude de la perception des risques en maintenance aéronautique.

Facteurs	Définition
Probabilité	La probabilité perçue qu'un risque ait des conséquences sur la santé du mécanicien et/ou sur la navigabilité de l'avion.
Sévérité	La sévérité perçue qu'un risque ait des conséquences sur la santé du mécanicien et/ou sur la navigabilité de l'avion.
Personnalité	La personnalité du mécanicien telle que mesurée par "The big five inventory" (Goldberg, 1981) (voir Partie I, Chapitre I.3).
Attitude	La tendance d'aversion au risque ou bien de prise de risque du mécanicien (Dobbie & Brown, 2014).
Expérience du risque	L'expérience personnelle passée et négative (incident, accident) du mécanicien lié à un danger spécifique.
Connaissances	Les connaissances que possède le mécanicien concernant les dangers présents dans la tâche, les mesures de sécurité à appliquer pour garantir la sécurité et les conséquences pour sa santé et/ou pour la navigabilité de l'avion.
Formation	La formation initiale et la formation continue reçue.
Expertise	L'expertise globale (années d'expérience, la licence aéronautique, etc.) L'expertise sur une tâche spécifique (fréquence de réalisation par exemple).
Genre	Le genre du mécanicien.
Âge	L'âge du mécanicien.
Anxiété	Le niveau d'anxiété qui est la réponse viscérale à une situation (Kummeneje & Rundmo, 2020)) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien.
Peur	Le niveau de peur qui est la réponse viscérale à une situation (Kummeneje & Rundmo, 2020)) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien.
Inquiétude	Le niveau d'inquiétude qui est la réponse viscérale à une situation (Kummeneje & Rundmo, 2020)) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien.
Préoccupation	Le niveau de préoccupation qui est la réponse viscérale à une situation (Kummeneje & Rundmo, 2020)) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien.
Colère	Le niveau de colère qui est la réponse viscérale à une situation (Kummeneje & Rundmo, 2020)) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien.
L'affect	La réponse affective (positive, négative ou neutre) que génère l'exposition à un danger chez le mécanicien (Finucane et al., 2000).

Facteurs	Définition
Les croyances	Les croyances que le mécanicien possède concernant le rôle des acteurs décrits dans le chapitre 2 de la partie 1 en ce qui concerne le maintien de la sécurité lors des activités de maintenance aéronautique.
Les valeurs	Les valeurs que le mécanicien possède concernant le maintien de sa santé et de la navigabilité de l'avion durant son activité.
Climat de sécurité	La perception de la culture de la sécurité par le mécanicien dans son entreprise (Fleming et al., 2018).
La confiance	La confiance que le mécanicien possède concernant le rôle des acteurs décrits dans le chapitre 1.2 de la partie I dans le maintien de la sécurité lors des activités de maintenance aéronautique.

Étape 2 : Sélectionner les concepts qui permettent l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

La construction du modèle a été effectuée par l'emploi d'une méthode d'analyse multicritères telle que décrite par Saaty (1987). Elle se découpe en quatre étapes :

- Étape 2.1 : Définition de critères pour la sélection des concepts.
- Étape 2.2 : Création d'un système de pondération afin de prioriser l'importance de chaque critère.
- Étape 2.3 : Évaluation de chaque concept sur les trois critères.
- Étape 2.4 : Sélection des concepts qui seront retenus dans le modèle de la perception des risques adapté au domaine d'étude.

Étape 2.1 : Définition des critères pour la sélection des concepts

Les critères utilisés pour la sélection des concepts sont :

- **C1 : "Applicabilité en maintenance aéronautique"** qui permet d'identifier si le concept en lui-même et la formulation des recommandations sont applicables au domaine de la maintenance aéronautique. Chaque concept est évalué à l'aide de la question : "Le concept est-il applicable au domaine de la maintenance aéronautique ?" sur une échelle de Likert à 5 points de 1 (Pas du tout d'accord) à 5 (Extrêmement d'accord).
- **C2 : "Importance du concept dans la littérature"** qui permet d'identifier s'il existe un consensus dans la littérature concernant l'influence du concept sur la perception des risques. Chaque concept est évalué à l'aide de la question : "le concept est-il important à considérer d'après la littérature ?" sur une échelle de Likert à 5 points de 1 (Pas du tout d'accord) à 5 (Extrêmement d'accord).

- **C3 : “Facilité de mesure”** qui permet d’identifier si un concept est facilement mesurable (complexité et nombre de questions nécessaires). Plus le questionnaire sera long et complexe, plus la durée du questionnaire sera élevée et plus il sera difficile d’avoir accès à des mécaniciens aéronautiques. L’objectif est de répondre à la question : “le concept est-il facilement mesurable ?” sur une échelle de Likert à 5 points de 1 (Pas du tout d’accord) à 5 (Extrêmement d’accord).

Etape 2.2 : Création d’un système de pondération

L’étape suivante consiste à pondérer l’importance de chaque critère. En effet, nous souhaitons en priorité sélectionner des concepts qui sont applicables au domaine d’étude (critère C1). Ensuite, il ne s’agit pas de considérer des facteurs pour lesquels il n’existe pas de consensus concernant leur importance vis-à-vis de la perception des risques (critère C2). Concernant C3 “Facilité de mesure”, celui-ci est apparu de moindre mesure par rapport aux deux autres critères. Ainsi, il est préférable de sélectionner des concepts qui ont une forte applicabilité en maintenance aéronautique et pour lesquels il existe déjà un consensus dans la littérature plutôt que de sélectionner un concept uniquement en raison du fait que celui-ci est facilement mesurable.

Afin de mettre en avant ces niveaux d’importance, nous avons suivi la méthodologie que propose Saaty (1987). Cette méthode permet de calculer le poids des critères préalablement définis en utilisant une matrice de comparaison qui associe un score entre 1 et 9 en fonction de l’importance d’un critère par rapport à un autre (cf. Tableau 12).

Tableau 12 : Niveau d’importance (Saaty, 1987).

Intensité de l’importance	Définition
1	Importance égale
3	Un peu plus d’importance
5	Forte importance
7	Très forte importance
9	Extrême importance

Le tableau 12 permet de construire la matrice de comparaison des critères présentée dans le tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13 : Matrice de comparaison des critères (C1 : Applicabilité à la maintenance aéronautique ; C2 : Importance dans la littérature ; C3 : Facilité de mesure).

	C1	C2	C3
C1	1	3	7
C2	1/3	1	5
C3	1/7	1/5	1

D'après le tableau 13, le critère C1 ("Applicabilité en maintenance aéronautique") possède un peu plus d'importance que le critère C2 ("Importance du facteur dans la littérature") car même si la perception des risques doit être applicable au domaine d'étude, il est également important de considérer les résultats de la littérature. Le critère C1 possède, néanmoins, une importance forte par rapport à C3 ("Facilité de mesure") car l'applicabilité du concept dans le domaine de la maintenance a une importance plus élevée par rapport à la facilité de sa mesure. Le maximum (extrême importance) n'a pas été pris en compte car il faut que notre étude soit réalisable dans une durée raisonnable.

Une fois que la matrice de comparaison a été construite, celle-ci devait être normalisée. Ainsi, chaque entrée de la matrice a été divisée par le total de la colonne correspondante. (Cf. tableau 14).

Tableau 14 : Matrice de comparaison normalisée.

Critères	C1	C2	C3	Total
C1	0,68	0,71	0,54	1,93
C2	0,23	0,24	0,38	0,85
C3	0,10	0,05	0,08	0,22

Le poids de chaque critère correspond à la somme de chaque ligne de la matrice normalisée (cf. Tableau 14, colonne "Total") divisé par le nombre de critères. Cela nous amène à avoir les poids suivants : Poids C1 ($PC1$) = $1.93/3 = 0.64$, Poids C2 ($PC2$) = $0.85/3 = 0.28$, Poids C3 ($PC3$) = $0.22/3 = 0.07$.

L'étape suivante consiste à calculer le ratio de cohérence R qui évalue la cohérence de nos jugements effectués pour obtenir les poids des critères. La formule est la suivante : $R = \text{Indice de cohérence } (I) / \text{Cohérence aléatoire } (C)$, avec $I = (\text{Cohérence moyenne} - \text{Nombre de critère}) / (\text{Nombre de critère} - 1)$ et " C " qui est égale à 0.58 car nous avons trois critères. A noter que la cohérence aléatoire est issue d'un tableau fourni par Saaty (1987) qui, en fonction du nombre de critère utilisé, donne la cohérence aléatoire.

Concernant l'indice de cohérence " I ", la cohérence moyenne est obtenue en réalisant une matrice où chaque cellule est la multiplication de l'indice de comparaison (cf. Tableau 13) par le poids du critère correspondant. Une fois cela effectué, la somme de chaque ligne est calculée (cf. Tableau 15).

Tableau 15 : Matrice de calcul de la cohérence moyenne.

Critères	C1	C2	C3	Somme
C1	$1 * 0.64 = 0,64$	0,85	0,52	2,01
C2	0,21	0,28	0,37	0,87
C3	0,09	0,06	0,07	0,22

La dernière étape consiste en le calcul d'une cohérence par critère qui correspond à la division de la somme de chaque ligne du tableau 15 par le poids du critère correspondant. La cohérence moyenne est la moyenne des cohérences des trois critères. Ainsi, l'indice de cohérence est $I = (3.07 - 3) / 2 = 0.03$.

Le ratio de cohérence R est ainsi égale à $R = 0.03 / 0.58 = 0.06 < 10\%$. Cela signifie que l'appréciation des poids est jugée cohérente en référence à Saaty (1987). En effet, d'après Saaty (1987), il est nécessaire que le ratio de cohérence " R " soit inférieur à 10% (0.1) pour que l'appréciation soit jugée cohérente.

Etape 2.3 : Evaluation de chaque concept sur les trois critères

Une fois les poids calculés, chaque concept a été évalué selon les trois critères et à l'aide d'une échelle de Likert à 5 points : 1 (Pas du tout d'accord), 2 (Pas d'accord), 3 (Ni d'accord ni pas d'accord), 4 (D'accord) et 5 (Extrêmement d'accord) (cf. Tableau 16). Afin d'expliquer le choix d'attribution des scores à chaque concept, trois colonnes (Justification C1, C2 et C3) ont été ajoutées sur le tableau 16.

Tableau 16 : Scores SC1, SC2, SC3 et justifications de chaque concept pour chaque critère. C1 : Applicabilité en maintenance aéronautique, C2 : Importance du facteur dans la littérature, C3 : Facilité de mesure. Les concepts ont été classés par ordre décroissant en fonction des scores (allant de 1: "Pas du tout d'accord" à 5: "Extrêmement d'accord") sur les trois critères.

Facteur	SC1	Justification C1	SC2	Justification C2	SC3	Justification C3
Sévérité	5	Les mécaniciens font face à des événements ayant différents niveaux de sévérité.	5	Est une composante du risque et meilleur prédicteur que la probabilité sur la variation de la perception des risques.	5	Une question suffit.
Formation	5	Les mécaniciens ont une formation stricte (initiale et continue) en matière de sécurité, formation qui apporte les connaissances nécessaires.	5	Apparaît comme crucial pour la perception des risques.	4	Questions simples mais diversité des profils de mécanicien à prendre en compte.
Connaissances	5		4	Les résultats dépendent du type de connaissances mais ont tendance à avoir une corrélation significative.	3	La facilité de mesure dépend du type de connaissance étudié.
Expertise	5	Les mécaniciens ont différents niveaux d'expertise qui peuvent impacter la perception des risques.	3	Les études montrent une influence mais il existe une grande variabilité auprès des experts dans la perception des risques.	4	Nombre de questions variables mais simples.
Attitude	5	L'attitude est une composante essentielle de la culture de sécurité.	2	Apparaît comme un meilleur prédicteur du comportement de la perception des risques.	2	Long questionnaire et pas de consensus sur la définition et la mesure.
Probabilité	4	Les risques pour la santé et la navigabilité de l'avion sont plus ou moins incertains.	4	Extrêmement utilisée mais principalement comme mesure de la perception des risques.	5	Une question suffit.
Expérience du risque	4	L'expérience des risques fait partie de l'activité même si peu d'accidents/incidents.	4	Les études montrent une influence mais doit être associée à la sévérité.	4	Quelques questions

Facteur	SC1	Justification C1	SC2	Justification C2	SC3	Justification C3
Climat de sécurité	4	Est une notion importante en lien avec la culture de sécurité.	4	Résultats significatifs et apparaît comme un facteur important pour l'étude de la perception des risques. Définition complexe.	1	Long questionnaire.
Confiance	4	Applicable mais sujet un peu délicat car touche à la culture d'une entreprise.	3	Apparaît comme étant un bon prédicteur de la perception des risques. Manque de consensus.	2	Notion complexe qui peut être difficile à étudier.
Affect	3	Difficile d'établir des recommandations concernant l'affect mais applicable au domaine de la maintenance. Peut soulever des problèmes éthiques.	5	Semble être un prédicteur important de la perception des risques individuels.	5	Une question suffit.
Valeurs	3	Notion importante pour la culture de sécurité mais peut-être difficile d'établir des recommandations.	4	Semble être plus étudiée que les croyances mais difficile de trouver des résultats. Influence forte d'après certains auteurs.	1	Le manque de consensus et d'études rendent l'évaluation difficile. Les définitions ne sont pas claires.
Peur	3	Difficile d'établir des recommandations concernant les émotions mais applicable au domaine de la maintenance. Peut soulever des problèmes éthiques.	4	Pas beaucoup d'études mais influence la peur. Est l'émotion qui explique le plus la variance de la perception des risques.	5	Une question suffit.
Anxiété	3		3	Influence de l'anxiété comme un trait mais sinon résultats peu nombreux et manque de consensus.	5	Une question suffit.
Colère	3		2	Influence mais comme trait de personnalité et peu d'étude.	5	Une question suffit.
Inquiétude	3		1	Apparaît comme étant un meilleur prédicteur du comportement. Corrélation avec la perception des risques faible.	5	Une question suffit.

Facteur	SC1	Justification C1	SC2	Justification C2	SC3	Justification C3
Préoccupation	3		1	Pas de consensus sur la mesure et confusion avec la notion "worry" qui signifie "inquiétude".	5	Une question suffit.
Croyances	3	Applicable mais peut-être difficile à définir et à établir des recommandations.	2	Les croyances sont importantes pour la perception des risques. Trop peu de recherches.	2	Le manque de consensus et d'études rendent l'évaluation difficile. Les définitions ne sont pas claires.
Âge	2	Pris seul, l'âge ne signifie pas grand-chose.	3	Le genre et l'âge ont beaucoup été étudiés mais pas de consensus.	5	Une question suffit.
Genre	1	Il n'y a pas assez de femmes pour avoir des résultats interprétables.	3		5	Une question suffit.
Personnalité	1	Facteur pertinent mais établir des recommandations semble difficile.	2	Résultats en faveur de l'influence mais faible.	1	Long questionnaire.

Etape 2.4 : Sélection des concepts

Afin de sélectionner les concepts, un classement a été effectué en fonction du score total "ST" pour chaque concept "i" nommé "STi". Chaque STi est la somme des scores du concept "i" pour chaque critère (SC1, SC2, SC3) pondéré des poids des critères. Cela donne la formule suivante : $STi = 0.64*SC1i + 0.28*SC2i + 0.07*SC3i$. Ce score a permis d'établir un premier classement et d'identifier les concepts qui apparaissent comme étant les plus pertinents à considérer pour l'étude de la perception du risque par les mécaniciens aéronautiques (cf. Tableau 17). Ainsi, nous avons choisi de ne considérer que les 6 premiers concepts qui sont, de notre point de vue, ceux qui sont les plus applicables au domaine de la maintenance aéronautique. Également, à partir du n°7 "Attitude", même si ceux sont des concepts qui peuvent être pertinents pour l'étude de la perception des risques par les mécaniciens aéronautiques, comme par exemple, l'attitude du mécanicien vis-à-vis de la sécurité ou encore la perception de la culture de la sécurité ("Climat de sécurité"). Ces concepts sont complexes et il ne semble pas exister de consensus sur leur définition ou leur mesure. De plus, nous pensons que les 6 premiers concepts peuvent nous permettre d'obtenir une première représentation de ce qu'est la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Pour ces raisons, nous avons sélectionné les 6 premiers facteurs (ligne verte sur le tableau 17).

Tableau 17 : Classement des concepts en fonction du score final (ST).

Classement	Facteurs	Score total
1	Sévérité	5,00
2	Formation	4,93
3	Connaissance	4,57
4	Expertise	4,36
5	Probabilité	4,07
6	Expérience du risque	4,00
7	Attitude	3,93
8	Climat de sécurité	3,78
9	Affect	3,71
10	Confiance	3,57
11	Peur	3,43
12	Anxiété	3,15
13	Valeurs	3,14
14	Colère	2,86
15	Croyance	2,64
16	Inquiétude	2,58
17	Préoccupation	2,58
18	Âge	2,50
19	Genre	1,86
20	Personnalité	1,28

Les 6 concepts retenus peuvent être regroupés en deux dimensions comme présenté la Figure 60.

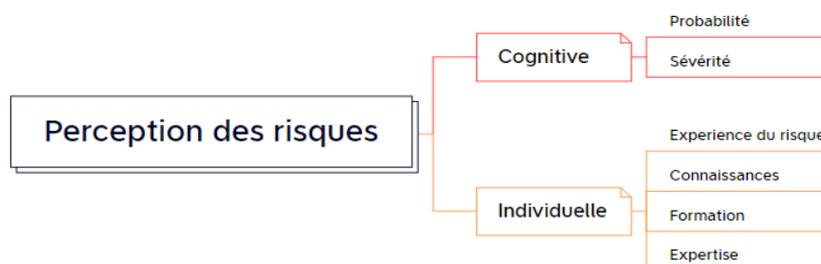


Figure 60 : Modèle retenu de la perception des risques.

Étape 3 : Faire la distinction entre mesure de la perception des risques et facteurs explicatifs.

Les concepts étant sélectionnés, nous allons identifier ceux qui seront utilisés pour la mesure de la perception des risques et ceux qui seront utilisés comme facteur explicatif. Pour ce faire, reprenons le paradigme psychométrique qui présente neuf caractéristiques du risque pour évaluer la perception des risques d'individus (Lichtenstein et al., 1978). Ces caractéristiques sont :

- **“Voluntariness”** : évalue le degré auquel les participants s'exposent de manière volontaire au danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1 = volontairement à 7 = involontairement).
- **“Knowledge about risk”** : évalue le degré auquel le participant pense connaître le danger auquel il est exposé sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= Connu précisément à 7 = Pas connu)
- **“Scientific knowledge”** : évalue le degré auquel le participant pense que la science connaît ce danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “Connu précisément” à 7 = “Pas connu”)
- **“Control over risk”** : évalue le degré auquel le participant pense qu'il possède les compétences pour éviter la mort quand exposé au danger, sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “uncontrollable” à 7= “controllable”)
- **“Newness”** : évalue le degré auquel le participant pense que le danger est nouveau, familier pour lui, sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “nouveau” à 7 = “ancien”).
- **“Chronic-catastrophic”** : évalue le degré auquel le participant pense que l'unique exposition au danger peut tuer un nombre important de personnes l'une après l'autre (risque chronique) ou bien que l'exposition puisse tuer un nombre important de personnes en une fois (risque catastrophique). Cela sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “chronique” à 7= “catastrophique”)
- **“Common-dread”** évalue le degré auquel le participant pense que le danger est plutôt commun ou bien qu'il soit craint par la population sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “commun” à 7= “craint”)
- **“Severity of consequences”** évalue le degré auquel le participant pense que les conséquences peuvent être fatale si exposé au danger sur une échelle de Likert à 7 points (de 1= “certain de ne pas être fatal” à 7= “certain d'être fatal”)
- **“Immediacy of effect”** évalue le degré auquel le participant pense que le risque de mort est immédiat sur une échelle de Likert à 7 points (1 = “immédiat” ; 7 = “delayed”)

Cependant, afin de savoir quelles sont les caractéristiques du risque qui peuvent être considérées pour notre étude, trois questionnements sont envisagés :

- Est-ce que la caractéristique est une composante de la définition classique du risque (combinaison de la probabilité et de la sévérité) ?

- Est-ce que la caractéristique est applicable au domaine de la maintenance aéronautique ?
- Est-ce que la caractéristique est déjà considérée dans notre modèle ?

Le tableau 18 présente les réponses.

Tableau 18 : Sélection des caractéristiques du risque.

Caractéristiques du risque	Est-ce que la caractéristique est une composante du risque ?	Est-elle applicable au domaine de la maintenance aéronautique ?	Est-elle déjà considérée dans notre modèle ?
Voluntariness	NON	OUI Les mécaniciens n'ont pas le choix que d'être exposés aux dangers présents lors de l'activité de maintenance.	NON
Knowledge about risk	NON	OUI Les connaissances des mécaniciens sont essentielles au maintien de la sécurité	OUI
Scientific knowledge	NON	OUI Les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens sont connus.	NON
Control over risk	NON	OUI Fait référence à la capacité perçue d'un mécanicien à contrôler les risques.	NON
Newness	NON	NON Les dangers auxquels sont exposés les mécaniciens ne sont pas supposés être nouveaux.	NON
Chronic-catastrophic	OUI Fait référence à la sévérité des conséquences.	OUI L'exposition au danger peut entraîner différents types de conséquences tant humaines que matérielles.	OUI
Common-dread	NON	OUI Le mécanicien peut craindre certains dangers plus que d'autres.	NON
Severity of consequences	OUI Fait référence à la sévérité des conséquences	OUI La sévérité des conséquences varie suivant le danger.	OUI
Immediacy of effect	NON	OUI L'imédiateté des conséquences varie suivant le danger.	NON

Sur la base de cette analyse, nous avons choisi de garder les caractéristiques du risque suivantes : “Sévérité des conséquences” et “ Immédiateté des effets” car ceux sont, de notre point de vue, les deux seules caractéristiques du risque qui sont adaptées à notre modèle et au domaine de la maintenance aéronautique. A ces deux caractéristiques s'ajoute la notion de probabilité qui fait partie de la définition du risque que nous avons vue dans le chapitre I.2 de la partie I. Ainsi, la mesure de la perception des risques s’effectuera par le biais de trois caractéristiques :

- La **probabilité d’occurrence** des conséquences sur la santé du mécanicien ou sur la navigabilité de l’avion lors de l’exposition à un danger.
- La **sévérité des conséquences** sur la santé du mécanicien ou sur la navigabilité de l’avion lors de l’exposition à un danger.
- L’**immédiateté des conséquences** sur la santé du mécanicien ou sur la navigabilité de l’avion lors de l’exposition à un danger.

De ce fait, le modèle retenu est composé de 3 mesures de la perception des risques et de 4 facteurs regroupés dans la dimension individuelle (cf. Figure 61).

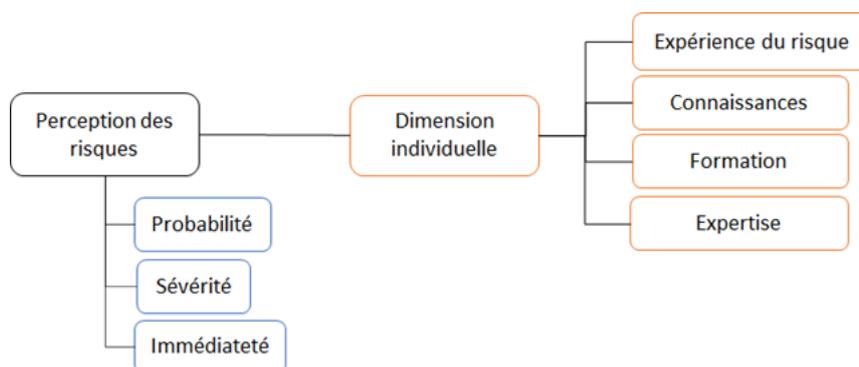


Figure 61 : Modèle final de la perception des risques.

Etape 4 : Considérer la taxonomie des dangers

Afin d’étudier l’impact de l’exposition au danger sur la perception des risques, nous devons inclure cette notion à notre modèle. Dans la première partie de ce mémoire, nous avons souligné la distinction entre un danger qui est une caractéristique intrinsèque d’un objet avec le risque qui apparaît lorsque l’individu est exposé au danger. Dans ce sens, la construction et la validation d’une taxonomie des dangers nous a permis de mettre en avant une partie des dangers auxquels sont exposés les mécaniciens. Cependant, comme l’ont souligné certains participants, l’exposition à ces dangers varie dans le temps et dans la fréquence. C’est-à-dire que le mécanicien peut être exposé à un produit chimique spécifique plusieurs fois dans une semaine ou bien une fois par mois. Cela dépendra des tâches qu’il devra réaliser et du planning de la maintenance. De ce fait, nous souhaitons identifier si l’exposition perçue à un danger peut impacter la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Nous avons donc fait le choix d’incorporer “l’exposition au danger” comme facteur qui

pourrait influencer la perception des risques. Les résultats nous permettront également de classer les dangers de notre taxonomie en fonction de l'exposition perçue des mécaniciens. Voici le nouveau modèle présenté Figure 62 qu'il s'agira d'évaluer dans notre travail.

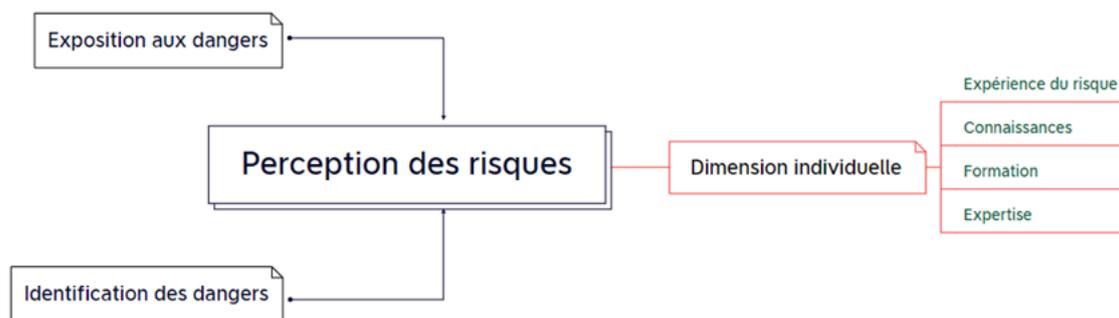


Figure 62 : Modèle de la perception des risques.

3. Conclusion du chapitre III.1

Ce chapitre nous a permis d'obtenir une première vision de la manière dont la perception des risques peut être étudiée en maintenance aéronautique. Nous avons fait le choix de considérer la perception des risques selon trois caractéristiques qui sont **“la probabilité”, “la sévérité” et “l’immédiateté”** des conséquences. Pour la suite de notre travail, l'objectif sera d'identifier si ces mesures sont adaptées pour l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Nous avons également identifié des facteurs qui pourraient expliquer une part de la variance de la perception des risques sur les trois caractéristiques du risque (Probabilité, sévérité, immédiateté). L'objectif sera d'analyser ceux qui expliquent le mieux cette variance de la perception des risques. Pour ce faire, dans le chapitre suivant, nous décrirons la méthodologie employée pour évaluer le modèle et présenterons les résultats. Nous conclurons sur la rédaction de recommandations dans le but d'améliorer la sécurité lors des opérations de maintenance aéronautiques.

Chapitre III.2 : Evaluation du modèle

1. Introduction

L'étude a pour objectif d'apporter des premières réponses quant à la manière dont les risques sont gérés au quotidien par les mécaniciens aéronautiques pendant l'activité de maintenance. En effet, comme mentionné dans la première partie de ce mémoire, les organismes de réglementation tels que l'EASA, définissent un cadre théorique et réglementaire qui permet d'assurer que l'avion est navigable à chaque étape de son cycle de vie. Par exemple, l'EASA réglemente la formation initiale et continue que reçoivent les mécaniciens aéronautiques, oblige les fabricants à produire des avions maintenables avec une documentation de maintenance et oblige les organismes de maintenance à disposer des ressources humaines et matérielles appropriées tout en implémentant une gestion de la sécurité. Concernant les aspects de santé du personnel (mécaniciens), l'émission de réglementations est de la responsabilité des autorités nationales. Par exemple, en France, le code du travail (articles L.4121-2 et L.4121-3) rend responsable pénalement et légalement les entreprises qui ne respectent pas le cadre juridique concernant ces aspects. Ainsi, l'ensemble de ces recommandations et obligations assurent qu'une démarche proactive et continue de réduction des risques a été mise en place lors des activités de maintenance.

Malgré ce cadre théorique strict, des accidents/incidents surviennent avec des conséquences tant sur la santé des mécaniciens que sur la navigabilité de l'avion. De plus, comme nous l'avons mentionné dans le chapitre II.2 de la partie II, la considération des dangers et des conséquences associées peut faire l'objet d'interprétation de la part des mécaniciens aéronautiques. Or, cela est opposé avec le cadre théorique qui demande aux mécaniciens aéronautiques de suivre la procédure de maintenance fournie par le constructeur et d'appliquer les mesures de sécurité pour lesquelles il a reçu une formation adaptée. Également, cela souligne l'importance d'employer des approches ergonomiques et facteurs humains afin de mieux comprendre la réalité de l'activité de maintenance aéronautique. En effet, même si l'aviation est un système extrêmement sûr (Amalberti, 2013, p. 87), nous pensons qu'une meilleure compréhension de la réalité de l'activité en ce qui concerne la gestion des risques permettra d'identifier les facteurs cruciaux à considérer afin d'améliorer la sécurité lors des opérations de maintenance. Pour ce faire, il s'agit de confronter le modèle que nous avons construit (cf. Figure 63) à des mécaniciens aéronautiques.

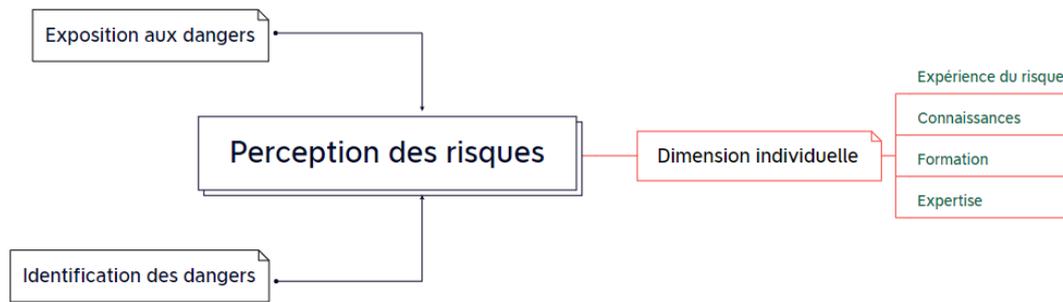


Figure 63 : Modèle de la perception des risques.

L'objectif étant de répondre à ces trois questions de recherche :

- **Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les trois caractéristiques du risque (probabilité, sévérité, immédiateté) ?**
- **Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?**
- **Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?**

2. Cadre théorique

Pour chacune des trois questions de recherche, nous allons présenter les fondements théoriques et les hypothèses sur lesquelles nous baserons notre analyse des résultats.

2.1. Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les trois caractéristiques du risque?

Afin de répondre à la première question de recherche, nous analyserons les liens entre trois caractéristiques du risque que sont : la probabilité, la sévérité et l'immédiateté.

2.1.1. Probabilité et sévérité

La littérature nous indique que la perception de la probabilité et de la sévérité peut être associée à un biais cognitif appelé "Probability neglect" (Slovic et Peters, 2006). Ce biais explique que les individus surestiment le risque d'événements lorsque ces derniers sont perçus comme sévères malgré une faible probabilité (Slovic & Fischhoff, 1981). Cela s'expliquerait par l'état émotionnel induit par le risque auprès de la personne qui doit percevoir le risque et qui la conduirait à se focaliser sur les conséquences catastrophiques (Loewenstein et al., 2001). Dans ce sens, Bohm & Harris (2010) ont montré que les travailleurs dans le domaine du bâtiment accordent plus d'importance à la sévérité des

conséquences qu'à la probabilité d'occurrence d'évènements négatifs. De ce fait, nous souhaitons identifier si ces résultats se retrouvent également chez les mécaniciens aéronautiques. Cependant, parce que les mécaniciens sont formés, sensibilisés et informés au quotidien des risques pour leur santé et la navigabilité de l'avion, nous supposons que ce biais devrait être peu ou pas présent. En effet, les mécaniciens, même novices, ont un niveau de connaissances et de compétences minimum leur permettant d'effectuer les tâches de maintenance en toute sécurité. De plus, les risques que devront évaluer les mécaniciens seront de différentes natures ce qui implique des niveaux de probabilité et de sévérité différents. Ainsi, même si les experts peuvent être soumis à des biais cognitifs et à l'influence des émotions générées par l'exposition à un danger (Slovic, 2016). Nous supposons que dans notre étude, ces effets ne seront pas présents.

Nous testerons l'hypothèse (H1) : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité".

2.1.2. Probabilité et immédiateté

L'immédiateté des conséquences n'est pas un concept très utilisé dans l'étude de la perception des risques, hormis dans le paradigme psychométrique (Lichtenstein et al., 1978). Ainsi, il n'existe pas, à notre connaissance, de recherche qui étudie le lien entre la perception de la probabilité et l'immédiateté des conséquences. Cependant, nous avons identifié un biais appelé "effet d'immédiateté" qui montre qu'un individu a tendance à préférer les récompenses immédiates plutôt qu'à long terme. Dans ce sens, Weber et Chapman (2005) ont montré que l'incertitude avait un effet équivalent au délai sur la prise de décision. En d'autres termes, plus l'incertitude est grande ou plus le délai est grand quant à l'obtention d'une récompense, moins l'individu va préférer ce choix. Ainsi, ces travaux mettent en évidence un lien entre la notion de probabilité d'occurrence d'évènements positifs (récompenses) et l'immédiateté des conséquences. Cependant, ces études sont focalisées sur la prise de décision et considèrent des événements positifs comme le montrent Keren et Roelofsma., (1995). En maintenance aéronautique, l'immédiateté des conséquences est un concept important car les mécaniciens sont exposés à des dangers dont les conséquences peuvent être à plus ou moins long terme et négatives. Ainsi, nous ne pensons pas que ce biais soit adapté pour notre étude. De plus, les mécaniciens ayant une expertise du domaine devraient être en mesure d'identifier les différentes conséquences possibles pour un même risque. Et donc de percevoir les risques différemment. C'est pourquoi, il ne devrait pas y avoir de lien entre la perception de la probabilité et d'immédiateté chez les mécaniciens.

Nous testerons donc l'hypothèse (H2) : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté des conséquences".

2.1.3. Sévérité et immédiateté

Le lien entre la sévérité et l'immédiateté des conséquences a été étudié dans le paradigme psychométrique mais ne met pas en évidence de corrélation significative entre les deux notions (Lichtenstein et al., 1978 ; Slovic, 2000 ; Siegrist et al., 2005). Cela peut être expliqué par le fait que l'exposition à un même danger peut avoir des conséquences plus ou moins sévères, tant immédiates qu'à long terme. Par exemple, l'exposition à un produit chimique, suivant les caractéristiques de ces derniers, peut avoir des conséquences sévères tant immédiates (intoxication) qu'à long terme (cancer). De ce fait, nous supposons qu'il ne devrait pas y avoir de lien entre les deux caractéristiques du risque car les mécaniciens même novices sont supposés être en mesure de différencier les risques en fonction du niveau de sévérité et d'immédiateté.

Nous testerons donc l'hypothèse (H3) : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences"

2.2. Quels sont les facteurs qui impactent le plus la variance de la perception des risques?

Maintenant que nous avons établi les premières hypothèses concernant la mesure de la perception des risques, nous allons effectuer la même démarche pour les facteurs explicatifs. Ainsi, sur la base du cadre théorique présenté dans la première partie de ce mémoire, nous établirons des hypothèses qui seront testées lors de l'analyse des résultats. Les facteurs explicatifs que nous avons retenus sont : l'expérience du risque, les connaissances, la formation et l'expertise.

2.2.1. Expérience du risque

De manière générale, la littérature nous indique qu'il existe une corrélation significative positive entre l'expérience passée du risque et la perception des risques, et cela que ce soit pour des accidents de la route (Ngueutsa & Kouabenan, 2016), en faisant du vélo (Kummeneje & Rundmo, 2018) ou bien en rapport avec des situations/événements dangereux vécus (terrorisme, transports, etc.) (Öhman, 2017 ; Kollmann et al., 2022). En maintenance aéronautique, malgré toutes les mesures de sécurité mises en place, des accidents du travail ou des dommages causés à l'avion surviennent. Ainsi, nous souhaitons identifier si l'expérience personnelle en lien avec un risque spécifique peut expliquer la variance de la perception des risques.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H4) : "L'expérience du risque explique une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens".

Cependant, comme l'ont montré Ngueutsa & Kouabenan (2016), nous pensons que le degré de sévérité associé à l'expérience du risque doit être prise en compte dans la mesure de l'expérience du risque.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H5) : "Plus l'expérience du risque est associée à des conséquences sévères, plus la perception des risques des mécaniciens est élevée".

Ainsi, deux variables peuvent être associées à ce facteur (cf. Figure 64) : "l'expérimentation" qui mesure si oui ou non l'exposition à un danger spécifique a déjà eu des conséquences sur la santé du mécanicien ou sur la navigabilité de l'avion, et "la sévérité associée" qui mesure le niveau de sévérité des conséquences.



Figure 64 : Détail du facteur "Expérience du risque".

2.2.2. Les connaissances

D'après la littérature, les connaissances expliquent une part faible de la variance de la perception des risques (Sjoberg, 1998), à peine plus de 4% dans l'étude de Van der Linden (2015) qui mesure trois types de connaissances (connaissances concernant l'impact/les conséquences, connaissance sur les causes et connaissances sur les comportements qui augmentent/diminuent le réchauffement climatique). En maintenance aéronautique, nous avons vu dans la partie I de ce mémoire que les mécaniciens sont formés, entraînés et sensibilisés au quotidien sur les dangers auxquels ils sont exposés. Ainsi, les connaissances qu'ont les mécaniciens concernant les dangers auxquels ils sont exposés et les mesures de sécurité à implémenter semblent être essentielles au maintien de la sécurité lors des opérations.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H6) : "Les connaissances des mécaniciens expliquent une part significative de la variance de la perception des risques".

Plus précisément, le facteur "connaissance" sera découpé en deux variables qui sont "identification des dangers" et "importance perçue des mesures de sécurité" (cf. Figure 65).

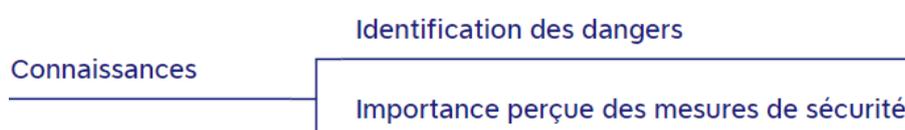


Figure 65 : Détail du facteur "Connaissances".

“Identification des dangers” doit permettre de mesurer les connaissances des mécaniciens concernant les dangers auxquels ils sont exposés dans la réalisation de tâches spécifiques. *“Importance perçue des mesures de sécurité”* doit permettre de mesurer les connaissances des mécaniciens concernant l’importance des mesures de sécurité à implémenter dans la réalisation d’une tâche spécifique.

2.2.3. La formation

Plusieurs études ont montré l’impact de la formation sur la perception des risques, que ce soit chez les pompiers (Martínez-Fiestas et al., 2020), chez les automobilistes (Deery., 1999), chez des opérateurs dans l’industrie (Arezes & Miguel., 2008) ou encore dans le domaine de la construction (Namian et al., 2016). En maintenance aéronautique, nous avons vu dans la première partie que le parcours classique de formation initiale est constitué de la réalisation d’un bac professionnel dans un organisme certifié Part 147 ou non. L’élève choisira une option (Structure, System, Avionique) qui conditionnera sa spécialité et donc les tâches de maintenance qu’il effectuera. Une fois le bac professionnel obtenu, l’élève aura la possibilité de continuer les études jusqu’à un Brevet de Technicien Supérieur (BTS). Une fois ce diplôme obtenu, l’élève aura la possibilité de commencer une activité en tant que mécanicien aéronautique. Cependant, pour être en complète autonomie sur son poste et signer des approbations de remise en service, le mécanicien devra obtenir une licence aéronautique telle que décrite dans la Part 66 (EASA, 2008) en vigueur depuis 2011. Cependant, tous les mécaniciens ayant suivi une formation initiale avant 2011 ont pu obtenir leur licence aéronautique Part 66 par acquis d’expérience. On dit que ces mécaniciens ont bénéficié de *“la loi du grand-père”*. L’obtention de la licence (comme pour le permis de conduire pour la voiture) peut être associé à un type ou famille d’avion (A320 par exemple). Ainsi, le mécanicien recevra une formation supplémentaire technique (appelée qualification de type) concernant le fonctionnement de l’appareil qui sera mentionné sur sa licence. Ainsi, la formation initiale des mécaniciens est une composante cruciale au maintien de la sécurité lors des opérations de maintenance.

Cela nous amène à tester l’hypothèse (H7) : “La formation initiale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques”.

Concernant la formation continue, nous avons mentionné dans la partie I que les mécaniciens doivent effectuer des recyclages tous les deux ans. Ces formations sont essentielles pour maintenir les connaissances des mécaniciens à jour concernant des risques spécifiques à leur activité. Par exemple, la formation EWIS concerne les risques électriques, la formation CDCCL concerne les risques liés à la manipulation du carburant. Les mécaniciens reçoivent également des *“flash sécurité”* quotidiennement au sein des entreprises afin de les informer et sensibiliser sur des incidents/accidents qui sont survenus récemment. Ces *“flashs sécurité”* peuvent être sous différents formats et sont une

composante essentielle à l'implémentation d'une culture de la sécurité au sein des entreprises. Ainsi, les formations continues que reçoivent les mécaniciens sont une composante cruciale du maintien de la sécurité lors des opérations de maintenance.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H8) : "La formation continue des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques".

Également, le mécanicien aura la possibilité de réaliser une "General familiarisation" sur un type ou famille d'avion spécifique. Cela lui permettra d'obtenir une vision plus précise du fonctionnement de l'appareil. Cependant, cette formation est une familiarisation et n'est pas aussi détaillée que celle réalisée pour l'obtention d'une qualification de type. Elle peut être réalisée n'importe quand durant la carrière du mécanicien ce qui nous a amené à la considérer comme "Formation supplémentaire" qui n'est pas obligatoire. Et doit permettre aux mécaniciens d'avoir des connaissances plus poussées sur le fonctionnement d'un avion.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H9) : "La formation supplémentaire des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques".

De ce fait, le facteur "Formation" est découpé en trois variables : "la formation initiale", "la formation continue" et "la formation supplémentaire". Voici le détail des composants, présentés sur la figure 66 de la formation que nous étudierons.

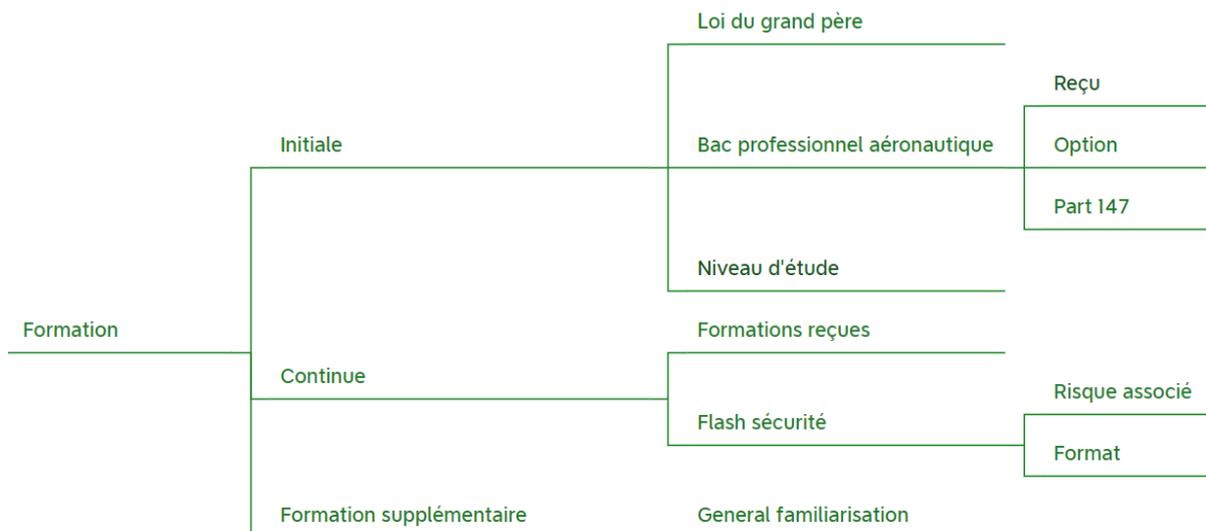


Figure 66 : Détail du facteur "formation".

2.2.4. Expertise

Nous avons vu, dans la partie I, que la perception des risques des novices diffère de celle des experts (Slovic, 2016). Et que l'expérience (en nombre d'années) impacte la perception des risques (Martínez-Fiestas et al., 2020) même si Drinkwater et Molesworth, (2010) n'ont pas identifié de différence entre les pilotes en fonction du nombre d'heures de vol. En maintenance aéronautique, l'expertise des mécaniciens peut varier suivant plusieurs critères. Elle peut être "*globale*" et intégrer le nombre d'années d'expérience en tant que mécanicien aéronautique, avec ou sans licence, sur un type d'avion particulier (A320 par exemple). L'expertise peut également être associée à la possession d'une ou plusieurs qualifications de type qui déterminent le type d'avion sur lequel le mécanicien est autorisé à travailler. De la même façon, la possession d'une catégorie de licence aéronautique définit le type de tâche que peut effectuer le mécanicien sur un type d'aéronef donné. Les expériences passées dans différents environnements de travail en tant que mécanicien traduisent une expérience plus ou moins variée. Enfin, la délivrance des Approbations de Remise en Service dénote que le mécanicien est en mesure d'évaluer et de garantir que le travail a été effectué en accord avec la documentation de maintenance. Il possède donc l'expertise pour vérifier que le travail a été correctement effectué. Un expert est donc supposé avoir des connaissances et compétences supérieures lui permettant d'ajuster sa perception des risques.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H10) : "L'expertise globale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques"

L'expertise des mécaniciens peut également être associée à des tâches spécifiques qui dépendent de leur spécialité. En effet, suivant la spécialité du mécanicien, celui-ci sera amené à effectuer certaines tâches et pas d'autres. Cependant, même sur sa spécialité, suivant les programmes de maintenance, la fréquence de réalisation d'une tâche peut varier. De ce fait, l'expertise des mécaniciens sur une tâche dépend de plusieurs facteurs associés notamment à l'activité de l'entreprise. Cependant, nous supposons que plus un mécanicien sera expérimenté sur une tâche, plus il aura de connaissances et de compétences concernant la gestion des risques présents dans cette même tâche.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H11) : "L'expertise des mécaniciens spécifique de la tâche explique une part significative de la variance de la perception des risques".

Parce que l'expertise peut être considérée de multiple manière, nous avons choisi de découper le facteur en deux variables "Globale" et "Spécifique à la tâche". Voici le détail des composants de l'expertise que nous étudierons.

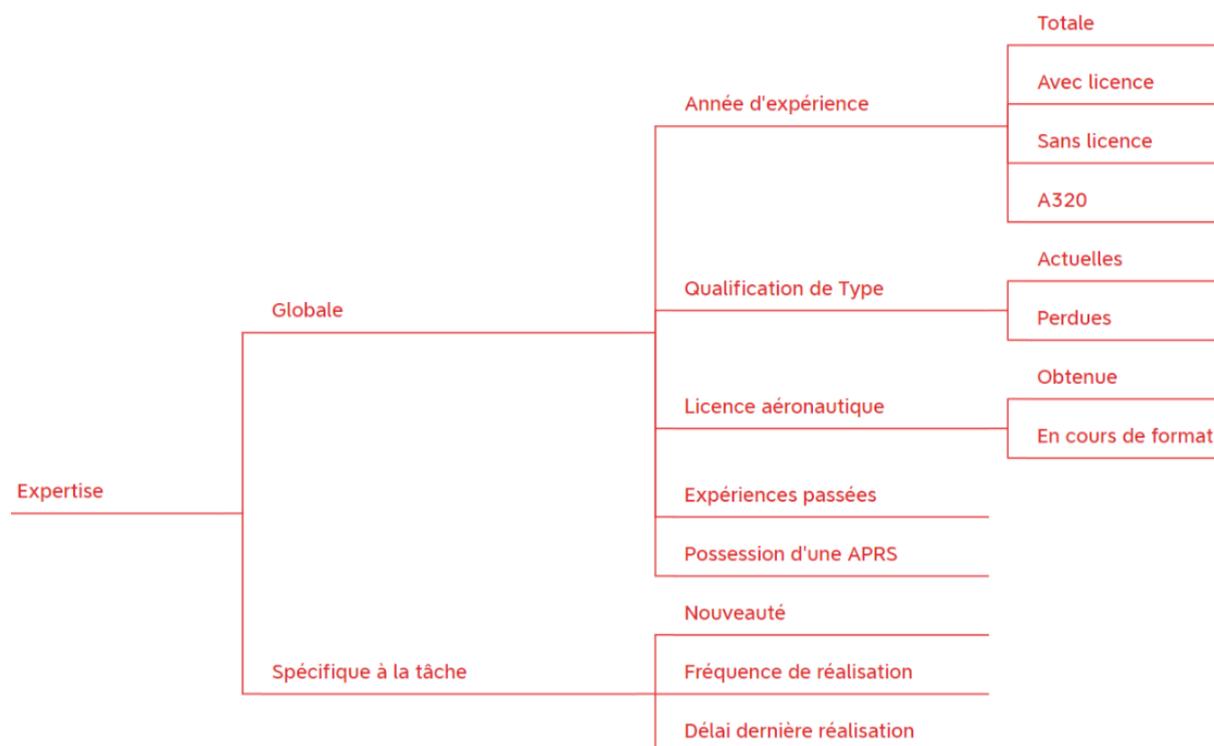


Figure 67 : Détail du facteur "Expertise".

2.2.5. Exposition au danger

Durant l'activité de maintenance aéronautique, le mécanicien est exposé à des dangers de nature variable (Necula & Zaharia., 2015 ; Gharib et al., 2021). Dans ce cadre, nous avons réalisé une taxonomie de ces dangers et qui a été présentée dans la partie II de ce mémoire. Nous avons vu que l'exposition à ces dangers peut entraîner des conséquences tant sur la santé des mécaniciens que sur la navigabilité de l'avion. Cependant, comme l'ont souligné certains participants dans notre étude sur la taxonomie, l'exposition à ces dangers varie dans le temps et dans la fréquence. Par exemple, le mécanicien peut être exposé à un produit chimique spécifique plusieurs fois dans une semaine ou bien une fois par mois. Cela dépendra des tâches qu'il devra réaliser et du planning de la maintenance. De ce fait, nous souhaitons identifier si l'exposition perçue à un danger peut impacter la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H12) : "Le degré d'exposition perçue par les mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques".

2.2.6. Entreprise

Nous avons vu dans le cadre théorique que la culture et le climat de sécurité étaient deux notions qui avaient un impact sur la perception des risques (Zohar, 1980 ; Mearns et al., 1999 ; Guldenmund, 2000; Flin et al., 2000). Nous avons également vu que la culture de la sécurité est essentielle à l'emploi d'une démarche proactive de gestion des risques. C'est à l'aide de la réglementation (ICAO, 2018) que les organismes de maintenance disposent des éléments essentiels pour assurer la sécurité lors des opérations de maintenance. Cela signifie qu'il existe une certaine homogénéité dans l'emploi des méthodes pour atteindre les objectifs dictés par la réglementation. Cependant, les organismes de maintenance doivent adapter les méthodes aux contraintes opérationnelles et aux problématiques rencontrées. De ce fait, nous pensons que la culture de la sécurité peut différer suivant l'organisme de maintenance. Et même si nous ne souhaitons pas considérer ces aspects dans notre étude, dans le cas où les participants proviennent de différents organismes, il serait pertinent de le mesurer. Plus précisément, cela permettra d'identifier si l'environnement de travail a un impact sur la perception des risques des mécaniciens. Et ainsi, conclure sur l'importance du contexte opérationnel dans l'étude de la perception des risques.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H13) : "L'entreprise explique une part significative de la variance de la perception des risques".

Le modèle complet de la perception des risques à tester est présenté sur la Figure 68.

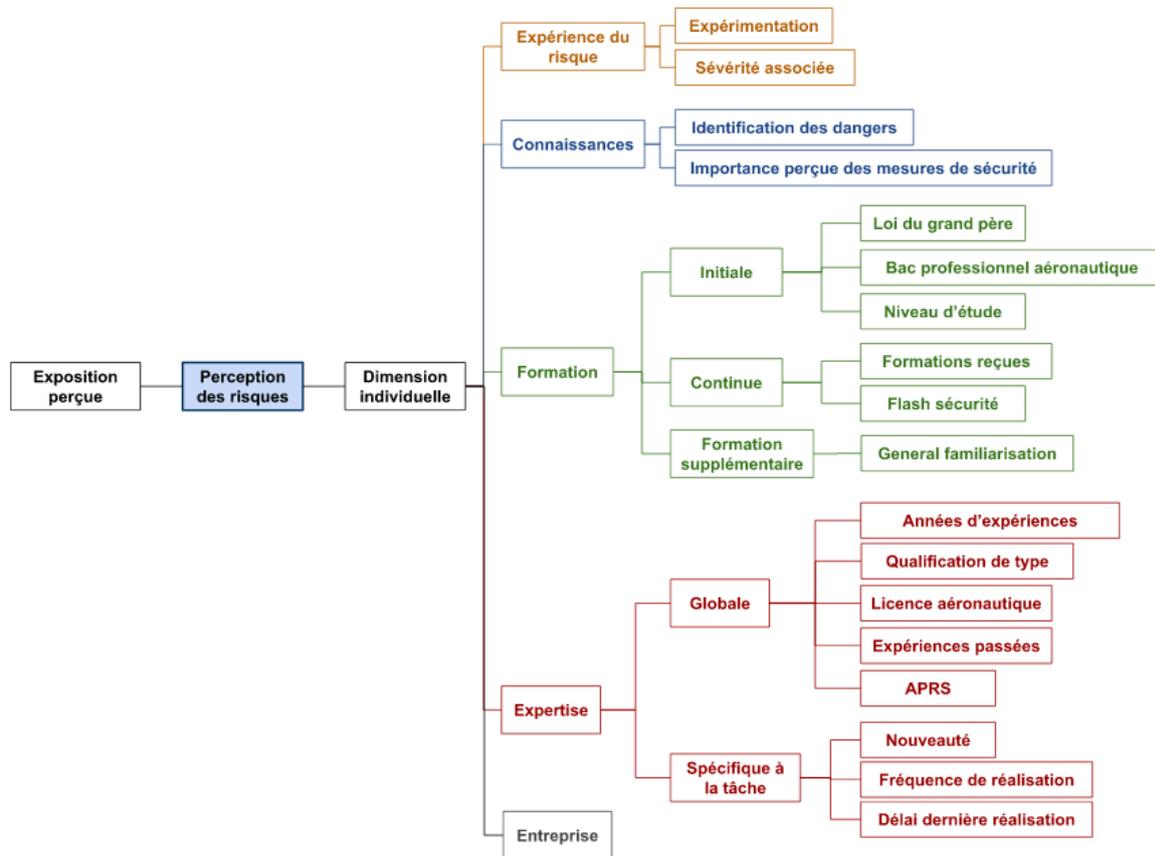


Figure 68 : Modèle de la perception des risques à tester.

2.3. Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et la perception des risques qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Dans la partie I de ce mémoire, nous avons présenté la distinction faite par le cadre réglementaire entre la santé des mécaniciens au travail et la navigabilité de l'avion (qui assure la sécurité en vol). En effet, les réglementations émises par l'EASA (Part 145, CS25, etc.) apparaissent comme étant focalisées sur le maintien de la navigabilité de l'avion. Quant aux risques professionnels, ils apparaissent comme étant de la responsabilité de l'autorité nationale. En France, le code du travail rend l'employeur responsable pénalement de la santé et de la sécurité de ses employés. Cette distinction apparaît également dans la procédure de maintenance à travers les *warnings* qui sont des alertes concernant les risques pour la santé du personnel principalement et les *cautions* qui sont des alertes concernant les risques pour la navigabilité de l'avion. Cependant, il n'est pas demandé aux mécaniciens de faire de distinction entre leur sécurité et celle des vols. En effet, lors de la réalisation d'une tâche de maintenance, les mécaniciens doivent considérer les deux aspects de sécurité et appliquer les mesures de sécurité appropriées. Ainsi, nous souhaitons identifier si cette dernière théorie peut être confirmée où s'il existe un compromis effectué par le mécanicien en ce qui concerne ces deux aspects de sécurité.

Cela nous amène à tester l'hypothèse (H14) : "Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion".

Rappel des hypothèses

Tableau 19 : Résumé des hypothèses.

Numéro	Hypothèses
H1	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité.
H2	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté des conséquences.
H3	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences.
H4	L'expérience du risque explique une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens.
H5	Plus l'expérience du risque est associée à des conséquences sévères, plus la perception des risques des mécaniciens est élevée.
H6	Les connaissances des mécaniciens expliquent une part significative de la variance de la perception des risques.
H7	La formation initiale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H8	La formation continue des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H9	La formation supplémentaire des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H10	L'expertise globale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H11	L'expertise des mécaniciens spécifiques à la tâche explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H12	Le degré d'exposition perçue par les mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H13	L'entreprise explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H14	Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion.

3. Méthode

3.1. Participants

Les données recueillies reposent sur un échantillon de mécaniciens (N=27, Age moyen = 36 ans, Hommes = 26, Femme = 1) en activité à temps plein ou partiel au sein de 4 organismes de maintenance certifié Part 145 et l'environnement "Flight test" d'un constructeur aéronautique. Le recrutement des participants s'est effectué en contactant les centres de maintenance ou compagnies aériennes françaises. En effet, la partie du questionnaire qui traite de la formation initiale des mécaniciens reprend le système d'éducation Français qui est spécifique à celui-ci et donc ne peut être répondu que par une population française.

Nous avons réalisé les expérimentations avec les centres de maintenance ou compagnies aériennes qui ont accepté de nous ouvrir leur porte et de mettre à disposition des mécaniciens aéronautiques. Cependant, le choix des participants a été laissé aux responsables d'activité qui ont libéré des mécaniciens, une heure chacun, afin de participer à l'expérimentation.

3.2. Matériel et procédure

3.2.1. Sélection des tâches de maintenance

Durant les expérimentations, les participants ont été immergés dans trois tâches de maintenance A320 (avion le plus commercialisé par le constructeur aéronautique partenaire de l'étude). Il s'agissait de sélectionner des tâches qui étaient : 1) **Simple**s en termes de réalisation, c'est-à-dire ni trop longues ni trop complexes (qui ne comportaient pas plusieurs sous-tâches). 2) **Connues** par la majorité des mécaniciens. 3) **Diversifiées** en termes de **risques** avec un impact tant sur la santé du mécanicien que sur la navigabilité de l'avion. 4) Qui étaient **transférables à d'autres types d'avions** Airbus ou **d'autres constructeurs**. En effet, à ce stade nous ne savions pas si nous allions être en mesure de sélectionner suffisamment de participants ayant une activité uniquement sur A320.

Les trois tâches de maintenance sélectionnées sont : l'installation d'une antenne VHF, l'installation d'une bouteille à oxygène et l'installation d'une pompe à carburant (cf. Figure 69).



Figure 69 : Image de gauche : Antenne VHF, Image du milieu : Bouteille à oxygène et image de droite : Pompe à carburant.

3.2.2. Identification des risques

Une fois la sélection des tâches de maintenance effectuée, nous avons identifié les risques que les mécaniciens devront juger lors des expérimentations. Ils proviennent des *warnings* et *cautions* présents dans les trois tâches. Par exemple, le warning : “BE CAREFUL WHEN YOU REMOVE OR INSTALL THIS EQUIPMENT. THIS EQUIPMENT IS HEAVY (MORE THAN 12 KG (26.5 lb.)) AND CAN CAUSE INJURY AND/OR DAMAGE” est présent dans la tâche “Installation d’une bouteille à oxygène”. Il correspond au risque suivant : “Manipuler la bouteille d’oxygène (poids 12Kg)”. Ce travail a été effectué pour chaque *warnings* et *caution* présent dans les trois tâches de maintenance. Ainsi, 47 risques (cf. Tableau 20) ont été identifiés dont 13 dans la tâche “Installation d’une bouteille à oxygène”, 17 dans la tâche “Installation d’une pompe à carburant” et 17 dans la tâche “Installation d’une antenne VHF”.

Tableau 20 : Liste des risques par tâche et par type de risque (santé et navigabilité).

Tâches	Type de risque	Risques
Installation d’une bouteille à oxygène	Santé et sécurité	Installer la bouteille à oxygène pendant qu’un plein carburant est effectué Avoir les mains et outils sales Avoir du "oil base Grease" sur la peau Avoir du "oil base Grease" dans les yeux Ingérer du "oil base Grease" Respirer les vapeurs du "oil base Grease" Avoir du "Leak detector" sur la peau Avoir du "Leak detector" dans les yeux Ingérer du "Leak detector" Respirer les vapeurs du "Leak detector" Manipuler la bouteille d’oxygène (poids 12 Kg) Travailler en hauteur
	Navigabilité de l’avion	Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille
Installation d’une pompe à carburant	Santé et sécurité	Ne pas installer les safety-lock sur le train d’atterrissage Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux Ingérer du "non aqueous cleaner" Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner" Avoir du "turbine fuel" sur la peau Avoir du "turbine fuel" dans les yeux Ingérer du "turbine fuel" Respirer les vapeurs du "turbine fuel" Travailler avec des fils freins coupés Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l’aile Travailler en hauteur

Tâches	Type de risque	Risques
	Navigabilité de l'avion	Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage Travailler avec le bras de retenue (retainer baulk arm) en position déverrouillé Avoir des connecteurs électriques contaminés (poussières, etc.) Tordre ou plier un faisceau électrique
Installation d'une antenne VHF	Santé et sécurité	Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau Avoir du "non Aqueous Cleaner" dans les yeux Ingérer du "non Aqueous Cleaner" Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner" Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux Ingérer du "polysulfide Sealant" Respirer les vapeurs du "polysulfide Sealant" Avoir du "coating" sur la peau Avoir du "coating" dans les yeux Ingérer du "coating" Respirer les vapeurs du "coating" Travailler en hauteur
	Navigabilité de l'avion	Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne Appliquer du scotch sur l'antenne Utiliser des outils métalliques pour enlever un élément non souhaité Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion

3.2.3. Création d'un questionnaire

Le support qui a été utilisé pour la réalisation des expérimentations est un questionnaire sous format digital créé avec l'outil Lime Survey et découpé en quatre parties (cf. Tableau 21). Le questionnaire a été construit sur la base du cadre théorique et de l'expertise des encadrants de cette thèse. Un professeur du lycée Saint Exupéry à Blagnac (qui forme les mécaniciens aéronautiques) a également été sollicité afin de vérifier la véracité et la compréhension des questions posées. Les différentes parties du questionnaire sont détaillées dans le tableau suivant (Tableau 21). Le questionnaire est visible en Annexe 1 - Questionnaire utilisé pour l'étude de la perception des risques.

Tableau 21 : Détail du questionnaire employé pour les expérimentations.

Parties du questionnaire	Contenu
Partie 1 - Questions globales	5 questions (de Q1 à Q5) portant sur l'âge, le genre, l'entreprise dans laquelle le participant est en activité et ses années d'expérience.
Partie 2 - Formation et expertise globale	11 questions (de Q6 à Q17) portant sur la formation initiale et la formation continue du mécanicien, son expertise et ses expériences passées
Partie 3 - Présentation des tâches	<p>Immersion du participant dans les trois tâches de maintenance A320 à travers 10 questions (de Q18 à Q28). Pour chaque tâche, le participant doit :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Identifier les dangers présents dans la tâche. 2) Juger une liste de risques (présentée tableau 20) sur les 3 caractéristiques du risque : <ul style="list-style-type: none"> - " la probabilité d'être blessé/d'endommager l'avion ", - " la sévérité des conséquences associée sur la santé/la navigabilité de l'avion" - Et "l'immédiateté des conséquences sur la santé/la navigabilité de l'avion". 3) Classer des mesures de sécurité en fonction de leur importance perçue pour la réalisation de la tâche. 4) Indiquer les expériences personnelles passées pour une liste de risque (les mêmes que ceux de l'étape 2). 5) Indiquer son expertise sur la tâche.
Partie 4 - Exposition aux dangers	Le participant devait indiquer le niveau d'exposition (Question 29) perçu au quotidien pour 25 dangers issus de la taxonomie présentée dans la Partie II.

Partie 1 - Questions globales

Les 5 questions globales sont abordées de la question 1 à la question 6. Voici le détail :

- **Question 1** : "Quel âge avez-vous ?" (Question ouverte).
- **Question 2** "Indiquez votre genre" (question à choix multiple : "Féminin", "Masculin").
- **Question 3** : "Combien d'années d'expérience avez-vous en tant que mécanicien aéronautique ? (Que ce soit sans ou avec licence)" (question ouverte).
- **Question 4** : "Combien d'années d'expérience avez-vous sur A320 au total ? (Question ouverte).
- **Question 5** : "Dans quelle entreprise travaillez-vous actuellement ?" (Question ouverte). Nous avons fait le choix dans notre modèle de ne pas considérer la culture ou même le climat de sécurité associé à un centre de maintenance. Cependant, nous ne savons pas si les mécaniciens

qui participeront à l'expérimentation proviendront d'organismes de maintenance différents. Ainsi, afin de s'assurer de ne pas omettre un effet de l'appartenance à une entreprise sur la perception des risques, nous avons fait le choix d'inclure cette question.

Partie 2 - Formation et expertise globale

Formation

La formation est abordée de la question Q6 à Q17. Elle est découpée en deux sous facteurs, la "formation initiale" et la "formation continue".

Formation initiale

La formation initiale est composée de trois questions :

- **Question 6** indique si les participants ont bénéficié de la loi du grand père, **Q6** : *"Avez-vous bénéficié de la loi du grand père ?"*. (Question à choix multiple : "Oui" ou "Non").
- **Question 7** : *"Avez-vous un **bac professionnel aéronautique** ?"* (Question à choix multiple : "Oui" ou "Non"). Cette question est composée de sous questions :
 - Si "Oui" :
 - **Question 7(a)** : *"Quelle option avez-vous choisie ?"* (Question à choix multiple : "Système", "Structure" ou "Avionique"). Cela correspond à l'option du bac professionnel aéronautique.
 - **Question 7(b)** : *"Avez-vous obtenu le bac professionnel dans un organisme certifié Part 147 ?"*. (Question à choix multiple : "Oui", "Non", "En validation d'acquis d'expérience" ou "Je ne sais pas").
 - Si "Non" :
 - **Question 7(c)** : *"Quelle formation avez-vous reçue ?"* (Question ouverte).
- **Le niveau d'étude** qui ne fait pas référence à une question spécifique mais a été ajoutée en fonction de la réponse du participant sur la question ouverte : *"Quelle formation avez-vous reçue ?"*, le participant était classé dans "Bac Pro", "Bac+1" ou "Bac+2".

Formation continue

La formation continue est composée de deux questions :

- **Question 8** : *“Indiquez-les formations/recyclages/sensibilisations que vous avez reçus il y a moins de 6 mois”* (question à choix multiple). Les participants devaient cocher, parmi une liste de 19 formations (cf. Tableau 22) celles qu'ils avaient reçues il y a moins de six mois. Les formations sont issues de la réglementation Part 145 (EASA, 2008) et du code du travail Français (INRS, 2018). Elles sont obligatoires pour la réalisation de l'activité de maintenance et font l'objet de recyclage.

Tableau 22 : Liste des formations.

Liste des formations	
L'Electrical Wiring Interconnection System (EWIS) Les Facteurs humains Fuel tank safety ou CDCCL Part 145 Système de gestion de la sécurité (SGS) Le travail en hauteur Les gestes et postures Le travail sur composés électriques L'exposition à des agents chimiques L'exposition à des risques dus aux vibrations mécaniques	L'exposition au bruit L'exposition aux champs électromagnétiques L'exposition à des agents cancérogène La conduite d'engins de levage L'exposition à des agents biologiques L'exposition à des matériaux composites L'exposition à des agents/atmosphères explosives L'hyperbarie Sol et Avion Les espaces confinés

- **Question 9** : *“Avez-vous récemment reçu une information, un rappel ou une alerte concernant la sécurité dans le cadre de votre activité ?”* (Question à choix multiple : *“Oui”*, *“Non”*). Les *“flash de sécurité”* sont des sensibilisations aux risques que peuvent recevoir les mécaniciens durant leur activité et lors de la survenue d'un accident/incident.
 - Si *“Oui”* :
 - **Question 9(a)** : *“A quel risque faisait référence cette information, rappel ou alerte de sécurité ?”* (Question ouverte).
 - **Question 9(b)** : *“Quel était le format par lequel l'information, le rappel ou l'alerte a été communiqué ?”*. (Question à choix multiple : *“Par mail”*, *“Sur une affiche”*, *“Communication orale de la part d'un professionnel”*, *“Communication orale de la part de mon management”*).

Formation supplémentaire

Cette sous variable a été mesurée par le biais de la question *“Avez-vous passé une “General familiarisation” sur A320 ?”* (Modalité : *“Oui”*, *“Non”*).

Expertise globale

L'expertise globale a été mesurée sur cinq variables présentées dans le tableau 23.

Tableau 23 : Détail des variables pour l'expertise globale.

Variables	Sous variables	Questions
Années d'expériences	Avec licence	Question 10 : "Depuis combien d'années exercez-vous en tant que mécanicien sous licence Part 66 ?" (Question ouverte)
	Sans licence	Calculer à l'aide de la question 3 et 10.
Qualifications de type	Actuelles A320	Question 11 : "Quelles sont vos qualifications de type actuelles actives ? (Exemple : A320, A330, ...) Si aucune, indiquez : "Aucune"" (question ouverte)
	Perdues A320	Question 12 : "Quelles sont les qualifications de type qui ne sont plus actives aujourd'hui (qui correspondent à des avions sur lesquels vous ne travaillez plus) ? (Exemple : A320, A330, ...) Si aucune, indiquez : "Aucune"" (question ouverte)
Licence aéronautique	Obtenue	Question 13 : "Possédez-vous une ou plusieurs catégories de licences aéronautiques Part 66 complètes (B1, B2, C, etc.) ?" (Question à choix multiples : "Oui", "Non")
	Catégorie	Question 14 : "Indiquez-la ou les catégories de licences aéronautiques Part 66 complètes que vous possédez aujourd'hui." (Question à choix multiples). 12 choix de réponse qui correspondent aux catégories de licence (A1, B1, etc.). Un choix "Autre" était également possible.
	En cours de formation	Question 15 : "Êtes-vous en cours de formation pour obtenir une catégorie de licence aéronautique Part 66 (supplémentaire ou non) ?" (Question à choix multiples : "Oui", "Non") <ul style="list-style-type: none"> • Si oui : <ul style="list-style-type: none"> ○ Question 15 (a) : "Quelle est la catégorie de licence que vous tentez d'obtenir ?" (Question ouverte).
Expériences passées	Expériences passées	Question 16 : "Indiquez vos expériences passées en tant que mécanicien reconnu par l'autorité. Pour chaque expérience cochée, indiquez le nombre d'années dans la partie de droite et en vous servant de l'échelle suivante : "<1 ans", "1 - 5 ans", ">6 ans"" (question à choix multiples). Le participant avait 19 choix d'expériences passées (cf. Tableau 24). Un choix "Autre" était également possible.
Possession APRS		Question 17 : "Délivrez-vous des APRS ?" (Question à choix multiples : "Oui", "Non").

Tableau 24 : Liste des 19 expériences passées plus le choix "Autre".

Liste d'expériences passées	
Aucune	En maintenance en base
Chez un constructeur aéronautique	Dans le shop avionique d'un organisme de maintenance
Chez un équipementier	Dans le shop structure d'un organisme de maintenance
A l'étranger	Dans le shop système d'un organisme de maintenance
Sur avions ultra légers	Dans un micro-centre de maintenance (<10 employés)
Sur avions légers	Dans un petit centre de maintenance (<50 employés)
Sur avions d'affaires	Dans un centre de maintenance moyen (<250 employés)
Sur avions de ligne	Dans un grand centre de maintenance (>250 employés)
En maintenance en ligne	Dans le militaire
Sur hélicoptères	Autre

Partie 3 - Présentation des tâches

Pour chacune des trois tâches de maintenance les participants devaient :

1) Identifier les dangers présents dans la tâche.

La connaissance des participants concernant les dangers présents dans les trois tâches de maintenance a été mesurée à travers la **question 18** : "Dans cette tâche, quels sont les dangers ?" (Question ouverte).

Les participants avaient pour consigne, fournie en début de session, de considérer les dangers qui peuvent avoir un impact tant sur leur santé que sur la navigabilité de l'avion. Cependant, il était indiqué aux participants de mentionner les dangers qui pour eux étaient les plus importants à considérer.

2) Juger une liste de risques (cf. Tableau 20) sur les trois caractéristiques du risque

La mesure de la perception des risques s'est effectuée sur trois caractéristiques du risque qui sont :

- A. La probabilité qu'un risque ait des conséquences sur la santé du mécanicien ou la navigabilité de l'avion,
- B. La sévérité des conséquences sur la santé du mécanicien ou la navigabilité de l'avion,
- C. Et l'immédiateté des conséquences pour la santé du mécanicien ou la navigabilité de l'avion.

A. Perception de la probabilité

Santé du mécanicien

- **Question 19 :** *“Dans la réalisation de cette tâche, quelle est la probabilité que chaque situation ait des conséquences sur votre santé. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez “Je ne sais pas”.”*
- Échelle de Likert à 4 points, allant de 1 = “Très improbable” à 4 = “Très probable” (Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023). Un point intitulé “Je ne sais pas” a été ajouté.

En considérant la perception de la probabilité comme ceci, nous mesurons le sentiment de vulnérabilité qui est décrit comme étant un état dans lequel une personne se sent susceptible d’être blessée et aura pour conséquence d’augmenter les comportements qui réduisent le risque de l’être (Adger, 2006).

Navigabilité de l’avion

- **Question 20 :** *“Dans la réalisation de cette tâche, quelle est la probabilité que chaque situation ait des conséquences sur la navigabilité de l’avion. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez “Je ne sais pas”.”*
- Échelle de Likert à 4 points allant de 1 = “Très improbable” à 4 = “Très probable”. Un point intitulé “Je ne sais pas” a été ajouté.

Dans ce cas, la perception de la probabilité permettra de décrire à quel point le mécanicien pense que son comportement, ses actions sont susceptibles d’avoir un impact sur la sécurité des vols (en lien avec des risques spécifiques).

B. Perception de la sévérité

Santé du mécanicien

- **Question 21 :** *“Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être sévères pour votre santé. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez “Je ne sais pas”.”*
- Échelle de Likert à 4 points de 1 = “Sévérité mineure” à 4 = “Extrême sévérité” (Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023). Un point intitulé “Je ne sais pas” a été ajouté.

Afin de s'assurer que les participants partagent la même représentation de la notion de sévérité. Un détail de l'échelle de sévérité leur était fourni (cf. Tableau 25).

Tableau 25 : Détail de l'échelle sévérité pour les risques de type "Santé".

Échelle	Détail
1 = Mineure	Accident sans arrêt de travail.
2 = Majeure	Accident avec arrêt de travail et/ou hospitalisation.
3 = Très forte sévérité	Accident avec incapacité permanente.
4 = Extrême sévérité	Mort ou impossibilité de reprise de l'activité liée à l'invalidité.

Navigabilité de l'avion

- **Question 22** : "Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être sévères pour la navigabilité de l'avion. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas"."
- Échelle de Likert à 4 points détaillée sur le Tableau 26. Elle a été construite à l'aide de la CS-25 (EASA, 2007) et était fournie aux participants.

Tableau 26 : Détail de l'échelle sévérité pour les risques de type "Navigabilité".

Échelle	Détail
1 = Mineure	Légère réduction fonctionnelle des capacités de l'avion.
2 = Majeure	Importante réduction fonctionnelle des capacités de l'avion.
3 = Très forte sévérité	Large réduction fonctionnelle des capacités de l'avion.
4 = Extrême sévérité	L'avion est perdu.

C. Perception de l'immédiateté

Santé du mécanicien

- **Question 23** : "Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être immédiates pour votre santé. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas"."
- Échelle de Likert à 4 points allant de 1 = "Immédiat" à 4 = "À très long terme". Un point intitulé "Je ne sais pas" a été ajouté. Un détail de l'échelle d'immédiateté leur était fourni (cf. Tableau 27).

Tableau 27 : Détail de l'échelle d'immédiateté pour les risques de type "Santé".

Échelle	Détail
1 = Immédiat	Instantané
2 = À court terme	Quelques jours/semaines après l'événement
3 = À long terme	Quelques années après l'événement
4 = À très long terme	De nombreuses années après l'événement

Navigabilité de l'avion

- **Question 24** : "Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être immédiates pour la navigabilité de l'avion. Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas"."
- Échelle de Likert à 4 points détaillée tableau 28. Un point intitulé "Je ne sais pas" a été ajouté.

Tableau 28 : Détail de l'échelle d'immédiateté pour les risques de type "Navigabilité".

Échelle	Détail
1 = Immédiat	Instantané
2 = À court terme	Quelques jours/semaines après l'événement
3 = À long terme	Quelques années après l'événement
4 = À très long terme	De nombreuses années après l'événement

3) Classer des mesures de sécurité en fonction de leur importance perçue pour la réalisation de la tâche.

Pour la mesure des connaissances des participants concernant l'importance dans l'implémentation des mesures de sécurité, les participants devaient classer une liste de mesures de sécurité de la plus importante à la moins importante. La question posée était :

Question 25 : "Pour cette tâche, classez les mesures de sécurité en fonction de leur importance. De la mesure la plus importante à appliquer pour assurer la sécurité à la moins importante à appliquer."

Chacun des 47 risques que devait évaluer le participant est associé à une mesure de sécurité. Par exemple, "Avoir du oil base Grease sur la peau" qui est un produit chimique correspond à la mesure de sécurité "Porter des gants, vêtements de protection". Ainsi, le participant devait classer cette mesure par rapport aux autres suivant son importance perçue pour assurer la sécurité lors de la réalisation de la tâche.

4) Indiquer les expériences personnelles passées pour une liste de risque.

Santé du mécanicien

- **Question 26** : *“De manière générale, est-ce que ces situations ont déjà eu des conséquences sur votre santé ? Si oui, indiquez le niveau de sévérité le plus élevé. Si non, cochez “Aucun”.”*
- Échelle de Likert à 4 points allant de de 1 = “Sévérité mineure” à 4 = “Extrême sévérité. La case “Aucun” permet d’indiquer que le participant n’a jamais eu de mauvaise expérience en lien avec ce risque.

Navigabilité de l’avion

- **Question 27** : *“De manière générale, est-ce que ces situations ont déjà eu des conséquences sur la navigabilité de l’avion ? Si oui, indiquez le niveau de sévérité le plus élevé. Si non, cochez “Aucun”.”*
- Échelle de Likert à 4 points allant de de 1 = “Sévérité mineure” à 4 = “Extrême sévérité. La case “Aucun” permet d’indiquer que le participant n’a jamais eu de mauvaise expérience en lien avec ce risque.

Dans les questions 26 et 27, *“De manière générale”* a permis de ne pas focaliser l’expérience d’un risque spécifique à la tâche dans laquelle le risque apparaît. En effet, de nombreux risques peuvent être présents dans différentes tâches et nous souhaitions savoir si l’expérience personnelle en rapport à un risque peu importe le contexte, a un impact sur la perception des risques. Également, les participants devaient se référer au détail des échelles de sévérité présentées précédemment (cf. Tableau 27 et Tableau 28).

5) Indiquer son expertise sur la tâche.

L’expertise spécifique à la tâche était mesurée à la **question 28** : *“Avez-vous déjà réalisé la tâche ?”* (Question à choix multiple : *“Oui”, “Non”*).

- Si “Oui” :
 - **Question 28(a)** : *“A quelle fréquence effectuez-vous la tâche ?”*. Échelle de Likert à 5 points allant de 1 = “Rarement (Une à deux fois/an)” à 5 = “Toujours (Plusieurs fois/sem.)”,
 - **Question 28(b)** : *“Quand avez-vous réalisé la tâche pour la dernière fois ?”*. Échelle de Likert à 4 points allant de 1 = “Dans la semaine” à 5 = “Plus d’un an”.

Partie 4 - Exposition aux dangers

L'exposition perçue aux dangers était mesurée à travers la **question 29** : *“Durant votre activité quotidienne, à quelle fréquence pensez-vous : Travailler en hauteur, travailler avec des produits inflammables, etc.”*. Échelle de Likert à 5 points allant de 1 = “Jamais” à 5 = “Toujours (Tous les jours)”. Plus précisément, les participants devaient indiquer le niveau d'exposition perçu concernant une liste de 25 dangers issus de la taxonomie que nous avons créée dans la partie II.

3.2.4. Pré-test

Un pré-test a été réalisé, impliquant 3 mécaniciens aéronautiques hommes (Âge moyen : 30 ans) ayant une expérience sur A320 de 7, 8 et 10 ans et en activité dans un centre de maintenance certifié Part 145. L'un des mécaniciens est en cours d'obtention d'une licence Part 66, un autre ne possède pas de licence Part 66 et le dernier en possède une. Les mécaniciens ont été informés que l'objectif était de tester le questionnaire afin que tout mécanicien aéronautique en activité, peu importe le profil, soit en mesure de le remplir. Dans ce sens, nous leur avons demandé de verbaliser les doutes, incompréhensions, manques éventuels. Les trois sessions étaient enregistrées vocalement avec le consentement des participants. A la fin de la session, les questions suivantes étaient posées :

- Avez-vous compris toutes les questions ?
- Avez-vous eu des difficultés/doutes pour répondre aux questions ?
- Est-ce que vous pensez que tous les profils de mécaniciens pourront répondre à ces questions ?

Les résultats nous ont permis d'ajuster le questionnaire qui a été de nouveau présenté au professeur du lycée Saint Exupéry.

3.2.5. Déroulement des expérimentations

Chaque passation a été réalisée avec un mécanicien sur un créneau d'une heure. Avant de remplir le questionnaire, il était indiqué au participant qu'il serait amené à juger des risques qui ont potentiellement un impact sur sa santé ou la navigabilité de l'avion répartis dans trois tâches de maintenance sur trois caractéristiques du risque : la probabilité, la sévérité et l'immédiateté. Il lui était également indiqué qu'il aurait à disposition la procédure de maintenance en version papier dans laquelle les warnings et cautions ont été enlevés. Cependant, il n'était pas mentionné que les risques qu'il serait amené à juger sont issus des warnings et cautions. De plus, nous avons demandé aux participants de considérer pour chaque tâche de maintenance un contexte optimal. Cela veut dire que :

- Le participant a à sa disposition tous les équipements, matériels, outils, nécessaires à la bonne réalisation de la tâche ;
- Le participant est en pleine capacité pour réaliser la tâche (pas fatigué par exemple) ;
- Le participant n'est pas sous pression temporelle pour effectuer la tâche ;

- La météo et plus généralement le contexte environnemental est idéal pour effectuer la tâche.

Ces dispositions doivent permettre de définir une situation de base nominale pour l'ensemble des expérimentations et d'éviter l'impact de la variation du contexte opérationnel sur la perception des risques. Pour finir, l'accord du participant a été demandé (à travers un consentement éclairé) pour enregistrer vocalement la séance.

Une fois le contexte de l'expérimentation décrit, l'enregistrement était lancé (sous réserve de l'accord du participant) et le participant pouvait démarrer le questionnaire. Concernant la "Partie 3 : Présentation des tâches", l'ordre d'apparition des tâches a été contrebalancé afin d'éviter des effets d'ordre. Chaque participant évaluait les 47 risques et disposait de la procédure de maintenance pour chaque tâche de maintenance en version papier. Les participants avaient également à disposition un détail des échelles de sévérité et d'immédiateté des conséquences (décrit dans la section suivante intitulée "Mesures"). Une fois le questionnaire terminé, les participants étaient invités à effectuer des commentaires et remarques potentiels afin d'enrichir les résultats.

4. Plan de test, analyse des données

Le plan de test vise à expliciter la démarche d'analyse des données que nous avons suivie pour répondre aux trois questions de recherche :

- **Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques (Probabilité, Sévérité et Immédiateté) ?**
- **Q2 : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?**
- **Q3 : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?**

Pour ce faire, la Figure 70 explicite le plan que nous avons suivi.

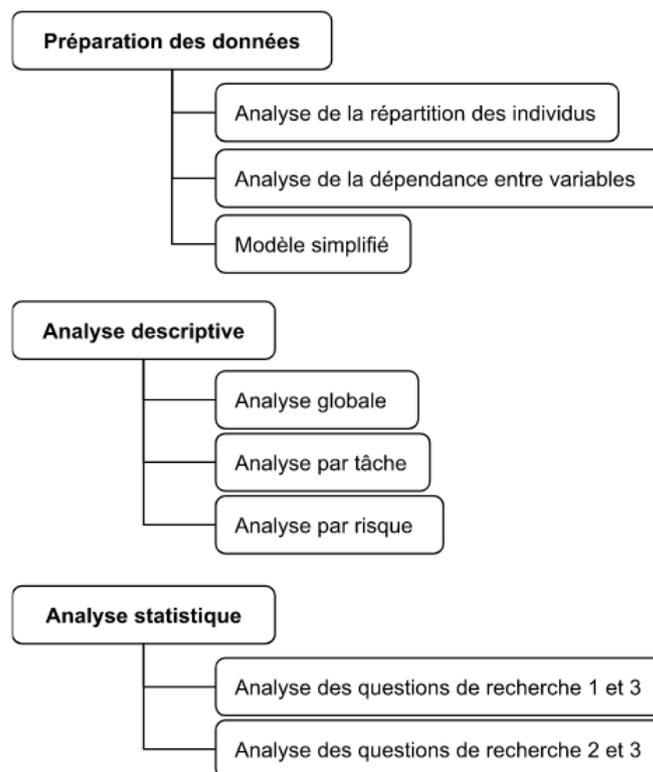


Figure 70 : Plan de test concernant la préparation, l'analyse descriptive et l'analyse statistique.

La première section intitulée “Préparation des données” aura pour objectif de créer un modèle simplifié :

- 1) En supprimant les variables pour lesquelles la répartition du nombre d'individus n'est pas suffisamment équitable pour pouvoir effectuer des tests statistiques. Ce travail correspond à la sous-section “Analyse de la répartition des individus”.
- 2) En étudiant les dépendances qu'il peut y avoir entre les variables explicatives et en créant des variables synthétiques (qui regroupent plusieurs variables explicatives). Ce travail correspond à la sous-section “Analyse des dépendances entre variables”.
- 3) La troisième sous-section présentera le modèle simplifié.

La deuxième section intitulée “Analyse descriptive” aura pour objectif d'explorer les données afin de pouvoir répondre aux questions de recherche dans l'analyse statistique. L'analyse descriptive sera découpée en trois sous sections :

- 1) Analyse globale
- 2) Analyse par tâche
- 3) Analyse par risque

Plus précisément, pour pouvoir répondre à la première question de recherche dans l'analyse statistique, nous avons besoin d'étudier la distribution des réponses des mécaniciens sur les trois caractéristiques du risque. Nous commencerons par une analyse globale afin d'obtenir une vision générale de la distribution des réponses. L'analyse par tâche et par risque permettront de préciser la manière dont les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques pour chaque tâche et pour chaque risque.

Afin de répondre à la deuxième question de recherche, nous souhaitons étudier la part de variance de la perception des risques que chaque variable explique. De ce fait, nous étudierons dans l'analyse globale, par tâche et par risque la provenance de la variance dans les réponses des 27 mécaniciens.

Concernant la troisième question de recherche, l'objectif sera de fournir des premiers éléments de réponse concernant l'existence d'une différence ou non dans la perception des risques des mécaniciens en fonction du type de risque ("Santé" ou "Navigabilité") et des facteurs qui l'influencent.

La troisième section intitulée "Analyse statistique" aura pour objectif de tester les 14 hypothèses (cf. Tableau 19) afin de répondre aux trois questions de recherche. Cependant, comme nous l'expliciterons dans l'analyse, nous ne souhaitons pas considérer les différences de perception des risques entre les risques mais souhaitons expliquer la variance au sein même des 47 risques. En effet, deux risques peuvent être perçus différemment par un même mécanicien du fait de leurs caractéristiques propres. Cependant, si nous étudions la variance de la perception des risques de manière globale ou par tâche, nos résultats seront biaisés du fait de la présence d'une variance inter-risque. Pour ce faire, l'analyse statistique sera uniquement focalisée sur une analyse par risque :

- 1) La première sous-section intitulée "6. Analyse des questions de recherche 1 et 3" permettra de répondre à la première et troisième question de recherche. Un bilan des résultats sera effectué.
- 2) La deuxième sous-section intitulée "7. L'analyse des questions de recherche 2 et 3" permettra de répondre à la deuxième et troisième question de recherche. Une analyse statistique permettra d'identifier les facteurs qui expliquent une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Un bilan des résultats sera effectué.

Une fois que les analyses descriptives et statistiques seront effectuées, nous discuterons des résultats pour chacune des trois questions de recherche séparément.

5. Structuration des données

Les 27 mécaniciens devaient juger une liste de 47 risques répartis dans trois tâches de maintenance aéronautique (installation d'une bouteille à oxygène, installation d'une pompe à carburant et installation d'une antenne VHF). Chaque risque était jugé par les participants sur trois caractéristiques du risque qui sont :

- La probabilité qu'un risque ait des conséquences sur la santé du mécanicien/la navigabilité de l'avion,
- La sévérité des conséquences sur la santé du mécanicien/la navigabilité de l'avion,
- L'immédiateté des conséquences sur la santé du mécanicien/la navigabilité de l'avion.

Voici un schéma, qui représente la structuration des données (cf. Figure 71).

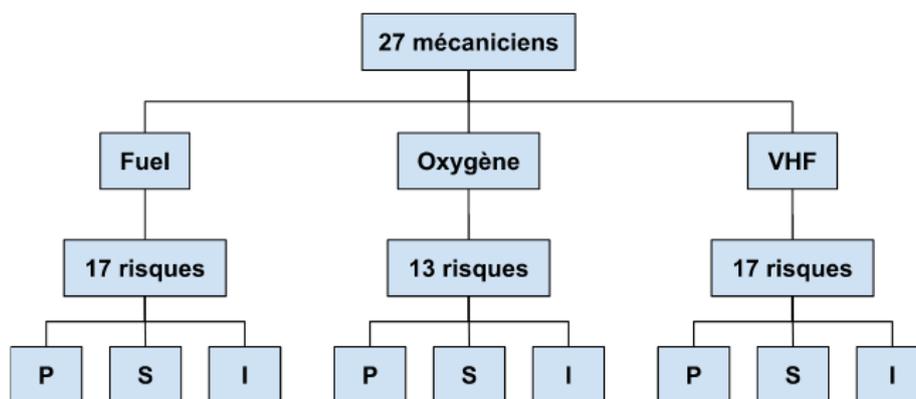


Figure 71 : Structuration des données avec P : Perception de la probabilité, S : Perception de la sévérité, I : Perception d'immédiateté.

La répartition du nombre de risques par tâche en fonction du type de risque est présentée dans le tableau 29. Deux types de risque sont envisagés : “**Navigabilité**” (Risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion) et “**Santé**” (Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens).

Tableau 29 : Répartition du nombre de risques par tâche en fonction du type de risque (Navigabilité ou Santé).

Tâches	Type de risque	Nombre de risques	Total
Fuel	Santé	13	17
	Navigabilité	4	
Oxygène	Santé	12	13
	Navigabilité	1	
VHF	Santé	13	17
	Navigabilité	4	

Concernant les variables explicatives, certaines sont globales, c'est-à-dire sans considération ni de la tâche ni du risque, d'autres spécifiques à une tâche et d'autres spécifiques à un risque. Par exemple, des variables comme les années d'expérience, l'obtention d'un bac professionnel en maintenance aéronautique, etc. sont globales car elles ne sont pas liées à une tâche ou un risque spécifique mais se réfèrent plus au profil du mécanicien aéronautique. Or, des variables qui se réfèrent à la nouveauté ou encore à la fréquence de réalisation de la tâche sont spécifiques à une tâche de maintenance. D'autres variables comme l'importance de la mesure de sécurité ou l'identification des dangers sont spécifiques à un risque. Ces informations sont cruciales pour l'analyse des questions de recherche 2 et 3 car les modèles linéaires qui seront créés, seront une combinaison linéaire de variables explicatives globales, spécifiques à une tâche et spécifiques au risque. En d'autres termes, les modèles linéaires seront différents suivant la tâche et le risque mais seront toujours composés des mêmes variables globales.

6. Préparation des données

L'analyse descriptive se décompose en deux parties :

- **L'analyse de la répartition des individus** afin d'identifier les variables explicatives pour lesquelles la répartition des individus dans chaque modalité n'est pas suffisamment équitable. Ces variables ne seront pas conservées pour l'analyse statistique.
- **L'analyse des dépendances entre variables** afin de créer des variables synthétiques qui regroupent plusieurs variables explicatives corrélées entre elles. L'objectif étant de créer un modèle simplifié qui prend en compte les dépendances entre les variables explicatives.

Pour conclure, nous présenterons le modèle simplifié qui sera employé pour l'analyse statistique.

6.1. Analyse de la répartition des individus

Pour chaque variable et sous variable, nous avons calculé le nombre d'individus répartis dans chaque modalité. Nous avons fait le choix de considérer une répartition comme suffisamment équilibrée à partir de 5 observations (soit 18% de la population totale). Par exemple, sur une variable à deux modalités, nous faisons le choix de ne pas exclure la variable tant qu'une des deux modalités possède un effectif supérieur ou égal à 5. En effet, l'étude étant exploratoire, nous souhaitons étudier les potentiels impacts d'une variable ou sous variable sur la perception des risques, malgré le fait que la répartition ne soit pas équilibrée.

Voici le modèle initialement conçu présenté Figure 72 qui représente les variables et sous variables qui ont été étudiées.

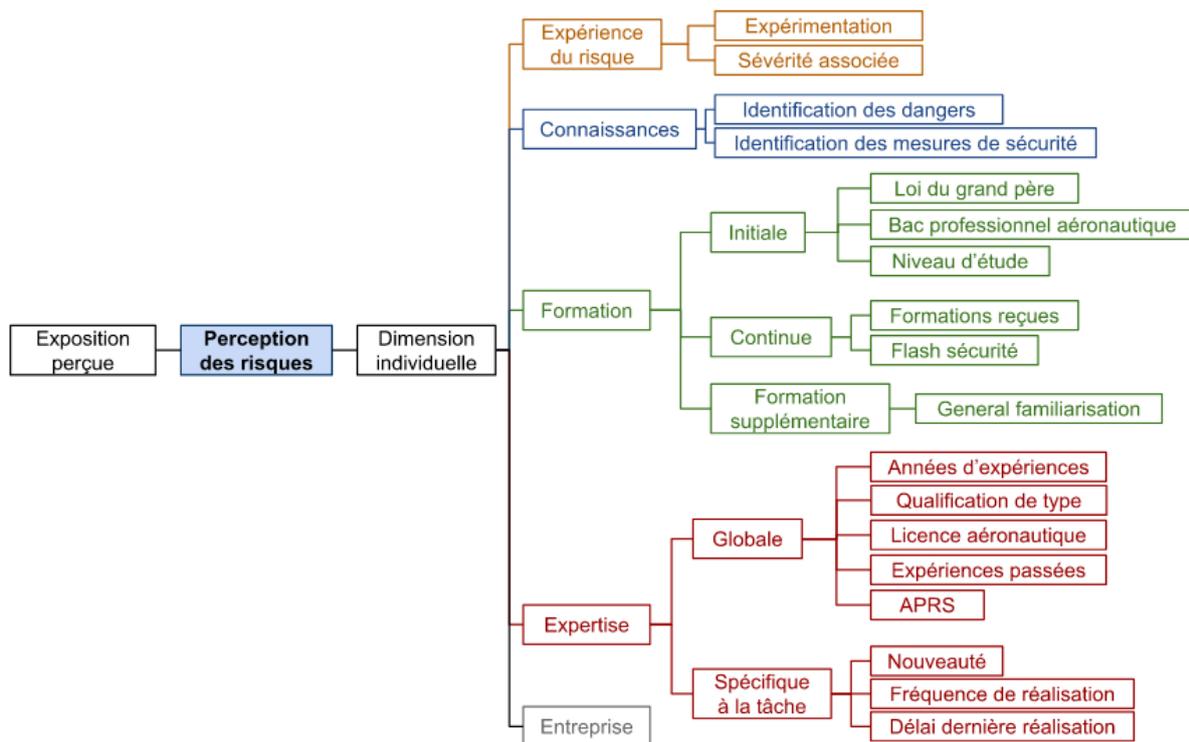


Figure 72 : Modèle de la perception des risques avec détail des modalités.

6.1.1. Expérience du risque

Le facteur “*Expérience du risque*” est décomposée en deux variables : “**Expérimentation**” qui correspond au fait que le mécanicien ait déjà expérimenté un risque ou non (Modalités : “*Oui*”, “*Non*”) ; et “**Sévérité associée**” qui correspond à la sévérité des conséquences sur la santé ou la navigabilité de l’avion qui ont été expérimentées (Modalités : “*Mineure*”, “*Majeure*”, “*Très forte sévérité*”, “*Extrême sévérité*”). Par exemple, chaque mécanicien devait indiquer si le risque “*travail en hauteur*” avait déjà eu des conséquences sur leur santé peu importe la tâche effectuée. Si oui, ils devaient indiquer le niveau de sévérité. Si aucune conséquence n’a jamais été expérimentée, les mécaniciens indiquaient “*Aucun*”. L’analyse de la répartition (cf. Tableau 30) des individus sur chaque modalité de la variable “*Expérimentation*” montre que le “*travail en hauteur*” a déjà eu des conséquences sur la santé de 8 mécaniciens (sur 27, soit 29%).

Tableau 30 : Répartition des individus pour chaque modalité de la variable “*Expérimentation*” pour le risque “*travail en hauteur*”. *Oui* : Le mécanicien a déjà eu une mauvaise expérience pour le risque Hauteur. *Non* : Le mécanicien n’a jamais eu de mauvaise expérience.

	Non	Oui
Nb participants (N=27)	19	8

Ce travail a été effectué pour les 47 risques et nous avons choisi de retenir la variable “Expérimentation”. Cependant, tous les risques ne seront pas considérés car, certains (10 sur 47) d’entre eux ne respectent pas la condition (au moins un effectif de 5 participants dans une des deux modalités).

Parmi les mécaniciens qui ont répondu “Oui”, le tableau 31 montre que le “travail en hauteur” a déjà eu des conséquences “mineures” sur 6 des 8 mécaniciens (soit 75%) et majeure sur 2 des 8 mécaniciens (soit 25%).

Tableau 31 : Répartition des individus pour chaque modalité de la variable “Sévérité associée” pour le risque “travail en hauteur”.

	Aucun	Sévérité mineure	Sévérité majeure	Très forte sévérité	Extrême sévérité
Nombre de Participants (N=27)	19	6	2	0	0

Ce travail a été effectué pour les 47 risques et nous a permis de conclure que la variable “Sévérité associée” ne devait pas être considérée dans le modèle pour les raisons suivantes :

- La répartition des individus est trop faible dans les quatre modalités pour pouvoir effectuer des tests statistiques sur les 47 risques.
- Et il semble qu’un biais ait été inclus car les réponses des participants n’étaient pas celles attendues. En effet, plusieurs mécaniciens ont indiqué le niveau de sévérité perçu associé aux risques et non à l’expérience personnelle du risque.

6.1.2. Connaissances

Les connaissances des mécaniciens ont été évaluées sur deux variables qui sont “**Identification des dangers**” et “**Importance perçue des mesures de sécurité**”.

L’identification des dangers s’est effectuée à l’aide d’une question ouverte sous forme de texte ce qui a nécessité un traitement des données collectées afin d’identifier si oui ou non les mécaniciens avaient identifié des dangers qui correspondaient aux 47 risques. Pour ce faire, nous avons, pour chaque risque, créé des sous variables (par exemple “*IdDangerOilBaseGrea*” pour le produit chimique “*Oil base grease*”) découpée en 3 modalités : “*DangerIdentifié*” qui indique que le mécanicien a identifié précisément le danger, “*DangerPasIdentifié*” qui indique que le mécanicien n’a ni identifié le danger ni sa catégorie et “*CatDangerIdentifié*” qui indique que le mécanicien a identifié la catégorie du danger

(produit chimique pour "turbine fuel"). A noter qu'un travail en amont a été effectué permettant de lier les 47 risques avec 47 dangers et 47 catégories de dangers.

Une fois ce travail effectué, nous avons étudié la répartition des réponses par modalité pour chaque risque. Par exemple, nous remarquons sur le tableau 32 que pour le risque "OilBaseGreaPeau" (qui signifie "Avoir du produit "Oil Base Grease" sur la peau) aucun participant n'a identifié le danger associé et seulement 2 ont mentionné la présence de produits chimiques dans la tâche "Oxygène".

Tableau 32 : Répartition des individus pour chaque modalité de la sous variable "IdDangerOilBaseGreaPeau". Danger Identifié : Le mécanicien a identifié le danger précisément. Danger Pas Identifié : Le mécanicien n'a ni identifié le danger ni sa catégorie. Catégorie Danger Identifié : Le mécanicien a identifié la catégorie du danger mais pas le danger précisément.

	Danger Identifié	Danger Pas Identifié	Catégorie Danger Identifié
Nb Participants (N=27)	0	25	2

De ce fait, cette sous-variable ne remplit pas la condition (au moins 5 participants dans chaque modalité) pour être considérée dans le modèle. Ce travail a été effectué pour chaque risque et seulement 9 sous variables (qui correspondent à 9 risques) ont été sélectionnées.

Concernant la variable "**Importance perçue des mesures de sécurité**", les mécaniciens avaient pour consigne de classer une liste de mesure de sécurité par ordre d'importance pour assurer la sécurité dans la réalisation de chacune des tâches de maintenance. Ainsi, chacun des 47 risques était associé à une mesure de sécurité qui a été classée par le mécanicien. Pour cette sous-variable, nous n'avons pas eu besoin d'étudier la répartition des effectifs.

6.1.3. Formation

6.1.3.1. Formation initiale

La formation initiale que reçoivent les mécaniciens est composée des variables : "**Loi du grand père**" qui permet de savoir si oui ou non le mécanicien a bénéficié de la loi du grand père (Modalités : "Oui", "Non"), "**Bac professionnel aéronautique**" qui est découpé en trois sous variables : "Reçu" qui correspond au fait d'avoir ou non un bac professionnel (Modalités : "Oui", "Non"), "Option" qui permet de connaître l'option que le mécanicien a choisi (Modalités : "Structure", "Système", "Avionique", "Autre") et "Part147" qui permet de savoir si oui ou non le mécanicien a obtenu son bac professionnel au sein d'un lycée ayant l'agrément Part 147 (Modalités : "Oui", "Non", "Je ne sais pas"). La dernière variable intitulée "**Niveau d'étude**" qui correspond au niveau d'étude du mécanicien (Modalité : "CAP", "BacPro", "Bac+1", "Bac+2").

Pour chaque variable et sous variable, nous avons analysé la répartition des effectifs dans chaque modalité. Les tableaux présentés ci-dessous synthétisent cette répartition (cf. Tableau 33).

Tableau 33 : Répartition des effectifs pour chaque modalité de chaque variable et sous variable du facteur "Formation initiale".

Loi du grand père (N=27)		Niveau d'étude (N=27)			
OUI	NON	CAP	Bac Pro	Bac+1	Bac+2
5	22	4	16	3	4

Bac Pro (N=16)						
Obtenu dans un Part 147 (N=16)			Spécialité (N=16)			
Oui	Non	Ne sait pas	Structure	Système	Avionique	Autre
11	3	2	3	10	2	1

La formation initiale sera donc composée de deux variables "Loi du grand père" et "Bac professionnel aéronautique" (Effectif Oui : 16 et effectif Non : 11) qui fera uniquement référence au fait d'avoir obtenu ou non un bac professionnel aéronautique (sous variable "Reçu"), car ces variables sont les seules à respecter la condition "effectif supérieur ou égal à 5".

6.1.3.2. Formation continue

La formation continue est composée des variables : "**Formations reçues**" qui correspond au fait d'avoir reçu ou non une formation spécifique il y a moins de six mois (Modalités : "Oui", "Non") et "**Flash sécurité**" qui correspond au fait de recevoir une sensibilisation de la part de l'employeur. Cette variable est-elle même découpée en trois sous variables : "Reçu" qui correspond au fait d'avoir reçu un flash sécurité (Modalités : "Oui", "Non"), "Risque associé" qui correspond au risque qui a été communiqué (Question ouverte) et "Format" qui correspond au format avec lequel le risque a été communiqué (Modalités : "Mail", "Affiche", "Oral de la part d'un professionnel sécurité", "Oral de la part du manager").

Pour chaque variable et sous variable, nous avons analysé la répartition des effectifs dans chaque modalité. Concernant "Formations reçues", par exemple, 14 mécaniciens ont indiqué avoir reçu la formation EWIS il y a moins de 6 mois et 13 ont indiqué ne pas l'avoir reçu. Parmi les 19 formations, 13 seront retenues pour l'analyse statistique. Concernant, la variable "Flash sécurité", on observe que 10 mécaniciens sur 27 ont reçu un flash sécurité avec une répartition à peu près équitable dans les modalités liées à la sous variable "format" (Modalités : Mail = 6, Affiche = 5, Oral de la part d'un professionnel sécurité = 1, Oral de la part du manager = 4).

Concernant la sous variable “*Risque associé*”, nous avons observé que les réponses des mécaniciens ne correspondent à aucun de nos 47 risques. Ainsi, même si nous choisissons de considérer les sous variables “*Reçu*” et “*Format*”, les risques mentionnés par les participants dans la sous variable “*Risque associé*” ne correspondent à aucun des 47 risques de notre étude. De ce fait, même si les répartitions sont suffisamment équilibrées, il n’est pas judicieux de considérer la variable “*Flash sécurité*” car nous ne pourrions comparer les réponses à aucun des 47 risques de notre étude.

6.1.3.3. Formation supplémentaire

La formation supplémentaire que reçoivent les mécaniciens est composée uniquement de la variable “*General familiarisation*” qui permet de mesurer si oui ou non le mécanicien a effectué une général familiarisation concernant le fonctionnement de l’A320 (Modalité : “Oui”, “Non”). L’analyse de la répartition des participants au sein des modalités nous permet de retenir cette sous variable (Oui = 8, Non = 19).

6.1.4. Expertise

6.1.4.1. Expertise globale

L’expertise globale des mécaniciens est décomposée en 5 variables qui sont elles-mêmes découpées en sous variables comme présenté dans le tableau 34.

Tableau 34 : Liste des variables, sous variables et modalités de l’expertise globale.

Variables	Sous variables	Modalités
Années d’expérience	Total	Quantitative
	Avec licence	Quantitative
	Sans licence	Quantitative
	A320	Quantitative
Qualifications de type	Actuelles A320	Oui/Non
	Perdues A320	Oui/Non
Licence aéronautique	Obtenu	Oui/Non
	Liste des catégories	Oui/Non
	En cours de formation	Oui/Non
Expériences passées	Liste de 19 expériences passées	Oui/Non
Possession APRS		Oui/Non

Concernant les années d'expérience, les variables étant quantitatives, nous n'avons pas besoin de tester la répartition. **Concernant la variable "Qualification de type"** qui est découpée en deux sous variables qui sont "*Actuelles A320*" qui correspond au fait que le mécanicien possède une qualification de type A320 valide et "*Perdues A320*" qui correspond au fait que le mécanicien a possédé une qualification de type A320 valide mais qu'elle ne l'est plus aujourd'hui.

L'analyse des répartitions nous indique que la répartition est équilibrée pour la sous-variable "*Actuelles A320*" (Oui = 12, Non = 15) mais pas pour la sous-variable "*Perdues A320*" (Oui = 2, Non = 25) qui sera exclue du modèle.

Concernant la variable "Licence aéronautique" qui est découpée en trois sous variables qui sont : "*Obtenu*" qui correspond au fait que le mécanicien possède une licence aéronautique ou non, "*Liste des catégories*" qui correspond à la liste des catégories de licence que possède le mécanicien et "*En cours de formation*" qui correspond au fait que le mécanicien soit en cours de formation pour l'obtention d'une licence aéronautique. Concernant "*Obtenu*" (Oui = 15, Non = 12) et "*En cours de formation*" (Oui = 7, Non = 20), l'analyse des réparations nous permet de conserver ces sous variables. Concernant "*Liste des catégories*", l'analyse des répartitions des individus nous a permis de retenir uniquement trois catégories : B1.1 (Oui = 13, Non = 14), B2 (Oui = 9, Non = 18) et C (Oui = 5, Non = 22).

Concernant la variable "Expériences passées" qui correspond à une liste de 19 expériences passées pour lesquelles les mécaniciens devaient indiquer si oui ou non ils avaient eu cette expérience professionnelle. L'analyse des répartitions nous a permis de retenir 5 expériences passées sur les 19 qui sont : "*Chez un constructeur aéronautique*" (Oui = 9, Non = 18), "*En maintenance en base*" (Oui = 15, Non = 12), "*Sur avions de ligne*" (Oui = 12, Non = 15), "*En maintenance en ligne*" (Oui = 14, Non = 13), "*Dans un centre de maintenance moyen*" (<250 employés)" (Oui = 9, Non = 18). Nous avons également fait le choix d'ajouter une sous variable intitulée "*Nombre d'expériences passées*" qui correspond au nombre d'expériences passées (qui traduit de la diversité de ces expériences) du participant. Celle-ci comporte deux modalités : inférieure ou égale à 3 (18 participants) et supérieure à 3 (9 participants). Ce choix permet simplement d'obtenir une répartition suffisamment équilibrée pour l'analyse statistique.

Concernant la variable "Possession d'une APRS" et sous variable "*Possession APRS*" qui correspond à l'obtention par le mécanicien d'une APréparation de Remise en Service, l'analyse des répartitions (Oui = 10, Non = 17) nous indique que l'on peut conserver cette sous-variable dans notre modèle.

6.1.4.2. Spécifique à la tâche

L'expertise spécifique à la tâche est découpée en 3 variables : "**Nouveauté**" qui permet de mesurer si le mécanicien a déjà effectué la tâche (Modalités : "Oui", "Non"), "**Fréquence de réalisation**" correspond à la fréquence à laquelle le mécanicien effectue la tâche s'il a répondu "Oui" à la question précédente (Modalités : "*Rarement (Une à deux fois/an)*", "*Parfois (Plusieurs fois/an)*", "*Souvent (Plusieurs fois/mois)*", "*Toujours (Plusieurs fois/sem.)*") et "**Délai dernière réalisation**" qui correspond au moment où le mécanicien a effectué pour la dernière fois la tâche (Modalités : "Dans la semaine", "Dans le mois, Entre 2 et 6 mois", "Entre 6 mois et 1 an", "Plus d'un an"). L'analyse de la répartition des participants dans chaque modalité nous informe que la variable "**Nouveauté**" peut être retenue pour l'analyse statistique du fait que la répartition des participants dans les trois modalités pour les trois tâches de maintenance soit suffisamment équilibrée (Tâche Oxygène : Oui =22, Non=5 ; Tâche Fuel : Oui = 16, Non= 11 ; Tâche VHF : Oui = 18, Non=9).

Concernant la variable "**Fréquence de réalisation**", nous l'avons réencodé du fait que la répartition ne soit pas suffisamment équilibrée dans les quatre modalités. En effet, pour les trois tâches de maintenance, les modalités "*Souvent*" et "*Toujours*" sont composées de moins de 3 participants (sur 22 pour Oxygène, 16 pour Fuel et 18 pour VHF) ce qui ne nous permet pas non plus de les regrouper. De ce fait, nous avons choisi de la réencoder en deux modalités ("*Rarement (Une à deux fois/an)*", "*Parfois (Plusieurs fois/an)*" qui absorbe "*Souvent*") la variable "**Fréquence de réalisation**", ce qui permet d'obtenir une répartition équilibrée pour deux tâches de maintenance (Tâche Oxygène : Rarement =11, "Parfois =11 ; Tâche VHF : Rarement = 13, Parfois =5). La répartition pour la tâche Fuel étant : Rarement = 12, Parfois = 4.

Concernant la variable "**Délai dernière réalisation**", nous avons également choisi de la réencoder afin d'obtenir une répartition suffisamment équilibrée dans chaque modalité. Ainsi, nous avons choisi de réencoder la variable en deux modalités qui sont "*Moins 1 an*" (qui regroupe les modalités : "*Dans la semaine*", "*Dans le mois*", "*Entre 2 et 6 mois*", "*Entre 6 mois et 1 an*") et "*Plus 1 an*". Cela nous permet d'obtenir la répartition suivante (cf. Tableau 35) pour les trois tâches de maintenance.

Tableau 35 : Répartition de la variable "Délai dernière réalisation".

Tâches	Délai dernière réalisation	
	Moins d'un an	Plus d'un an
Oxygène	13	9
Fuel	8	8
VHF	5	13

6.1.5. Exposition perçue aux dangers

L'exposition perçue aux dangers consistait pour les 27 participants à indiquer le niveau auquel ils pensaient être exposés pour une liste de 25 dangers sur une échelle de Likert à 5 points. Comme nous avons choisi de considérer l'exposition perçue comme étant une variable quantitative et non catégorielle, nous n'avons pas analysé la répartition des participants pour chaque modalité.

6.1.6. Entreprise

Comme les participants proviennent de centres de maintenance différents, nous avons choisi d'ajouter la variable "**Entreprise**" qui permettrait d'identifier si l'appartenance à une entreprise particulière a un impact sur la perception des risques et peut expliquer une part significative de la variance de la perception des risques. La répartition des mécaniciens par entreprise est présentée dans le tableau 36. Nous remarquons que la répartition dans chaque modalité (qui correspond à l'entreprise) est suffisamment équitable sauf pour la première entreprise. Malgré le non-respect de la condition et parce que nous étudions l'impact de l'entreprise sur la perception des risques, nous avons quand même fait le choix de conserver les 4 entreprises.

Tableau 36 : Répartition des participants dans chaque entreprise.

	Entreprise 1	Entreprise 2	Entreprise 3	Entreprise 4
Nb Participants	4	9	9	6

6.2. Analyse des dépendances entre les variables

Pour analyser les dépendances entre les variables explicatives, nous avons choisi de nous focaliser sur celles qui sont communes à tous les risques. En effet, certaines variables explicatives ne sont pas associées à une tâche ou même un risque spécifique. Par exemple, la variable "*LicencePart66*" qui correspond au fait de posséder (ou non) une licence Part 66 sera étudiée peu importe la tâche et le risque. Alors que la variable "*RealTacheVHF*" qui permet de savoir si oui ou non le mécanicien a déjà effectué la tâche est spécifique à celle-ci. En revanche, il y a des variables qui sont spécifiques à un risque comme, par exemple "*IdDangeNonAqueuCleanPeau*" qui permet de mesurer si les mécaniciens ont identifié le risque dans la tâche de maintenance. De ce fait, nous avons fait le choix de nous focaliser sur les variables globales et par tâche, l'objectif étant d'identifier s'il existe des dépendances entre les variables qui sont présentes dans plusieurs modèles linéaires, cela afin de simplifier le modèle.

Pour ce faire, nous avons réalisé un dendrogramme avec la fonction “ClustOfVar” sur le logiciel RStudio, ce qui permet d’identifier les variables qui sont liées et qui peuvent être regroupées. Afin de déterminer le nombre de groupements qui peuvent être effectués, nous avons choisi d’utiliser le critère de stabilité dont la courbe est représentée sur la figure 73. Plus le critère est proche de 1 pour un nombre de groupes spécifiques, plus le groupement est stable. De ce fait, nous avons choisi de retenir le nombre de groupes $k=9$ car, en plus d’avoir un critère de stabilité parmi les plus haut, c’est le niveau pour lequel les groupes créés sont les plus cohérents. Par exemple, avec un k égal à 8, les variables “General familiarisation” (ou “GenFam”), “RealTacheFuel” et “DernierFoisRealTacheFuel” sont insérées dans un même groupe. Or avec un k égal à 9, “GenFam” est extraite du groupe et disposée seule, ce qui est plus cohérent car le fait que le mécanicien réalise une General familiarisation n’est pas lié avec l’expertise du mécanicien sur la tâche “Fuel”.

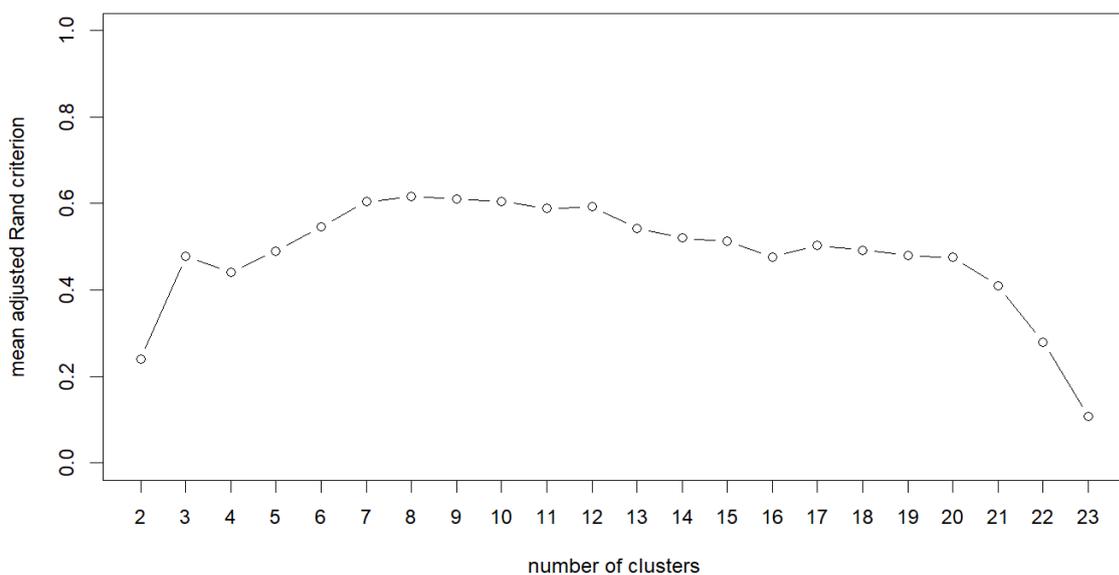


Figure 73 : Critère de stabilité des partitions (de variables) obtenues par la classification hiérarchique. Ce graphique permet d’identifier le nombre de classes optimales à sélectionner. Plus le “mean adjusted rand criterion” est proche de 1.0, plus la partition.

Une fois le nombre de groupes k identifié, nous avons réalisé le dendrogramme sur la figure 74.

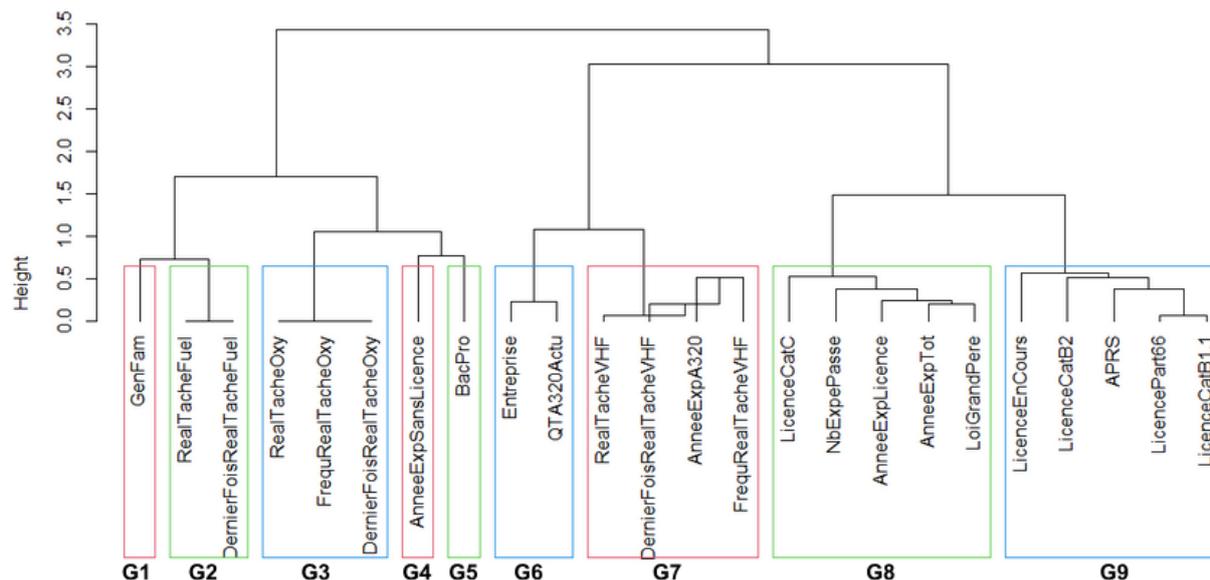


Figure 74 : Dendrogramme obtenu par la classification hiérarchique des variables. Les rectangles colorés correspondent aux 9 groupes retenus de variables.

La figure 74 nous indique que :

1. Le premier groupe (G1) est uniquement composé de la variable "GenFam" qui mesure si oui ou non le mécanicien a reçu une general familiarisation A320.
2. Le deuxième groupe (G2) fait référence à l'expertise du mécanicien sur la tâche "Fuel" et il est composé des variables "RealTacheFuel" et "DernierFoisRealTacheFuel".
3. Le troisième groupe (G3) fait référence à l'expertise du mécanicien sur la tâche "Oxygène" et il est composé des variables "RealTacheOxy" et "DernierFoisRealTacheOxy".
4. Le quatrième groupe (G4) est composé de la variable "AnneeExpSansLicence" qui mesure le nombre d'années d'expérience du mécanicien sans posséder de licence Part 66.
5. Le cinquième groupe (G5) est composé de la variable "BacPro" qui mesure si oui ou non le mécanicien possède un bac professionnel aéronautique.
6. Le sixième groupe (G6) composé des variables "Entreprise" et "QTA320" correspond à l'activité de l'entreprise. En effet, parce que des organismes de maintenance avaient une activité de maintenance uniquement sur ATR ou bien A330, les mécaniciens aéronautiques ne disposaient pas de la QT A320.
7. Le septième groupe (G7) "RealTacheVHF", "FrequRealTacheVHF", "DernierFoisRealTacheVHF" et "AnneeExpA320" correspond à l'expertise du mécanicien sur la tâche "VHF". La variable "AnneeExpA320" a été ajoutée à ce groupe mais n'est pas très bien représentée (squared loading à 30%). Elle aura donc un impact moindre en comparaison avec les autres variables de ce groupe.

8. Le huitième groupe (G8) est composé des variables “LicenceCatC”, “NbExpPassee”, “AnneeExpLicence”, “AnneeExpTot” et “LoiGrandPere” ce qui correspond à l’expérience du mécanicien. En effet :
- La licence de catégorie C ne peut être obtenue que si le mécanicien justifie d’une certaine ancienneté.
 - Le nombre d’expériences passées mesure les différentes expériences que le mécanicien possède dans différents environnements de maintenance.
 - Les années d’expérience avec licence et totales mesurent l’expérience du mécanicien.
 - Et enfin la loi du grand père permet d’identifier si oui ou non le mécanicien a obtenu par acquis d’expérience une licence part 66.
9. Le neuvième groupe (G9) est composé des variables “LicenceEnCours”, “LicenceCatB2”, “APRS”, “LicencePart66” et “LicenceCatB1.1” ce qui correspond aux certifications que possède le mécanicien aéronautique et l’état des certifications (En cours par exemple).

De ce fait, les **9 variables synthétiques créées** sont : “Experience”, “AnneeExpSansLicence”, “ExpertiseVHF”, “ActivitéEntreprise”, “BacPro”, “Certifications”, “GenFam”, “ExpertiseFuel” et “ExpertiseOxy”.

Une fois les groupes effectués, la fonction “cuttreeVar” de “ClustOfVar” permet de créer des variables synthétiques (une pour chaque groupe) en attribuant à chaque observation (27 dans notre cas) une valeur numérique. Voici sur le tableau 37, les 5 premières observations pour les 9 variables synthétiques.

Tableau 37 : Extrait des 5 premières observations (sur 27) pour les 9 variables synthétiques.

Participants	Experience	AnneeExpSansLicence	ExperienceVHF	ActivitéEntreprise	BacPro	Certifications	GenFam	ExperienceFuel	ExperienceOxy
1	-1.43811466	0.3997490	-1.5317744	-1.2480229	-0.8291562	-1.7558403	-0.591608	-1.5411035	-1.172604
2	-0.99617065	0.3997490	2.3765935	-1.2480229	-0.8291562	-1.7558403	-0.591608	-1.5411035	-1.172604
3	-1.39338593	-0.9129402	2.5186758	-1.2480229	-0.8291562	-1.7558403	-0.591608	0.6488857	1.705606
4	-1.34865720	0.6914577	2.6133973	-1.2480229	-0.8291562	-1.7558403	-0.591608	0.6488857	-1.172604
5	5.16639741	0.1080403	-1.3330682	0.4279667	-0.8291562	1.2556012	-0.591608	0.6488857	1.705606

A présent, il s'agit de mieux comprendre comment les variables de chaque cluster sont représentées. Pour ce faire, nous avons réalisé des boîtes à moustaches comme nous pouvons le voir sur la figure 75. Plus précisément, pour la variable "**Expérience**" comprise entre "-1.97" et "5.17" pour les 27 observations, nous constatons que les participants qui ont répondu "*Non*" à la question "*Avez-vous bénéficié de la loi du grand père ?*" sont associés à des scores négatifs dans la variable synthétique "**Expérience**".

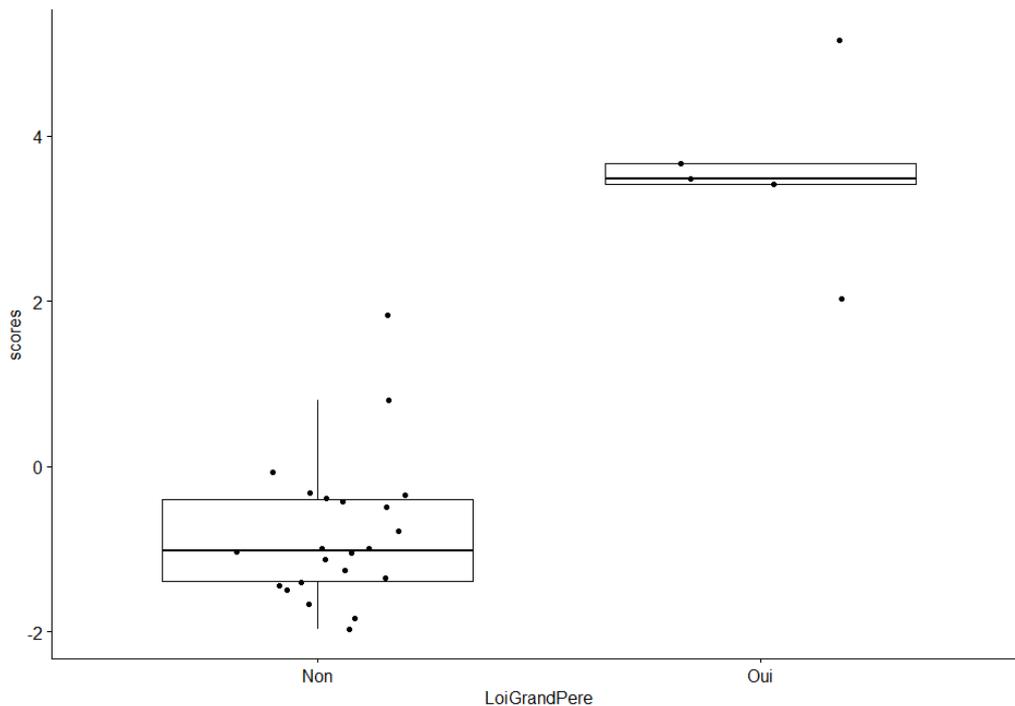


Figure 75 : Représentation de la variable "*LoiGrandPere*" sur la variable synthétique "*Expérience*".

Nous avons effectué ce travail pour chaque variable de la variable synthétique "**Expérience**" et nous observons que plus les scores tendent vers "-1.97" plus le mécanicien a une expérience faible avec licence ("*AnneeExpLicence*"), une expérience faible totale ("*AnneeExpTot*"), un nombre d'expériences passées faible ("*NbExpePasse*"), ne possède pas de licence de catégorie C ("*LicenceCatC*") ou n'a pas bénéficié de la loi du grand père. En d'autres termes, plus le score est faible sur la variable synthétique "**Expérience**", moins le mécanicien possède d'expérience.

Concernant la variable synthétique "**AnneeExpSansLicence**" dont le score est compris entre "-1.06" et "3.31", nous remarquons que plus le score est faible, plus le mécanicien à un nombre d'années d'expérience sans licence faible.

Concernant la variable synthétique "**ExpertiseVHF**" dont le score est compris entre "-1.62" et "3", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui ont déjà effectué la tâche. Cependant, nous n'observons pas de différence entre les mécaniciens qui l'ont effectué pour la dernière fois, il y a moins d'un an ou plus d'un an. Ou bien entre les mécaniciens qui effectuent la tâche

“Parfois” et ceux qui l’effectuent “Rarement”. En effet, comme il est possible de le constater sur les figures 76 et 77, la différenciation s’effectue entre le groupe “Jamais” qui inclut les mécaniciens qui n’ont jamais effectué la tâche et les deux autres. En d’autres termes, la variable synthétique fait principalement la distinction entre les mécaniciens qui ont une expérience sur la tâche et ceux qui ne l’ont jamais réalisée.

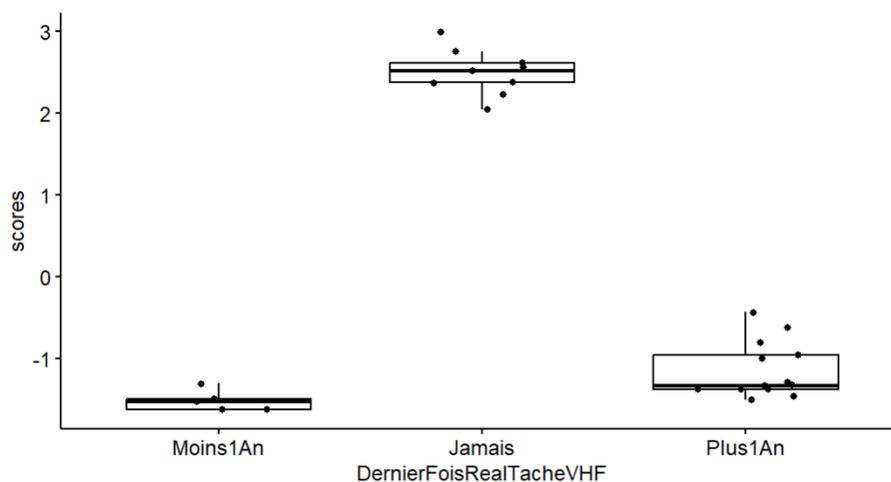


Figure 76 : Représentation de la variable “DernierFoisRealTacheVHF” sur la variable synthétique “ExpertiseVHF”.

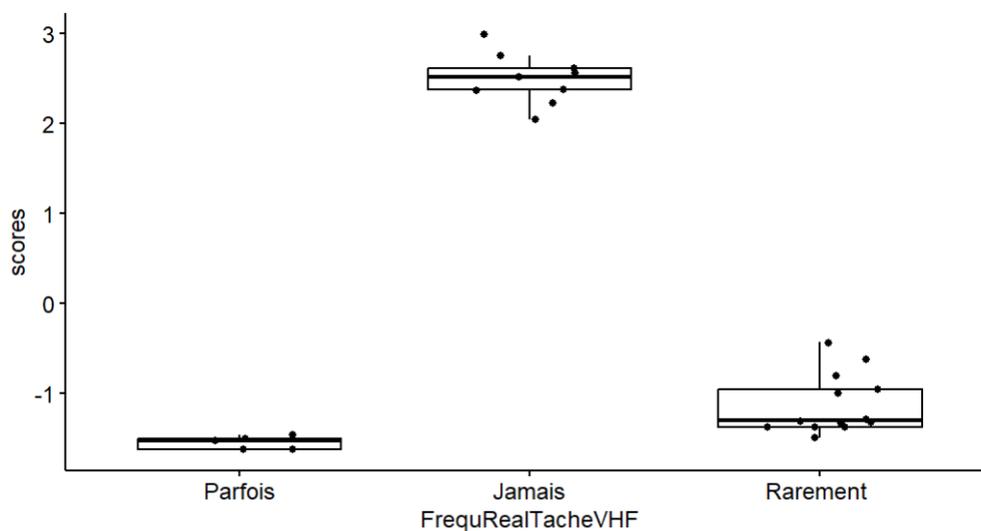


Figure 77 : Représentation de la variable “FrequRealTacheVHF” sur la variable synthétique “ExpertiseVHF”.

Concernant la variable “AnneeExpA320”, nous remarquons que plus le mécanicien a un nombre d’années d’expérience élevé, plus le score est élevé, ce qui n’est pas en accord avec les autres variables qui composent la variable synthétique “ExpertiseVHF”. Cependant, la variable n’étant pas bien représentée dans ce cluster (seulement 30%), l’impact de celle-ci sera moindre sur les résultats. En d’autres termes, un mécanicien qui n’a jamais effectué la tâche et donc qui possède une expertise faible sera associé à un score élevé sur la variable synthétique.

Concernant la variable synthétique "**ActivitéEntreprise**" dont le score est compris entre "-1.2480" et "1.90", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui travaillent dans un centre de maintenance pour lequel l'obtention d'une QTA320 n'est pas nécessaire du fait notamment d'une activité autre que celle sur A320. Ainsi, les mécaniciens qui ne possèdent pas de QTA320 et qui travaillent dans un centre de maintenance dont l'activité ne nécessite pas la possession d'une QTA320 seront associés à des scores faibles sur la variable synthétique "**ActivitéEntreprise**".

Concernant la variable synthétique "**BacPro**" dont le score est compris entre "-0.83" et "1.20", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui possèdent un bac professionnel aéronautique et un score élevé correspond à des mécaniciens qui ne possèdent pas un bac professionnel aéronautique.

Concernant la variable synthétique "**Certifications**" dont le score est compris entre "-0.83" et "1.20", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui ne possèdent pas de "**LicencePart66**", de "**Licence B1.1**", de "**LicenceB2**" ou encore d'"**APRS**". Cependant, un score faible sur la variable synthétique correspond également à des mécaniciens qui sont en cours d'obtention d'une licence Part 66 ("**LicenceEncours**"). En d'autres termes, un score faible correspond à des mécaniciens qui ne possèdent pas ou pas encore de certification.

Concernant la variable synthétique "**GenFam**" dont le score est compris entre "-1.54" et "0.65", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui ont effectué une général familiarisation sur A320.

Concernant la variable synthétique "**ExpertiseFuel**" dont le score est compris entre "-1.17" et "1.70", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui ont déjà effectué la tâche. Cependant, comme pour la variable "**ExpertiseVHF**", la variable synthétique fait principalement la distinction entre les mécaniciens qui ont une expérience sur la tâche et ceux qui ne l'ont jamais réalisée.

Concernant la variable synthétique "**ExpertiseOxy**" dont le score est compris entre "-0.82" et "3.63", nous remarquons qu'un score faible correspond à des mécaniciens qui ont déjà effectué la tâche. Cependant, comme pour la variable "**ExpertiseVHF**" et "**ExpertiseFuel**", la variable synthétique fait principalement la distinction entre les mécaniciens qui ont une expérience sur la tâche et ceux qui ne l'ont jamais réalisée.

6.3. Modèle simplifié

L'approche développée précédemment nous a permis de créer un modèle simplifié, représenté sur la figure 78.

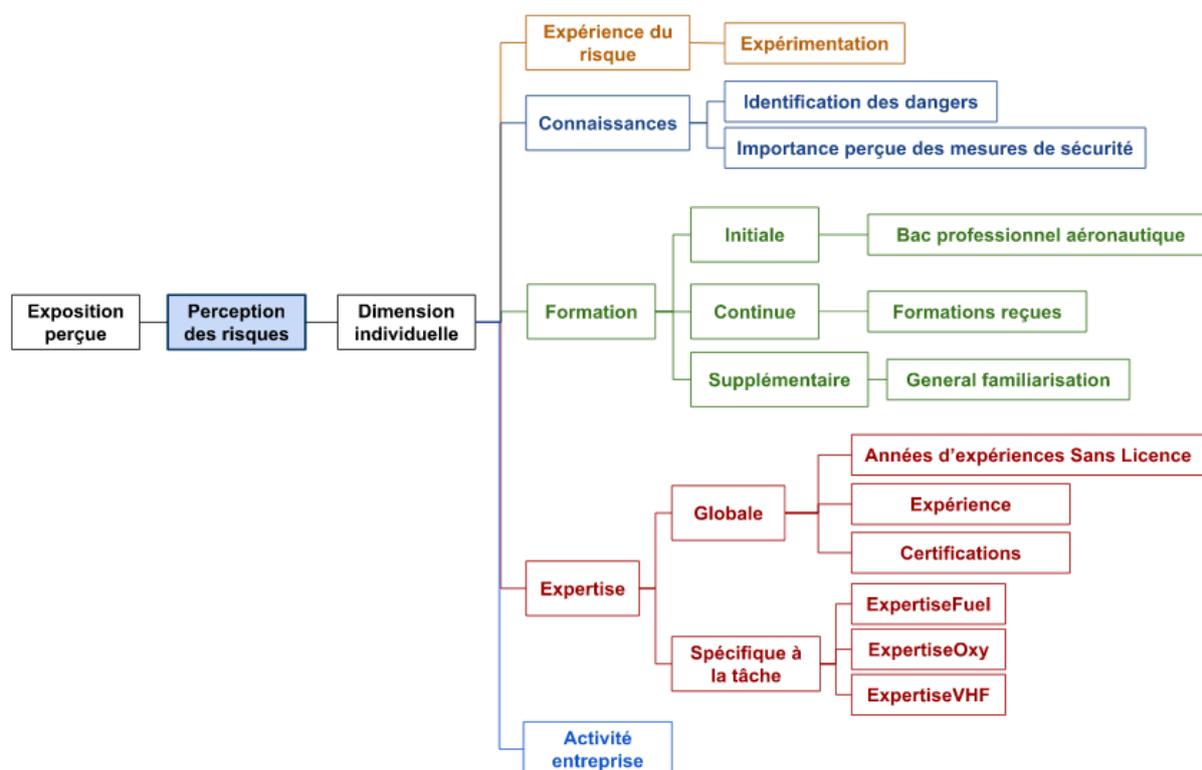


Figure 78 : Modèle simplifié de la perception des risques.

L'étude de la perception des risques s'effectue sur 47 risques dont 38 de type "Santé" et 9 de type "Navigabilité" répartis dans trois tâches de maintenance. Plus précisément, certaines variables sont globales dans le sens où elles ne sont ni associées à une tâche, ni associées à un risque, alors que d'autres sont associées à une tâche spécifique (expertise du mécanicien sur la tâche) ou encore à un risque spécifique (identification du danger associé à un risque). Cette distinction est cruciale pour la suite de l'étude car les variables explicatives varient suivant le risque dans les modèles linéaires.

Voici un tableau récapitulatif des variables qui seront testées dans chaque analyse.

Tableau 38 : Variables qui composeront le modèle linéaire lors de l'analyse statistique.

	Variables
Globale	General familiarisation, Années d'expériences Sans Licence, BacPro, Activité Entreprise, Expérience, Certifications
Par tâche	Expertise Fuel, Expertise Oxygène, Expertise VHF
Par risque	Expérimentation, Identification des dangers, Importance perçue des mesures de sécurité, Formations reçues

7. Analyse descriptive

L'analyse descriptive est découpée en quatre parties : "Analyse globale", "Analyse par tâche", "Analyse par risques" et "Analyse des individus atypiques". Plus précisément, l'objectif est d'étudier, pour les trois caractéristiques du risque, 1) La distribution des réponses sur les échelles de Likert pour les trois caractéristiques du risque. 2) La variance des réponses des mécaniciens pour les trois caractéristiques du risque. 3) La distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité" pour les trois caractéristiques du risque. Ce travail permettra de fournir les éléments essentiels pour répondre aux trois questions de recherche. L'analyse des individus atypiques aura pour objectif d'identifier si des profils spécifiques de mécaniciens pourraient expliquer une perception des risques particulière. A noter que l'analyse des réponses "Je ne sais pas" ne sont pas incluses dans chaque analyse mais disponibles en annexe (section "Analyse des réponses "Je ne sais pas").

Pour rappel les trois questions de recherche sont :

- **Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques (Probabilité, Sévérité et Immédiateté) ?**
- **Q2 : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?**
- **Q3 : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?**

7.1. Analyse globale

L'analyse globale permet d'étudier la distribution du nombre de réponses pour chaque point des échelles de Likert sur les trois caractéristiques du risque. Sur chaque graphique, une distinction sera effectuée entre les risques ayant un impact sur la santé du mécanicien et les risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion. A noter que les pourcentages n'atteignent pas 100% car cela correspond aux réponses "Je ne sais pas" disponibles en annexe (Annexe 2 - Analyse des réponses "Je ne sais pas").

7.1.1. Perception de la probabilité

La Figure 79 représente le nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) pour chaque point de l'échelle de probabilité exprimé par les 27 participants sur les 47 risques dans les trois tâches de maintenance.

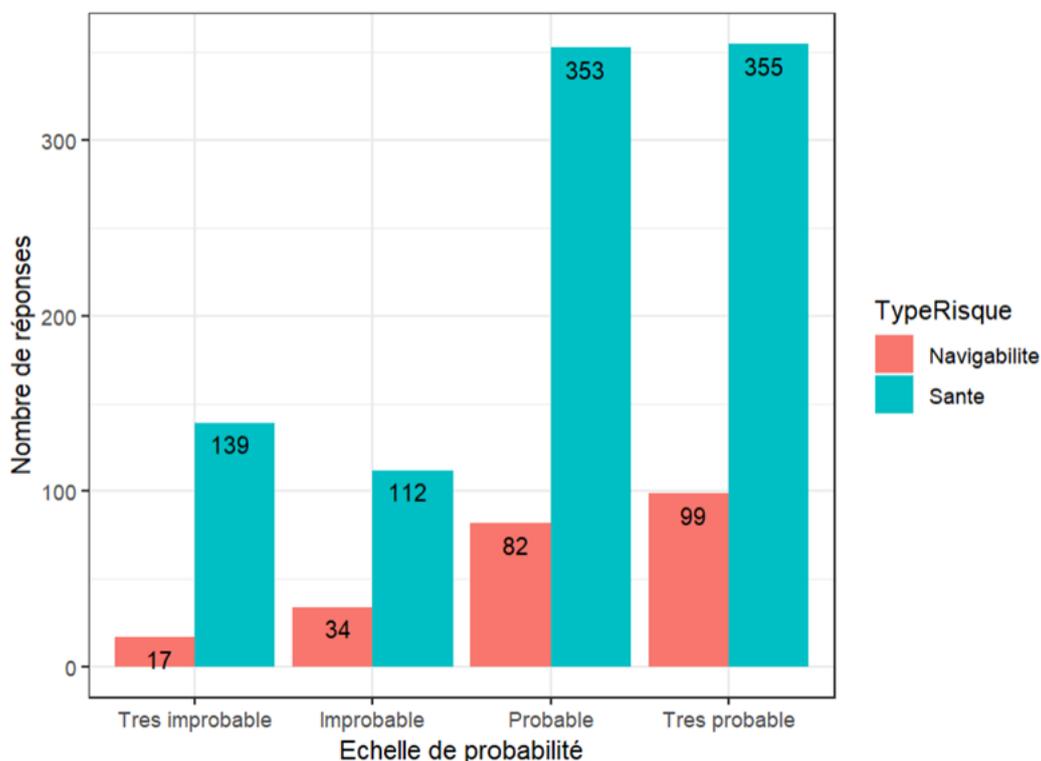


Figure 79 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l'échelle de probabilité (NTotal=1269, NSanté =1026, NNavigabilité = 243).

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous remarquons sur la Figure 79 que le nombre le plus élevé de réponses pour le type de risque "Navigabilité" correspond à la perception "Très probable" (99/243 réponses, soit 41%), suivi par la perception "Probable" (82/243 réponses, soit 34%). Concernant le type de risque "Santé", le nombre le plus élevé de réponses correspond à la perception "Très probable" (355/1026 réponses soit, 35%) suivi très sensiblement par la perception "Probable" (353/1026 réponses, soit 34%). En d'autres termes, les mécaniciens ont une perception plutôt pessimiste concernant la probabilité d'impact des risques pour les deux types de risque. Cependant, une proportion non négligeable de réponses sont sur les points "Très improbable" et "Improbable" ce qui signifie que malgré cette tendance, les mécaniciens aéronautiques peuvent également avoir une perception des risques plutôt optimiste concernant la probabilité d'impact des risques pour les deux types de risque.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité.

Malgré cette tendance, nous remarquons que les réponses sont distribuées sur les quatre valeurs de l'échelle de probabilité. Cela montre la présence d'une variance de la perception de la probabilité d'impact des risques sur la santé du mécanicien ou la navigabilité de l'avion.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque “Santé” et “Navigabilité”.

Nous n’observons pas de distinction notable dans la perception de la probabilité pour les deux types de risque. Cependant, nous remarquons une proportion plus importante de réponses “Très improbables” (en comparaison avec le point “Improbable”) pour le type de risque “Santé” que “Navigabilité”. Également, que la proportion de réponses “Très improbable” est supérieure de 6% pour le type de risque “Santé” par rapport au type de risque “Navigabilité”.

7.1.2. Perception de la sévérité

La figure 80 représente le nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) pour chaque catégorie de l’échelle de sévérité exprimée par les 27 participants sur les 47 risques dans les trois tâches de maintenance.

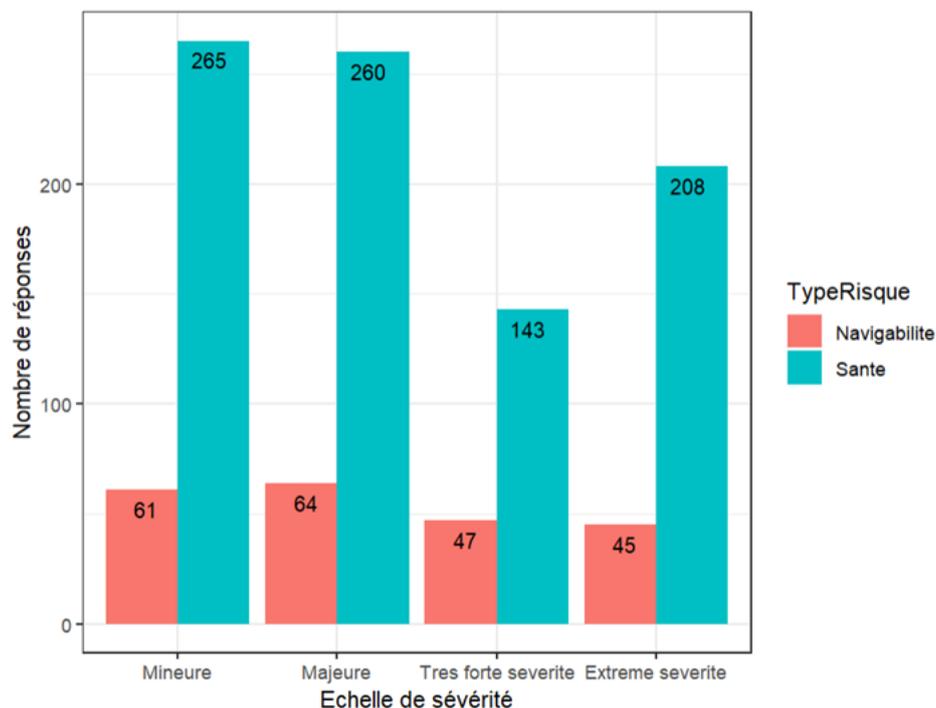


Figure 80 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l’échelle de sévérité (N_{Total}=1269, N_{Santé} = 1026, N_{Navigabilité} = 243).

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous remarquons sur la Figure 80 que le nombre le plus élevé de réponses pour le type de risque “Navigabilité” correspond à la perception “Majeure” (64/246 réponses, soit 26%), suivi par la perception “Mineure” (61/243 réponses, soit 25%). Concernant le type de risque “Santé”, le nombre le plus élevé de réponses correspond à la perception “Mineure” (265/1026 réponses, soit 26%) suivi très sensiblement par la perception “Majeure” (260/1026 réponses, soit 25%). En d’autres termes, les mécaniciens ont tendance à avoir une perception des risques plutôt optimiste concernant la sévérité des conséquences. Cependant, une proportion non négligeable de réponses sont sur les points “Très

forte sévérité” et *“Extrême sévérité”* ce qui signifie que malgré cette tendance, les mécaniciens aéronautiques peuvent avoir une perception des risques plutôt optimiste concernant la sévérité des conséquences pour les deux types de risques.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la sévérité.

Malgré cette tendance, nous remarquons que les réponses sont aussi distribuées sur les deux autres points (*“Très forte sévérité”* et *“Extrême sévérité”*), ce qui dénote de la présence d’une variance de la perception de la sévérité des conséquences sur la santé ou la navigabilité de l’avion. De plus, il apparaît que la variance des réponses est plus importante pour la perception de la sévérité que pour celle de la probabilité d’impact pour les deux types de risque.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque “Santé” et “Navigabilité”.

Nous n’observons pas de différence notable entre les deux types de risque.

7.1.3. Perception de l’immédiateté

La Figure 81 représente le nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) pour chaque catégorie de l’échelle d’immédiateté exprimée par les 27 participants sur les 47 risques dans les trois tâches de maintenance.

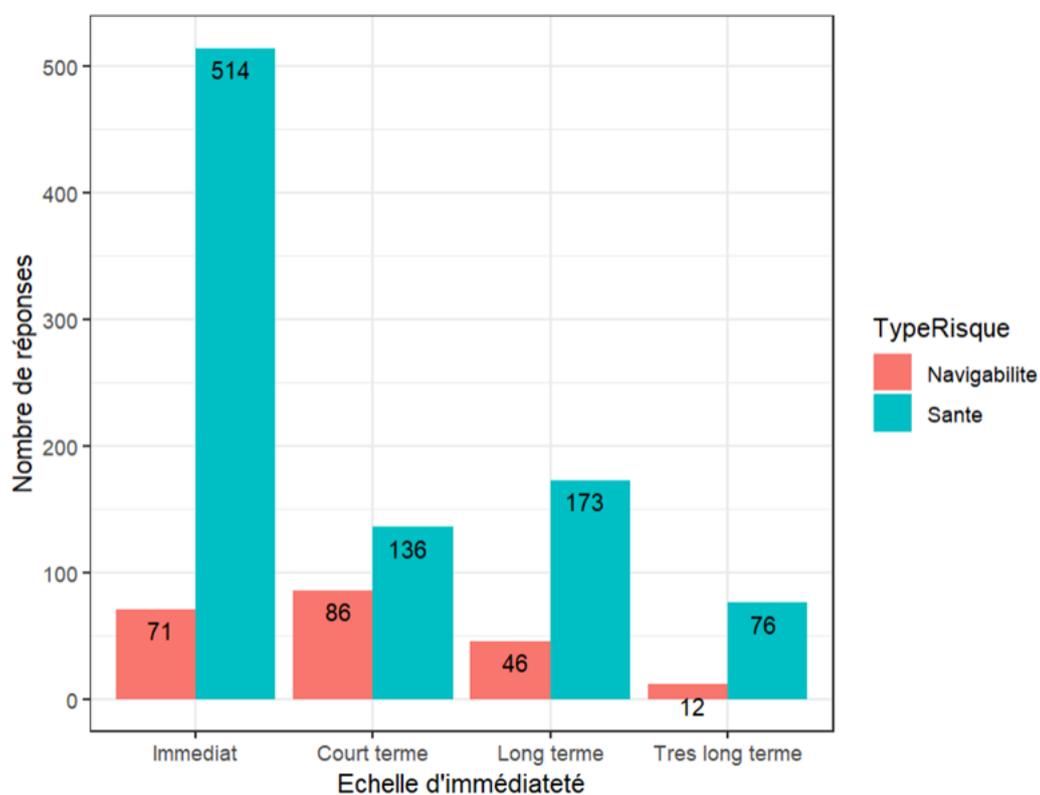


Figure 81 : Nombre de réponses par type de risque (Santé ou Navigabilité) sur l’échelle d’immédiateté. (N_{Total}=1269, N_{Santé} = 1026, N_{Navigabilité} = 243).

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous remarquons sur la Figure 81 que le nombre le plus élevé de réponses pour le type de risque "Navigabilité" correspond à la perception "À court terme" (86/243 réponses, soit 35.5%), suivi par la perception "Immédiat" (71/243 réponses, soit 29%). Concernant le type de risque "Santé", le nombre le plus élevé de réponses au point "Immédiat" (514/1026 réponses, soit 50%) suivi par "À long terme" (173/1026 réponses, soit 17.5%). En d'autres termes, les mécaniciens ont tendance à percevoir les risques comme ayant un impact plutôt "À court terme". Cependant, une proportion non négligeable de réponses sont sur les points "À Long termes" et "À très long termes".

Analyse de la variance des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Malgré cette tendance, nous remarquons que les réponses sont également distribuées sur les autres points de l'échelle d'immédiateté pour les deux types de risque. Cela permet de mettre en avant la présence d'une variance dans les réponses des participants. De plus, il semble que la variance concernant les distributions des réponses sur l'immédiateté soit plus faible que pour la perception de la sévérité.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

Nous remarquons que les risques de type "Santé" sont perçus comme étant plus associés à des conséquences "Immédiates" alors que les risques de type "Navigabilité" sont plus perçus comme étant associés à des conséquences "À court terme". De plus, un nombre plus important de risques sont perçus comme ayant des conséquences "à court terme" plutôt que "à long terme" pour le type de risque "Santé". Alors que les résultats sont opposés pour le type de risque "Navigabilité" (plus de risques sont perçus comme ayant des conséquences "à court terme" plutôt que "à long terme").

7.1.4. Ce qu'il faut retenir de l'analyse globale

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité, de la sévérité et de l'immédiateté.

Les mécaniciens ont une tendance à avoir une perception des risques :

- plutôt pessimiste de la probabilité d'impact (les mécaniciens se sentent plutôt vulnérables),
- plutôt optimiste de la sévérité des conséquences,
- associée à des conséquences plutôt à court terme (voir immédiates).

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité, de la sévérité et de l'immédiateté.

Malgré cette tendance, une variance existe dans la distribution des réponses et apparaît plus importante pour la perception de la sévérité que pour la perception de la probabilité ou d'immédiateté.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

Aucune différence notable n'a été identifiée entre les deux types de risque. Cependant, les mécaniciens ont tendance à percevoir l'impact des risques sur leur santé comme plus "*très improbable*", associée à une sévérité des conséquences plus extrême et plus "*immédiates*", en comparaison avec les risques de type "Navigabilité".

7.2. Analyse par tâche

Il s'agit maintenant de préciser les résultats obtenus dans l'analyse globale en effectuant une analyse basée sur les trois tâches de maintenance qui sont, pour rappel : l'installation d'une antenne VHF (appelée "VHF"), l'installation d'une bouteille à oxygène (appelée "Oxygène") et l'installation d'une pompe à carburant (appelée "Fuel").

Pour ce faire, nous présenterons sous la forme de diagrammes de quartiles la distribution des réponses pour les trois tâches de maintenance sur les trois caractéristiques du risque (Probabilité, Sévérité et Immédiateté). Une comparaison des moyennes sera effectuée entre les tâches afin d'identifier si des différences significatives existent concernant la perception des risques des mécaniciens, dans un premier temps, sans distinction du type de risque. Ensuite, une comparaison des moyennes sera effectuée par tâche afin d'identifier des différences significatives dans la perception des risques des mécaniciens en fonction du type de risque ("Santé" et "Navigabilité"). Les comparaisons des moyennes seront faites à l'aide du test de Wilcoxon (non paramétrique) car les distributions des données pour les trois tâches de maintenance ne suivent pas une loi normale. Nous utiliserons de plus, la valeur de la probabilité critique notée "p-value" afin d'indiquer si le résultat de l'analyse statistique est significatif ou non. Nous utiliserons les seuils classiques de 0.01, 0.05 et 0.1 pour considérer que les données sont statistiquement significatives avec sur les graphiques les notations respectives ***, ** et *. Lorsque la corrélation n'est pas significative, nous l'indiquerons par la valeur "NS" (pour Non Significatif).

7.2.1. Perception de la probabilité

La figure 82 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de probabilité exprimée par les 27 participants pour les trois tâches de maintenance et par type de risque.

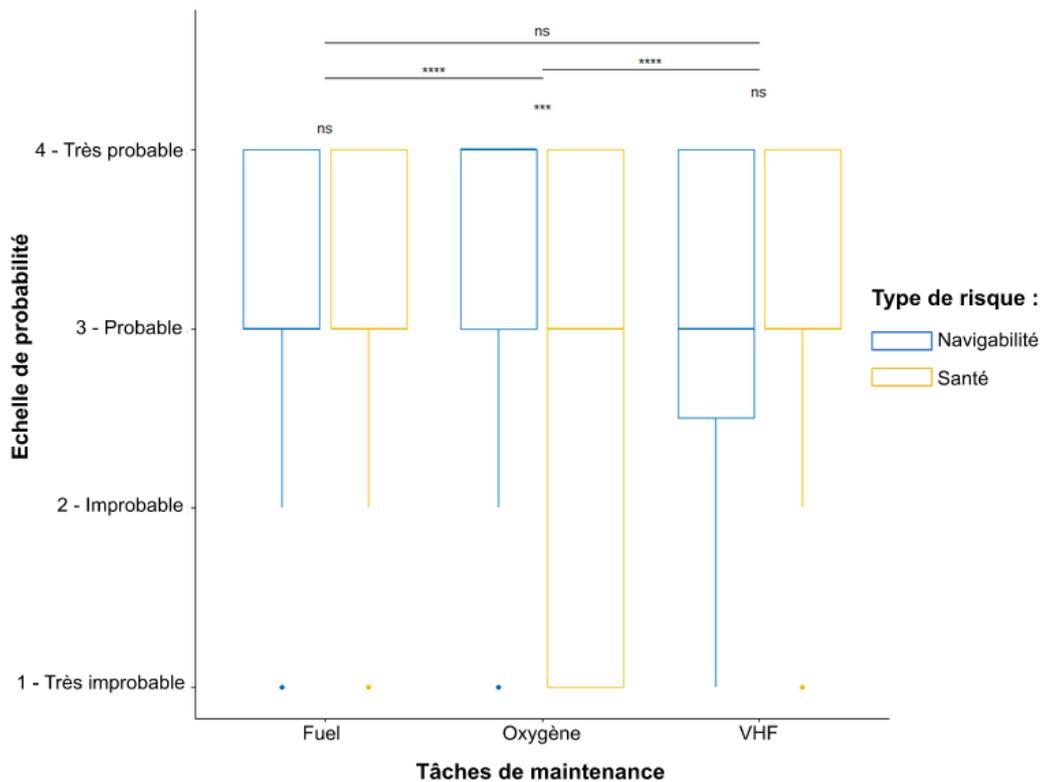


Figure 82 : Distribution des réponses sur l'échelle de probabilité par type de risque ("Santé" et "Navigabilité") pour les trois tâches de maintenance.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité.

En effectuant une analyse inter-tâches, nous remarquons sur la figure 82 qu'il existe une différence significative entre la tâche "Oxygène" (Moy=2.66 ; ET=1.13) et la tâche "Fuel" (Moy=3.11 ; ET=0.97) (Wilcoxon test, $p_value=4.0e-08^{***}$) mais aussi entre la tâche "Oxygène" (Moy=2.66 ; ET=1.13) et la tâche "VHF" (Moy=3.13 ; ET=0.90) (Wilcoxon test, $p_value=2.4e-08^{***}$) pour la perception de probabilité d'impact du risque. En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent en moyenne que les risques ont un impact plus probable sur leur santé et sur la navigabilité de l'avion pour les tâches "Fuel" et "VHF" en comparaison avec la tâche "Oxygène". Ainsi, ils ont une perception en moyenne plus pessimiste de la probabilité d'impact des risques présents dans les tâches "Fuel" et "VHF".

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité.

Concernant la variance identifiée lors de l'analyse globale, la figure 82 nous informe que la distribution des réponses est la plus étendue pour la tâche oxygène et le type de risque "Santé" (distribution entre "1-Très improbable" et "4-Très probable"). En effet, nous remarquons que pour les autres tâches et le type de risque "Navigabilité" pour la tâche "Oxygène" les réponses sont majoritairement concentrées entre "3-Probable" et "4-Très probable".

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

En effectuant une analyse intra tâche, nous remarquons qu'il existe une différence significative entre la perception de probabilité d'impact pour les risques de type "Santé" (Moy=2.60 ; ET=1.30) et "Navigabilité" (Moy=3.34 ; ET=0.93) uniquement pour la tâche "Oxygène" (Wilcoxon test, $p_value=0.00075^{***}$). En d'autres termes, les risques sont perçus comme ayant un impact plus probable sur la navigabilité de l'avion que sur la santé des mécaniciens pour la tâche "Oxygène".

7.2.2. Perception de la sévérité

La figure 83 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de sévérité exprimée par les 27 participants pour les trois tâches de maintenance et par type de risque.

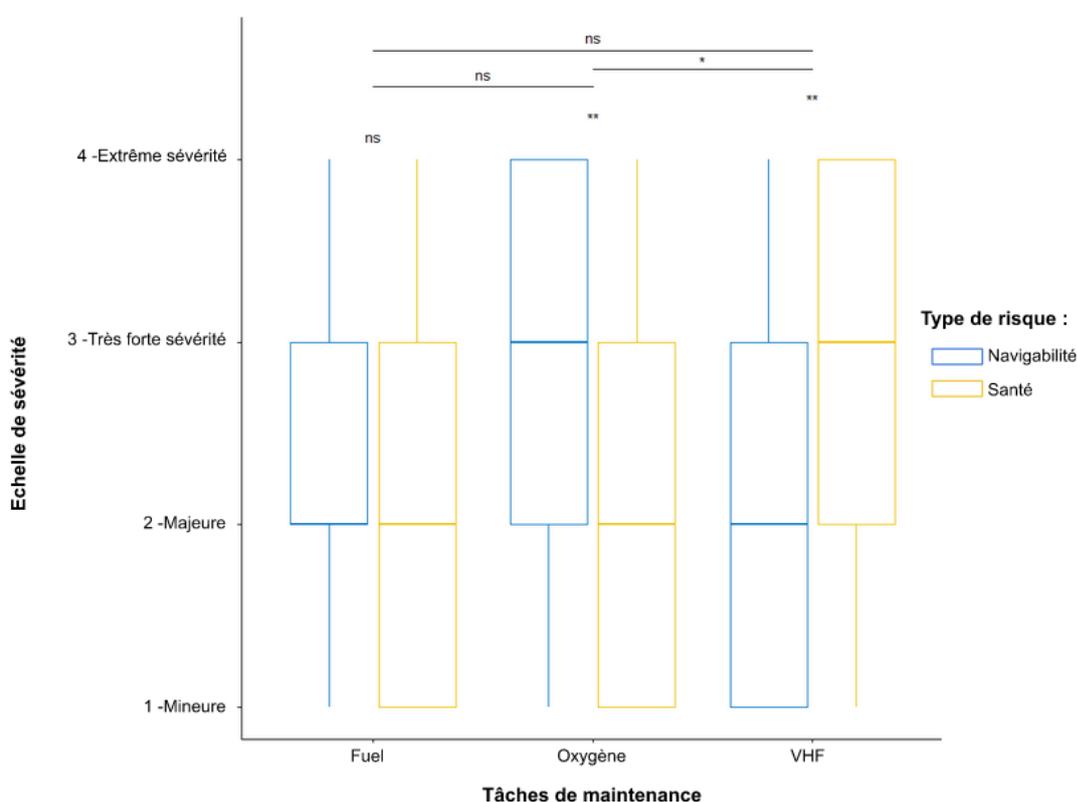


Figure 83 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par type de risque ("Santé" et "Navigabilité") pour les trois tâches de maintenance.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la sévérité.

En effectuant une analyse inter tâche, sur la figure 83, nous constatons une seule différence faiblement significative entre les tâches de maintenance Oxygène (Moy=2.23 ; ET=1.14) et VHF (Moy=2.45 ; ET=1.14) (Wilcoxon test, $p_value = 0.013^*$) sur la perception de la sévérité. En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent les conséquences des risques sur la santé et la navigabilité en moyenne plus sévères pour la tâche "VHF" que pour la tâche "Oxygène". Les mécaniciens ont une perception plus pessimiste concernant la sévérité des conséquences pour la tâche "VHF" que "Oxygène".

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la sévérité.

Concernant la variance que nous avons identifiée lors de l'analyse globale pour les deux types de risque, celle-ci semble ne pas provenir d'une tâche en particulier. En effet, il apparaît que les réponses des mécaniciens sont soit distribuées en majorité entre "1-Mineure" et "3-Très forte sévérité" ou bien entre "2-Majeure" et "4-Extrême sévérité".

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

En effectuant une analyse intra-tâche entre les types de risque (santé et navigabilité), pour la tâche "Oxygène", nous remarquons qu'il existe une différence significative (Wilcoxon test, $p_value=0.0033^{**}$) entre la perception de sévérité pour les risques de type "Santé" (Moy=2.17, ET=1.13) et "Navigabilité" (Moy=2.85, ET=1.10). En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent les risques en moyenne comme étant associés à des conséquences plus sévères pour la navigabilité de l'avion que pour la santé des mécaniciens sur la tâche "Oxygène". Pour la tâche "Oxygène", les mécaniciens ont une perception plus pessimiste des conséquences pour le type de risque "Navigabilité" que pour le type de risque "Santé".

Concernant la tâche "VHF" (Wilcoxon test, $p_value=0.0046^{**}$), nous constatons une différence significative pour les risques de type "Santé" (Moy=2.17, ET=1.14) et "Navigabilité" (Moy=2.54, ET=1.09). En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent les risques en moyenne comme étant associés à des conséquences plus sévères pour la santé des mécaniciens que pour la navigabilité de l'avion sur la tâche "VHF". Pour la tâche "VHF", les mécaniciens ont une perception plus pessimiste des conséquences pour le type de risque "Santé" que pour le type de risque "Navigabilité".

Ainsi, nous pouvons observer des résultats opposés suivant la tâche de maintenance.

7.2.3. Perception de l'immédiateté

La figure 84 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle d'immédiateté exprimée par les 27 participants pour les trois tâches de maintenance.

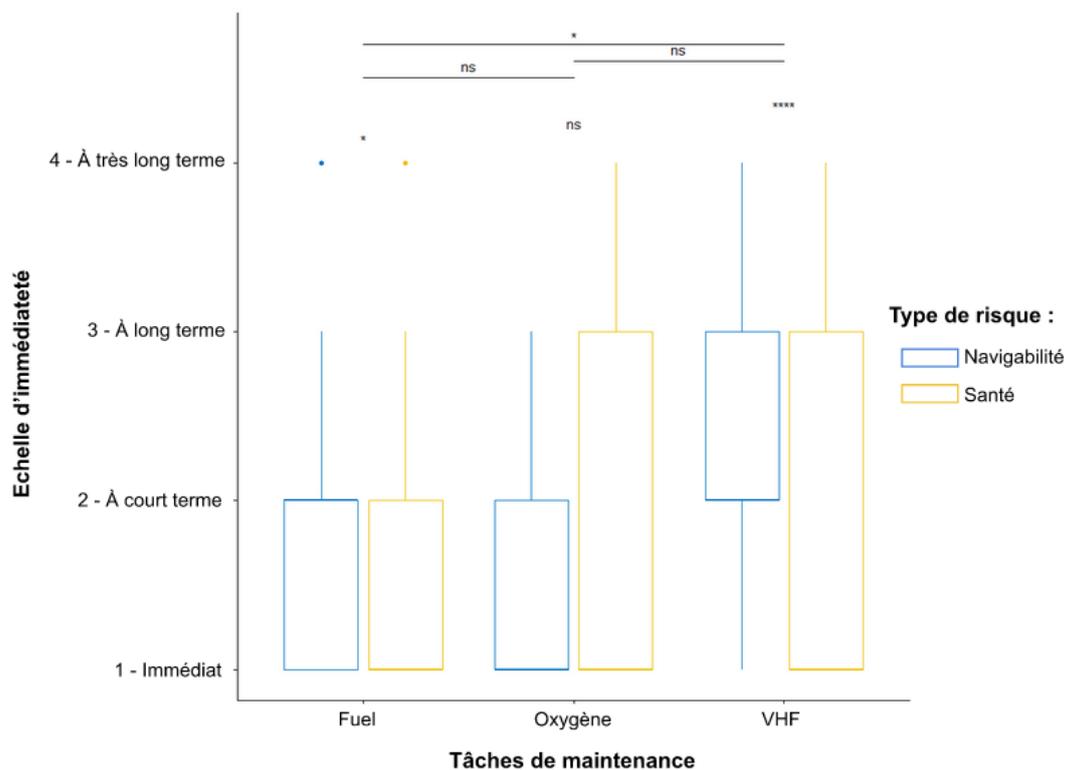


Figure 84 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par type de risque ("Santé" et "Navigabilité") pour les trois tâches de maintenance.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de l'immédiateté.

En effectuant une analyse inter tâche, nous constatons qu'il existe une différence faiblement significative entre les tâches de maintenance "Fuel" (Moy=1.84 ; ET=1.07) et "VHF" (Moy=1.91 ; ET=1.01) (Wilcoxon test, $p_value=0.017^*$). En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent en moyenne les conséquences sur leur santé et la navigabilité de l'avion plus immédiates pour la tâche "Fuel" que pour la tâche "VHF".

Analyse de la variance des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Concernant la variance que nous avons identifiée lors de l'analyse globale pour les deux types de risque, la distribution des réponses semble la plus étendue pour les tâches "Oxygène" pour le type de risque "Santé" et "VHF" pour les deux types de risque. En effet, nous remarquons sur la figure 84 que les réponses des mécaniciens sont distribuées entre "1-Immédiat" et "4-À très long terme".

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

En effectuant une analyse intra tâche, nous remarquons qu'il existe une différence significative faible entre la perception d'immédiateté pour le type de risque "Santé" (Moy=1.70, ET=0.96) et la perception d'immédiateté pour le type de risque "Navigabilité" (Moy=1.84, ET=0.84) sur la tâche "Fuel" (Wilcoxon test, $p_value=0.035^*$). De même que pour les risques de type "Santé" (Moy=1.81, ET=1.03) et

“Navigabilité” (Moy=2.24, ET=0.88) pour la tâche “VHF” (Wilcoxon test, p_value= 0.000008***). En d’autres termes, les risques sont perçus en moyenne comme plus immédiats pour la santé des mécaniciens que pour la navigabilité de l’avion pour les tâches “Fuel” et “VHF”.

7.2.4. Ce qu’il faut retenir de l’analyse par tâche

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité, de la sévérité et de l’immédiateté.

Le contexte opérationnel associé à la tâche de maintenance semble avoir un impact sur la perception des risques des mécaniciens. Par exemple, les mécaniciens :

- se sentent plus vulnérables (perception de la probabilité d’impact plus pessimiste) sur les tâches “Fuel” et “VHF” en comparaison avec la tâche “Oxygène”.
- ont une perception plus pessimiste de la sévérité des conséquences pour la tâche “VHF” en comparaison avec la tâche “Oxygène”.
- perçoivent comme plus immédiates les conséquences pour la tâche “Fuel” en comparaison avec la tâche “VHF”.

Cependant, la perception des risques des mécaniciens ne varie pas systématiquement pour une tâche en particulier.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité, de la sévérité et de l’immédiateté.

Même si la tâche “Oxygène” est celle qui possède la plus grande variance, ces résultats ne se retrouvent pas systématiquement pour les trois caractéristiques du risque. Par exemple, pour la perception de la sévérité, aucune tâche ne se démarque.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque “Santé” et “Navigabilité”.

Nous avons identifié des différences significatives entre les deux types de risque qui sont :

- Pour la tâche “VHF”, les mécaniciens ont une perception plus pessimiste de la sévérité des conséquences sur leur santé qui sont également perçues plus immédiates.
- Pour la tâche “Fuel”, les conséquences sont perçues comme ayant un impact plus immédiat sur la santé des mécaniciens.
- Pour la tâche “Oxygène”, les mécaniciens ont une perception plus pessimiste de la probabilité d’impact (se sentent plus vulnérables) et de la sévérité des conséquences sur la navigabilité de l’avion.

Ces différences ne sont pas systématiques et peuvent être opposées suivant le contexte opérationnel associé à une tâche.

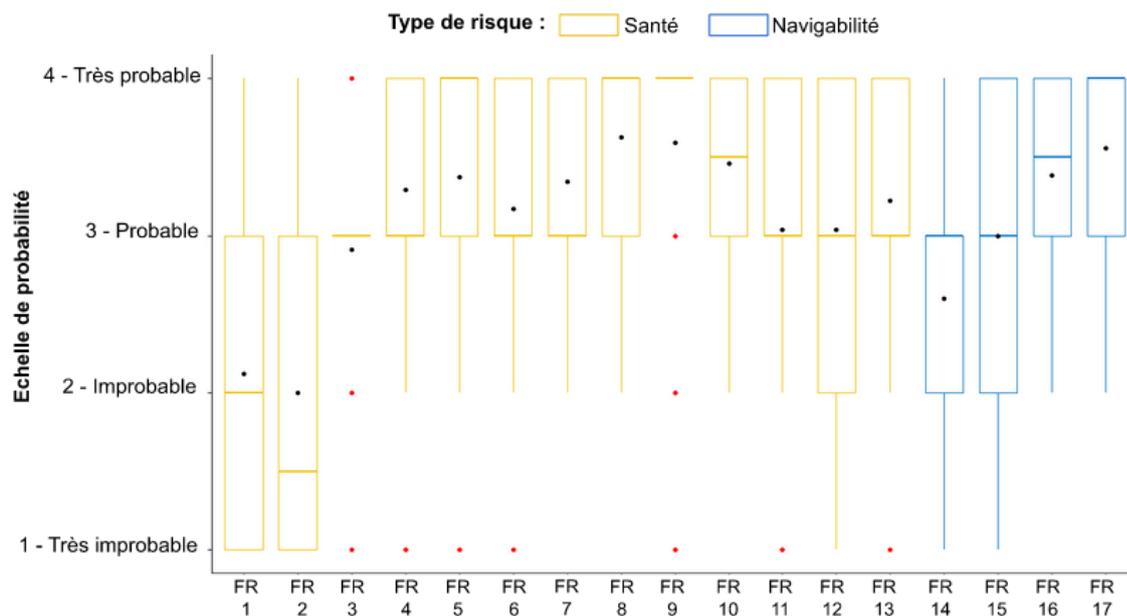
7.3. Analyse par risque

L'analyse par risque a pour objectif de préciser la distribution des réponses des 27 mécaniciens pour les 47 risques sur les trois caractéristiques du risque (probabilité, immédiateté, sévérité) dans les trois tâches de maintenance (Fuel, Oxygène, VHF). Elle permet de spécifier la provenance de la variance que nous avons identifiée dans les analyses précédentes. En effet, pour pouvoir répondre à la deuxième question de recherche, qui est **“Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?”**, nous cherchons à identifier s'il existe une variance des réponses au sein de chaque risque. Pour ce faire, nous présenterons la distribution des risques pour chaque caractéristique du risque et par tâche sous la forme de diagrammes de quartiles. Nous utiliserons également l'écart interquartile, qui est la soustraction entre Q3 (le troisième quartile) et Q1 (le premier quartile) afin de mesurer la distribution des réponses pour chaque risque. Une distinction sera faite entre les risques qui ont un impact sur la santé des mécaniciens (en jaune sur les figures) et les risques qui ont un impact sur la navigabilité de l'avion (en bleu sur les figures). Également, nous étudierons les différences de perception d'un même risque qui apparaît dans deux tâches différentes afin d'identifier un potentiel impact du contexte opérationnel.

7.3.1. Perception de la probabilité

7.3.1.1. La tâche Fuel

La figure 85 présente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de probabilité exprimée par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques “santé” et 4 risques “navigabilité”) de la tâche “Fuel”.



Risques	
FR1 - Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage	FR10 - Respirer les vapeurs du "turbine fuel"
FR2 - Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant	FR11 - Travailler avec des fils freins coupés
FR3 - Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	FR12 - Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile
FR4 - Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	FR13 - Travailler en hauteur
FR5 - Ingérer du "non aqueous cleaner"	FR14 - Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage
FR6 - Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	FR15 - Travailler avec le bras de retenue en position déverrouillé
FR7 - Avoir du "turbine fuel" sur la peau	FR16 - Avoir des connecteurs électriques contaminés
FR8 - Avoir du "turbine fuel" dans les yeux	FR17 - Tordre ou plier un faisceau électrique
FR9 - Ingérer du "turbine fuel"	

Figure 85 : Distribution des réponses sur l'échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche "Fuel". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous remarquons, une tendance (pour 13 des 17 risques) des participants à percevoir les risques comme ayant un impact entre "3- Probable" et "4-Très probable" sur la santé des mécaniciens. Cependant, certains risques comme "Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage", "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant" et "Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage" sont perçus comme ayant un impact moins probable (plus optimiste) sur la santé des mécaniciens. Les verbatims nous indiquent que quatre mécaniciens ont mentionné qu'ils ne comprennent pas la présence du risque "Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage" dans la tâche. En effet, un mécanicien mentionne que plusieurs événements doivent se produire avant qu'un train d'atterrissage soit actionné. Un autre mentionne que cette tâche s'effectue uniquement lorsque l'avion est sur vérin (et donc le train d'atterrissage ne peut être rentré). Les autres mentionnent que ça ne peut pas arriver et que ce risque n'a pas de sens dans cette tâche. Concernant le risque "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant", un mécanicien mentionne qu'il ne sait pas trop les conséquences que cela peut provoquer, un autre mentionne qu'il n'y a pas de risque car c'est du bon sens de ne pas actionner la pompe à carburant sans carburant. Deux autres

mécaniciens indiquent que ce risque n'impacte pas leur santé mais aura un impact sur la navigabilité de l'avion. Concernant le risque *"Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage"*, deux mécaniciens ont mentionné qu'ils ne comprenaient pas la présence de ce risque en se demandant si cela est vraiment possible. Un autre a mentionné que ce risque n'avait pas d'impact fonctionnel sur l'avion.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous observons pour le risque *"Avoir du produit chimique "Non Aqueous Cleaner" sur la peau"* une concentration des réponses autour du point *"3-Probable"* qui tend vers le point *"4-Très probable"* pour le risque *"Ingérer du produit "Turbine fuel"*. Pour les autres risques, nous observons un écart interquartile de *"1"* ou de *"2"* pour les risques *"Ne pas installer les safety lock pins sur le train d'atterrissage"*, *"Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant"* et *"Ne pas détecter un dommage sur une liaison électrique"*). De plus, même pour les deux risques qui semblent avoir une variance faible, nous observons des valeurs atypiques (points rouges) sur tous les autres points de l'échelle de probabilité. De ce fait, ces résultats montrent qu'il existe une variance des réponses des participants au sein de tous les risques, ce qui nous permettra d'effectuer l'analyse statistique.

7.3.1.2. La tâche Oxygène

La figure 86 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de probabilité exprimé par les 27 participants pour les 13 risques (12 risques "santé" et 1 risque "navigabilité") de la tâche "Oxygène". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 86) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 86).

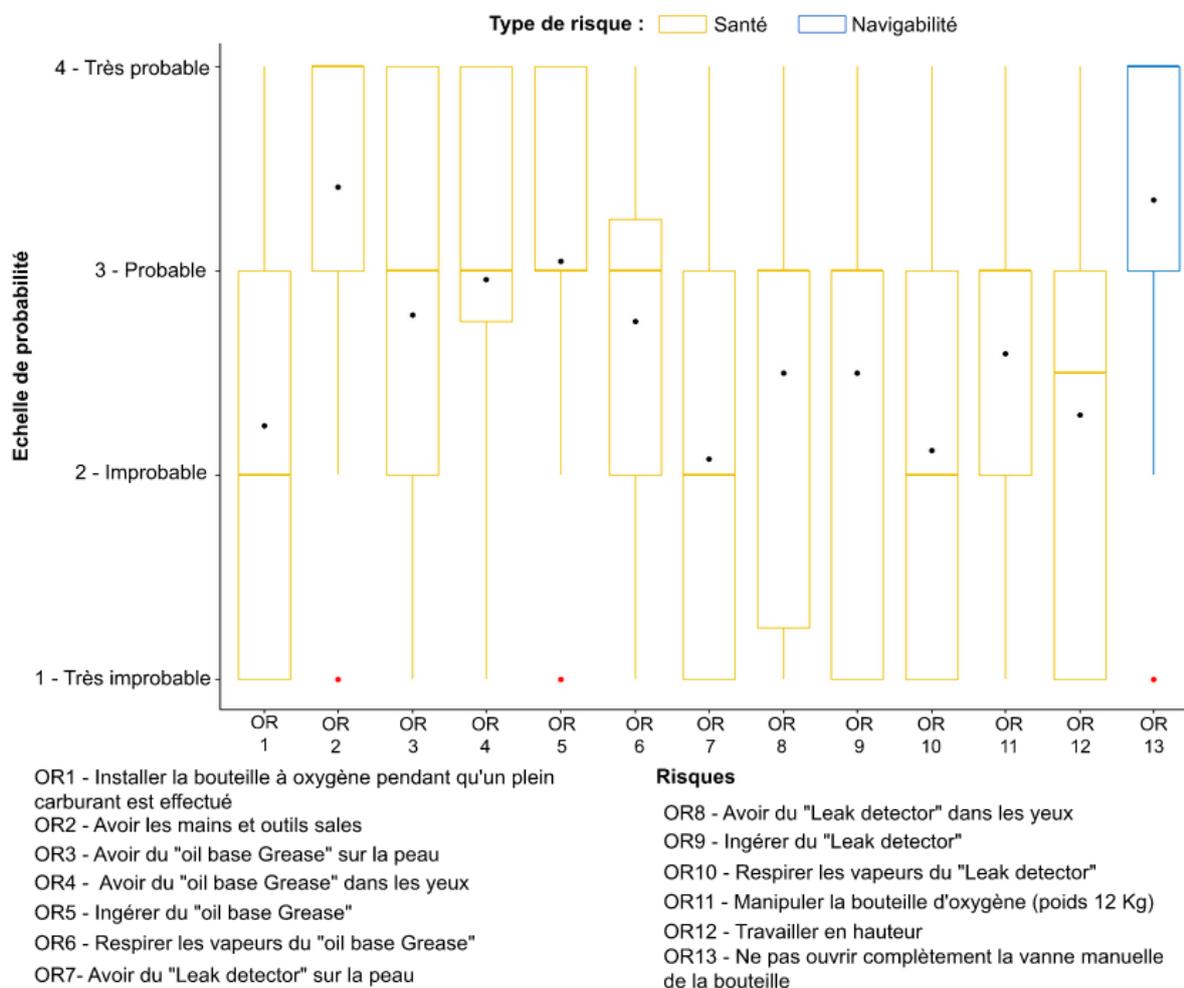


Figure 86 : Distribution des réponses sur l'échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche "Oxygène". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous observons que les réponses moyennes sont principalement situées entre "2-Improbable" et "3-Probable" ce qui indique que les participants perçoivent les risques de la tâche "Oxygène" comme ayant un impact moyen moins probable sur leur santé ou la navigabilité de l'avion que pour la tâche "Fuel". Cependant, certains risques comme "Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué", "Travailler en hauteur" et les quatre risques associés au produit chimique "LeakDetector" sont perçus comme ayant un impact moins probable (voir improbable) sur la santé des mécaniciens. Concernant le premier risque un mécanicien mentionne ne s'être jamais posé la question concernant la réalisation d'un plein carburant lors de l'installation d'une bouteille à oxygène. Un mécanicien a indiqué que la survenue de cette situation ne peut arriver car des personnes qui gèrent l'activité en amont évitent que cela se réalise. Et un autre mentionne que s'il voit qu'un plein carburant est réalisé, il attend que celui-ci soit fini. Concernant le risque "Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12 Kg)", un mécanicien mentionne que la bouteille est toujours manipulée à deux et deux autres mentionnent qu'il n'y a pas de risque car la bouteille à oxygène n'est pas lourde (12 kg). Concernant le

risque "Travailler en hauteur", les mécaniciens dont l'activité est sur un autre avion que l'A320 mentionnent que sur ATR, la bouteille à oxygène étant dans le cockpit, le travail n'est pas en hauteur mais sur le plancher de l'avion. Concernant le risque "LeakDetector", quatre mécaniciens ont mentionné que ce produit était simplement de l'eau savonneuse.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous observons que trois risques ("Avoir les mains et outils sales", "Ingérer du "oil base Grease"" et "Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille") ont un écart interquartile égale à "1" et les autres ont un écart interquartile de "2" ce qui montre l'existence d'une variance pour tous les risques.

7.3.1.3. La tâche VHF

La figure 87 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de probabilité exprimé par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques santé et 4 risques navigabilité) de la tâche "VHF". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 87) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 87).

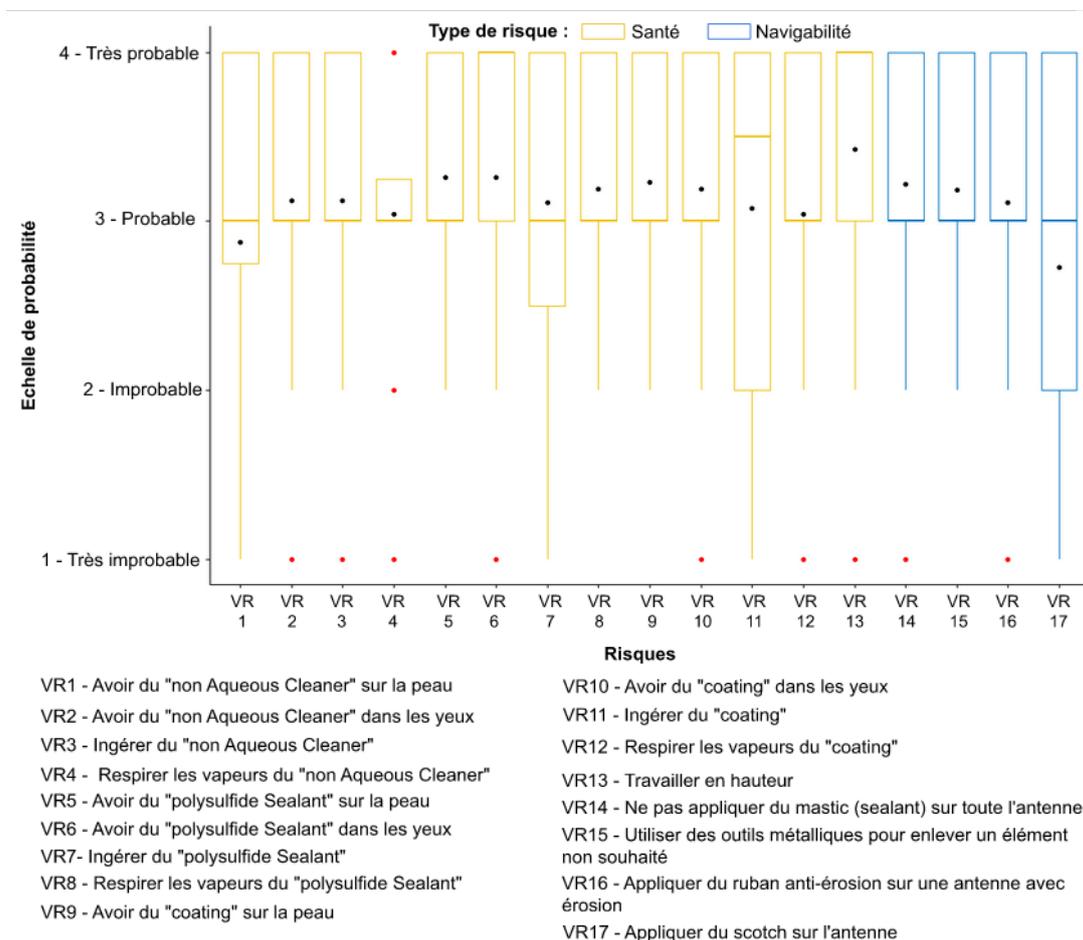


Figure 87 : Distribution des réponses sur l'échelle de probabilité par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous observons que pour la majorité des risques (14 sur 17), les réponses sont principalement distribuées entre les points "3-Probable" et "4-Très probable". En effet, comme pour la tâche "Fuel", les moyennes sont concentrées au-dessus du point "3-Probable", ce qui montre que les participants perçoivent en moyenne l'impact sur la santé ou la navigabilité comme étant "3-Probable". Le risque pour lequel la perception de la probabilité moyenne est la plus faible est "Appliquer du scotch sur l'antenne". Les verbatims nous indiquent que deux mécaniciens mentionnent que la présence de scotch sur l'antenne n'impactera pas les communications. Un autre mentionne que de toute façon, s'il est oublié, le morceau de scotch partira en vol.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la probabilité.

Nous observons que l'écart interquartile est de "1" pour la majorité des risques (12 sur 17). De ce fait, même s'il semble que la variance soit plus faible que pour les tâches "Fuel" et "Oxygène", celle-ci est présente et pourra être étudiée dans l'analyse statistique.

7.3.1.4. Comparaison des risques inter tâche

Afin d'identifier si la perception de la probabilité varie suivant le contexte opérationnel (issue de la tâche), nous avons sélectionné les risques qui se retrouvent dans au moins deux tâches différentes. Puis, nous avons effectué un test de Wilcoxon qui compare la perception de la probabilité moyenne pour un risque dans deux tâches. Voici le tableau 39 qui présente les résultats.

Tableau 39 : Comparaison des perceptions de probabilité moyenne par risque à l'aide d'un test de Wilcoxon.

Risques	Tâche 1	Tâche 2	p_value
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Fuel	VHF	0.99
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	Fuel	VHF	0.49
Ingérer du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.2
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.49
Travailler en hauteur	Fuel	VHF	0.13
Travailler en hauteur	Fuel	Oxygène	0.0035**
Travailler en hauteur	VHF	Oxygène	0.00044***

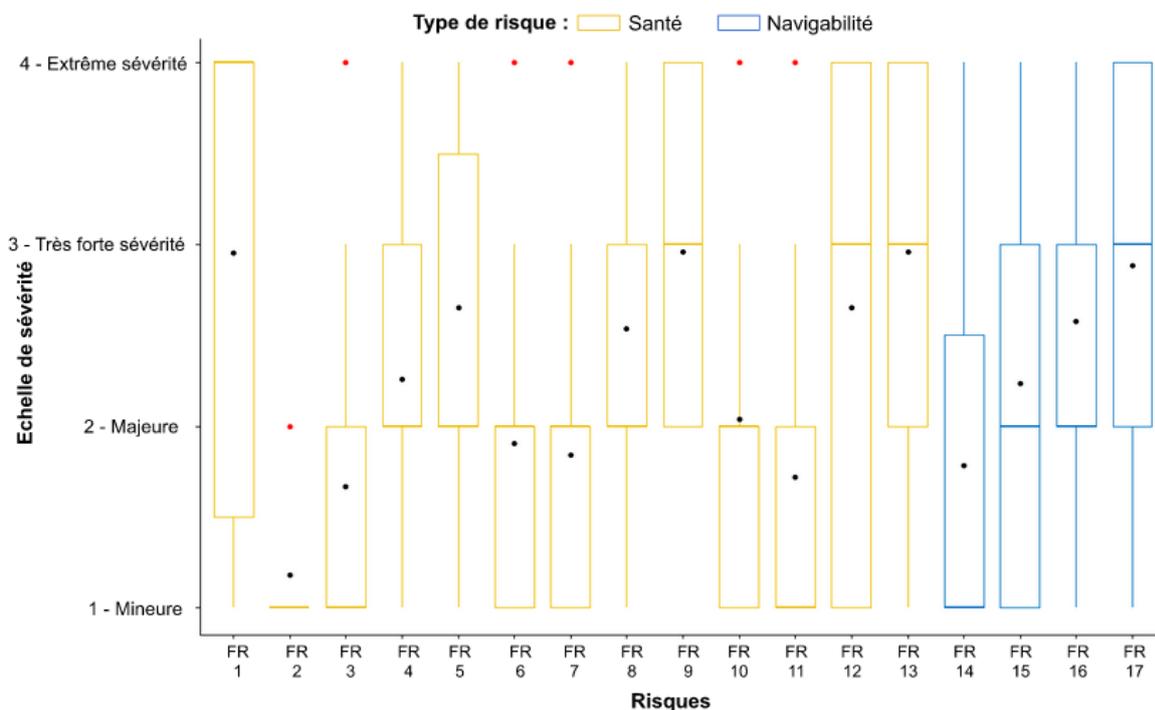
Le tableau 39 nous indique qu'il existe une différence significative dans la perception de la probabilité d'impact du risque "Travailler en hauteur" entre les tâches "Fuel" (Moy = 3.22, sd = 0.70) et "Oxygène" (Moy = 2.29, sd = 1.16) et entre les tâches "VHF" (Moy = 3.42, sd = 0.90) et "Oxygène" (Moy = 2.29, sd

= 1.16). En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent en moyenne le travail en hauteur comme ayant un impact moins probable sur leur santé pour la tâche "Oxygène". Ils ont une perception plus optimiste de la probabilité d'impact du risque sur leur santé pour la tâche "Oxygène".

7.3.2. Perception de la sévérité

7.3.2.1. La tâche Fuel

La figure 88 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de sévérité exprimée par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques de type "santé" et 4 risques de type "navigabilité") de la tâche "Fuel". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 88) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 88).



- | | |
|--|---|
| FR1 - Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage | FR10 - Respirer les vapeurs du "turbine fuel" |
| FR2 - Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant | FR11 - Travailler avec des fils freins coupés |
| FR3 - Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau | FR12 - Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile |
| FR4 - Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux | FR13 - Travailler en hauteur |
| FR5 - Ingérer du "non aqueous cleaner" | FR14 - Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage |
| FR6 - Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner" | FR15 - Travailler avec le bras de retenue en position déverrouillé |
| FR7 - Avoir du "turbine fuel" sur la peau | FR16 - Avoir des connecteurs électriques contaminés |
| FR8 - Avoir du "turbine fuel" dans les yeux | FR17 - Tordre ou plier un faisceau électrique |
| FR9 - Ingérer du "turbine fuel" | |

Figure 88 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "Fuel". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous n'observons pas de tendance avec des réponses moyennes qui sont distribuées entre les points "1-Mineure" et "3-Très forte sévérité". En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent la sévérité des conséquences pour leur santé ou la navigabilité de l'avion différemment en fonction du risque. Cependant, pour certains risques, nous remarquons que la perception de la sévérité moyenne est plus optimiste comme pour "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant", "Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau", "Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"", "Avoir du "turbine fuel" sur la peau", "Travailler avec des fils freins coupés" et "Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage". Concernant les risques "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant" et "Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage" qui ont été également mentionné comme étant associé à une perception de la probabilité plus optimiste, nous avons explicité les verbatims dans la sous-section "La tâche Fuel" de la perception de la probabilité. Concernant, le produit chimique "Non Aqueous Cleaner", un mécanicien a mentionné que le contact avec la peau même à faible quantité provoque immédiatement des irritations. Concernant le risque "Turbine Fuel", un mécanicien a indiqué qu'il avait déjà pris une douche de kérosène du fait qu'il devait réaliser en peu de temps la tâche. Pour le risque "FilFreinCoupe", aucun verbatim n'a été identifié.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous remarquons qu'un seul risque qui est "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant" est associé à une variance faible avec des réponses concentrées sur le point "1-Mineure" et des valeurs atypiques (points rouges) sur le point "2-Majeure". Les autres risques ont un écart interquartile de "1" ou supérieur à "1" qui atteint "3" pour le risque "Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile". Ainsi, les résultats nous indiquent qu'il existe une variance au sein de chaque risque, ce qui nous permettra d'effectuer les analyses statistiques.

7.3.2.2. La tâche Oxygène

La figure 89 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de sévérité exprimée par les 27 participants pour les 13 risques (12 risques "santé" et 1 risque "navigabilité") de la tâche "Oxygène". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 89) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 89).

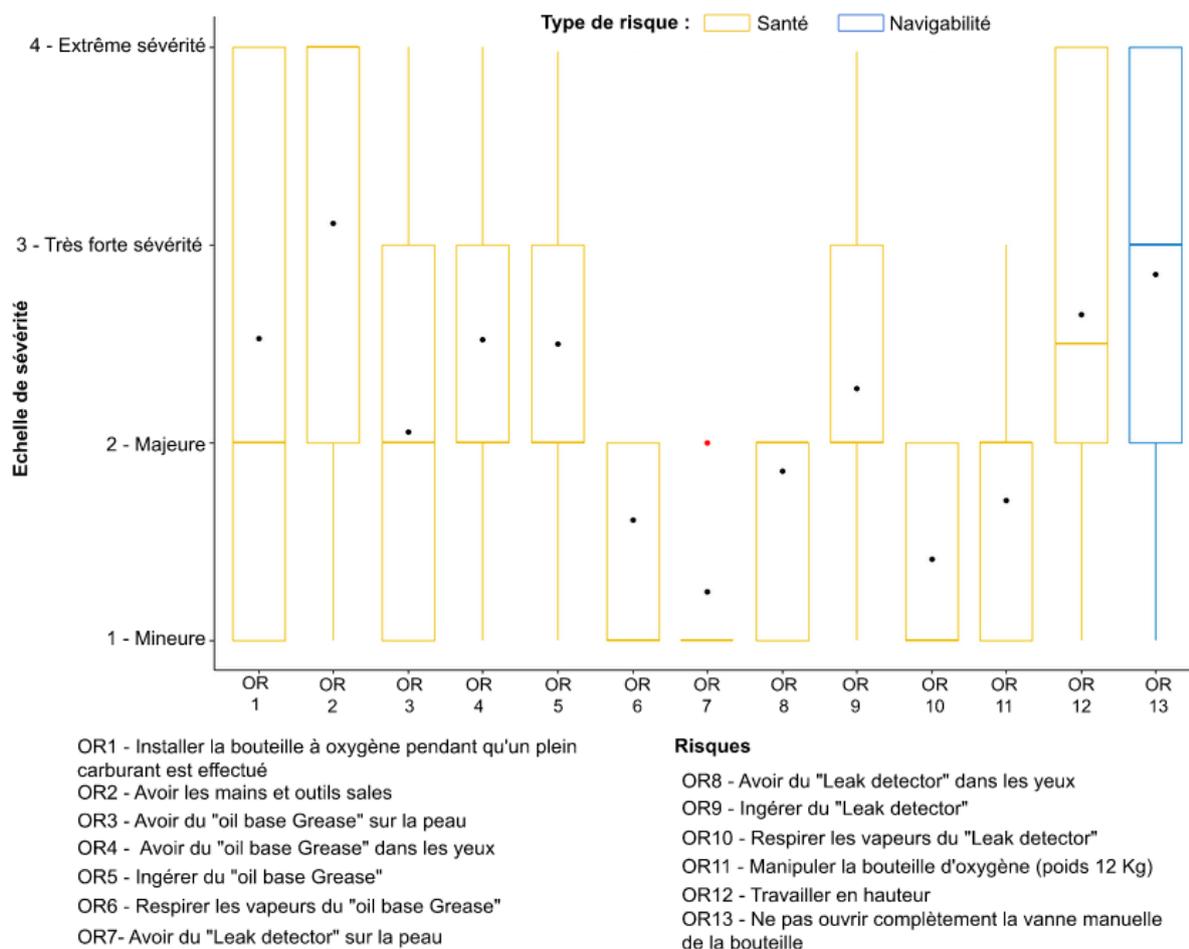


Figure 89 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "Oxygène". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la sévérité.

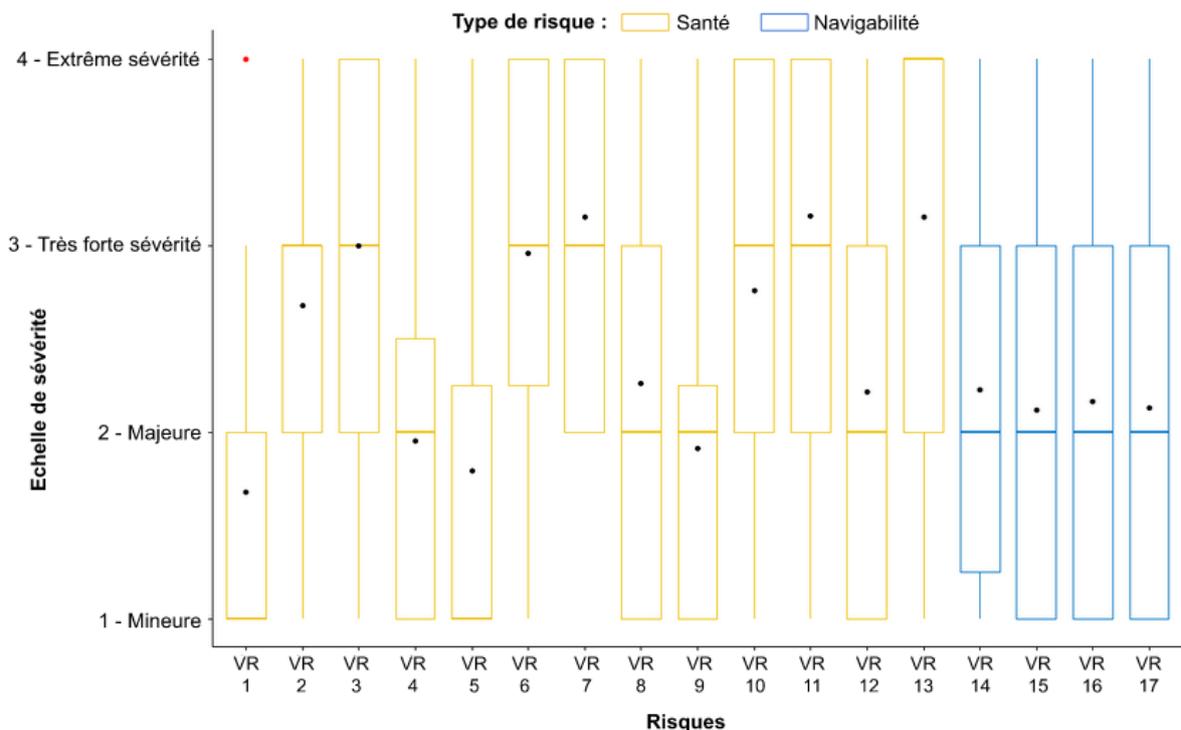
Nous n'observons pas de tendance avec des réponses moyennes qui sont distribuées entre les points "1-Mineure" et "3-Très forte sévérité". En d'autres termes, les mécaniciens perçoivent la sévérité des conséquences pour leur santé ou la navigabilité de l'avion différemment en fonction du risque. Cependant, pour certains risques, nous remarquons que la perception de la sévérité moyenne est plus optimiste comme "Respirer les vapeurs du "oil base Grease"", "Avoir du "Leak detector" sur la peau", "Avoir du "Leak detector" dans les yeux", "Respirer les vapeurs du "Leak detector"" et "Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12 Kg)". Concernant le produit chimique "OilBaseGrea" deux mécaniciens ont indiqué ne pas connaître le produit. Concernant le produit chimique "LeakDetector", quatre mécaniciens ont indiqué que c'est simplement de l'eau savonneuse. Concernant le risque lié à la manipulation de la bouteille à oxygène, un mécanicien mentionne qu'ils sont toujours deux pour manipuler la bouteille et deux autres mentionnent qu'il n'y a pas de risque car la bouteille à oxygène n'est pas lourde (12 kg).

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous remarquons qu'un seul risque qui est "Avoir du produit "LeakDetector" sur la peau" est associé à une variance faible avec des réponses concentrées sur le point "1-Mineure" et des valeurs atypiques (points rouges) sur le point "2-Majeure". Les autres risques ont soit un écart interquartile de "1" ou supérieur à "1" qui atteint "3" pour le risque "Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué". Ainsi, les résultats nous indiquent qu'il existe une variance au sein de chaque risque, ce qui nous permettra d'effectuer les analyses statistiques.

7.3.2.3. La tâche VHF

La figure 90 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle de sévérité exprimée par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques "santé" et 4 risques "navigabilité") de la tâche "VHF". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 90) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 90).



- VR1 - Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau
- VR2 - Avoir du "non Aqueous Cleaner" dans les yeux
- VR3 - Ingérer du "non Aqueous Cleaner"
- VR4 - Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner"
- VR5 - Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau
- VR6 - Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux
- VR7 - Ingérer du "polysulfide Sealant"
- VR8 - Respirer les vapeurs du "polysulfide Sealant"
- VR9 - Avoir du "coating" sur la peau

- VR10 - Avoir du "coating" dans les yeux
- VR11 - Ingérer du "coating"
- VR12 - Respirer les vapeurs du "coating"
- VR13 - Travailler en hauteur
- VR14 - Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne
- VR15 - Utiliser des outils métalliques pour enlever un élément non souhaité
- VR16 - Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion
- VR17 - Appliquer du scotch sur l'antenne

Figure 90 : Distribution des réponses sur l'échelle de sévérité par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous observons que les réponses moyennes qui sont concentrées autour des points "2-Majeure" et "3-Très forte sévérité". Ainsi, les mécaniciens ont tendance à percevoir les risques comme ayant un impact "2-Majeure" ou une "3-Très forte sévérité" sur leur santé et la navigabilité de l'avion. Cependant, pour certains risques, nous remarquons que la perception de la sévérité moyenne est plus optimiste comme pour "Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau", "Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner"", "Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau", "Avoir du "coating" sur la peau". Concernant le produit chimique "Non Aqueous Cleaner" et "Coating", aucun verbatim n'a été relevé. Concernant le produit chimique "Polysulfide Sealant" un participant mentionne que les mécaniciens travaillent avec des gants et donc que le produit ne va pas sur la peau.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de la sévérité.

Nous observons que seul le risque "Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau" possède un écart interquartile de "1". Pour les autres risques, l'écart interquartile est supérieur à "1". De ce fait, les résultats nous indiquent qu'il existe une variance au sein de chaque risque, ce qui nous permettra d'effectuer l'analyse statistique.

7.3.2.4. Comparaison des risques inter tâche

Afin d'identifier si la perception de la sévérité varie suivant le contexte opérationnel (issue de la tâche), nous avons sélectionné les risques qui se retrouvent dans au moins deux tâches différentes. Puis, nous avons effectué un test de Wilcoxon qui compare la perception de la sévérité moyenne pour un risque dans deux tâches. Voici le tableau qui présente les résultats.

Tableau 40 : Comparaison des perceptions de sévérité moyennes par risque à l'aide d'un test de Wilcoxon.

Risques	Tâche 1	Tâche 2	p_value
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Fuel	VHF	0.8ns
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	Fuel	VHF	0.12ns
Ingérer du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.2ns
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.73ns
Travailler en hauteur	Fuel	VHF	0.44ns
Travailler en hauteur	Fuel	Oxygène	0.38ns
Travailler en hauteur	VHF	Oxygène	0.14ns

Le tableau 40 nous indique qu'il n'existe aucune différence significative dans la perception de la sévérité des conséquences entre les tâches de maintenance.

7.3.3. Perception de l'immédiateté

7.3.3.1. La tâche Fuel

La figure 91 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle d'immédiateté exprimée par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques "santé" et 4 risques "navigabilité") de la tâche "Fuel". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 91) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 91).

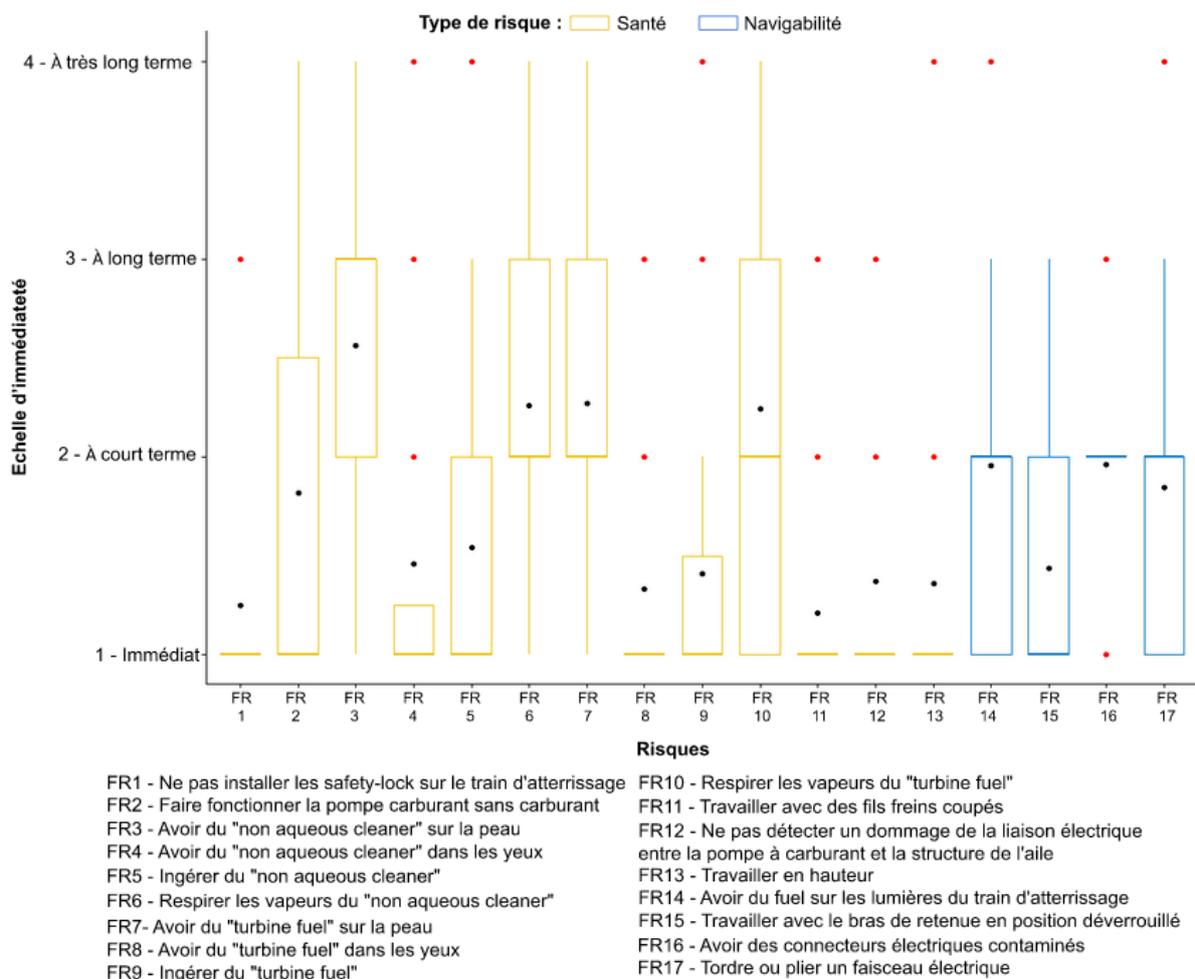


Figure 91 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "Fuel". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. FR : Fuel risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous observons que les réponses sont dispersées entre les points "1-Immédiat" et "3- A long terme". Cependant, nous remarquons que la majorité des moyennes (N=13/17) (points noirs sur la figure 91) sont en dessous du point "2-A court terme". Ce résultat nous indique que les mécaniciens ont une

tendance à percevoir les risques comme ayant des conséquences plutôt immédiates sur la santé (N=9/13) ou la navigabilité de l'avion (4/13). Cependant, nous remarquons que certains risques sont perçus en moyenne comme ayant des conséquences plus à long terme comme *“Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau”, “Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner””, “Avoir du "turbine fuel" sur la peau” “Respirer les vapeurs du "turbine fuel””*. Concernant le produit chimique *“Non Aqueous Cleaner”*, aucun verbatim n'a été identifié. Concernant le produit chimique *“Turbine Fuel”*, un mécanicien a indiqué qu'il avait déjà pris une douche de kérosène du fait qu'il devait réaliser en peu de temps la tâche. Un autre mécanicien a indiqué avoir déjà eu des migraines et des vertiges en respirant les vapeurs du kérosène.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous remarquons que 8/17 risques comme *“Avoir du "turbine fuel" dans les yeux”* ont une variance plus faible que les autres risques. Cependant même si, pour ces risques, la variance apparaît faible, nous observons des valeurs atypiques (points rouges) sur pratiquement tous les points de l'échelle d'immédiateté. Ce résultat nous indique la présence d'une variance dans les réponses des participants et donc la possibilité d'effectuer les analyses statistiques.

7.3.3.2. La tâche Oxygène

La figure 92 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle d'immédiateté exprimée par les 27 participants pour les 13 risques (12 risques de type *“santé”* et 1 risque de type *“navigabilité”*) de la tâche *“Oxygène”*. Une distinction est faite entre les risques de type *“Santé”* (en jaune sur la figure 92) et les risques de type *“Navigabilité”* (en bleu sur la figure 92).

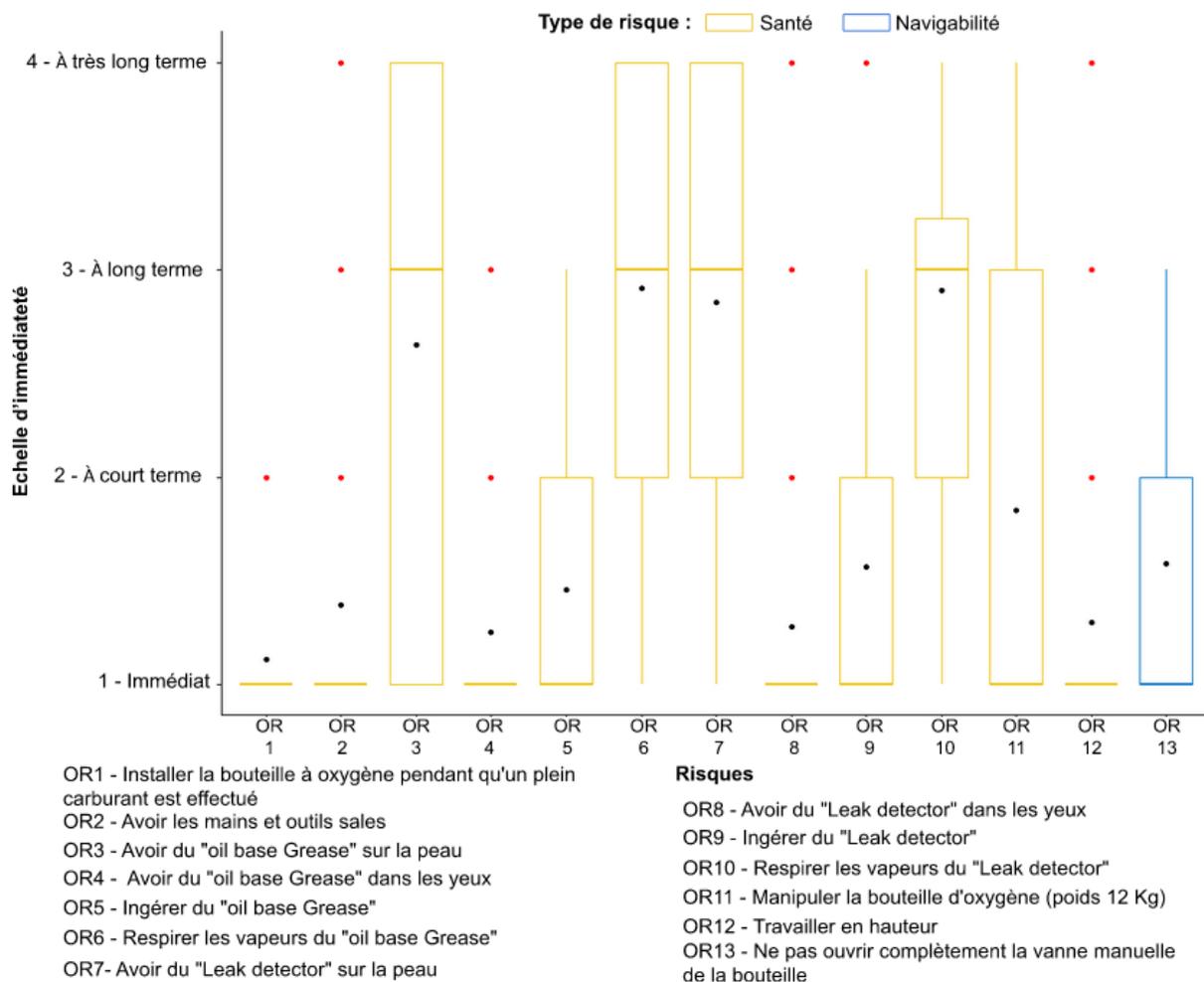


Figure 92 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "Oxygène". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. OR : Oxygène risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de l'immédiateté.

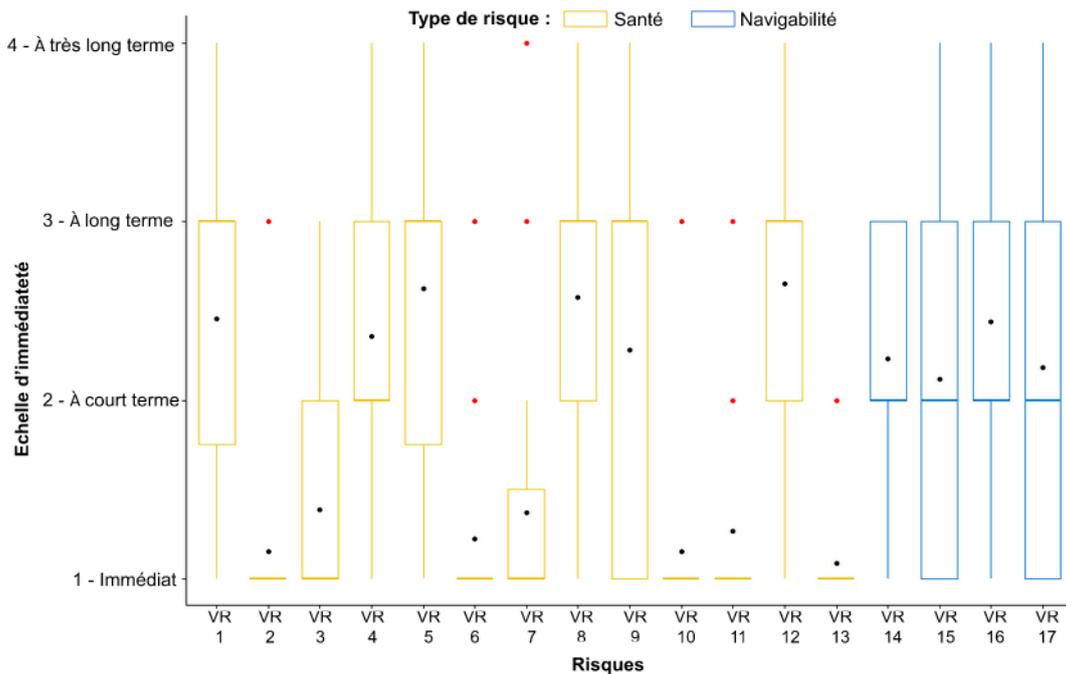
Nous observons que les réponses sont dispersées entre les points "1-Immédiat" et "3-A long terme". Cependant, nous remarquons que la majorité des moyennes (9/13 risques) (points noirs sur la figure 92) sont en dessous du point "2-A court terme". Ce résultat nous indique que les mécaniciens ont une tendance à percevoir les risques comme ayant des conséquences plutôt immédiates sur la santé ou la navigabilité de l'avion. Cependant, nous remarquons que certains risques sont perçus en moyenne comme ayant des conséquences plus à long terme comme "Avoir du "oil base Grease" sur la peau", "Respirer les vapeurs du "oil base Grease"", "Avoir du "Leak detector" sur la peau" et "Respirer les vapeurs du "Leak detector"". Concernant le produit chimique "OilBaseGrea" deux mécaniciens ont indiqué ne pas connaître le produit. Concernant le produit chimique "LeakDetector", quatre mécaniciens ont indiqué que c'est simplement de l'eau savonneuse.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous remarquons que 8/13 risques comme "Avoir du "turbine fuel" dans les yeux" ont une variance plus faible que les autres risques. Cependant même si pour ces risques la variance apparaît faible, nous observons des valeurs atypiques (points rouges) sur pratiquement tous les points de l'échelle d'immédiateté. Pour 3/13 risques ("MainSal", "LeakDetectorPeau", "HauteurOxy"), ces valeurs atypiques apparaissent sur 3 des 4 échelles d'immédiateté. Ce résultat nous indique la présence d'une variance dans les réponses des participants et donc la possibilité d'effectuer les analyses statistiques.

7.3.3.3. La tâche VHF

La figure 93 représente la distribution des réponses pour chaque point de l'échelle d'immédiateté exprimée par les 27 participants pour les 17 risques (13 risques "santé" et 4 risques "navigabilité") de la tâche "VHF". Une distinction est faite entre les risques de type "Santé" (en jaune sur la figure 93) et les risques de type "Navigabilité" (en bleu sur la figure 93).



- | | |
|---|---|
| VR1 - Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau | VR10 - Avoir du "coating" dans les yeux |
| VR2 - Avoir du "non Aqueous Cleaner" dans les yeux | VR11 - Ingérer du "coating" |
| VR3 - Ingérer du "non Aqueous Cleaner" | VR12 - Respirer les vapeurs du "coating" |
| VR4 - Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner" | VR13 - Travailler en hauteur |
| VR5 - Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau | VR14 - Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne |
| VR6 - Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux | VR15 - Utiliser des outils métalliques pour enlever un élément non souhaité |
| VR7 - Ingérer du "polysulfide Sealant" | VR16 - Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion |
| VR8 - Respirer les vapeurs du "polysulfide Sealant" | VR17 - Appliquer du scotch sur l'antenne |
| VR9 - Avoir du "coating" sur la peau | |

Figure 93 : Distribution des réponses sur l'échelle d'immédiateté par risque (N=17) pour la tâche "VHF". Points rouges : Valeurs atypiques. Points noirs : Moyenne. VR : VHF risque.

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous observons que les risques sont tous compris entre les points "1-immédiats" et "3-A long terme" avec la majorité (pour 10/17 risques) des moyennes (points noirs) qui sont comprises entre les points "2-A court terme" et "3-A long terme". Ainsi, il apparaît que les risques sont perçus comme ayant des conséquences plutôt à court ou long termes sur la santé ou la navigabilité de l'avion. Cependant, nous remarquons que certains risques sont perçus en moyenne comme ayant des conséquences plus à long terme comme "Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau", "Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"", "Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau", "Respirer les vapeurs du "polysulfide Sealant"", "Avoir du "coating" sur la peau" et "Respirer les vapeurs du "coating"". Concernant le produit chimique "NonAqueousClean" et "Coating", aucun verbatim n'a été relevé. Concernant le produit chimique "Polysulfide Sealant" un participant mentionne que les mécaniciens travaillent avec des gants et donc que le produit ne va pas sur la peau.

Analyse de la variance des réponses pour la perception de l'immédiateté.

Nous remarquons sur la figure 93 que 5 risques sur les 17 ont une concentration des réponses à "1-Immédiat" (par exemple "PolysulfSealYeux") ce qui suggère une faible variance des réponses des participants. Cependant, même pour ces risques nous remarquons la présence de valeurs atypiques qui nous indiquent l'existence d'une variabilité des réponses. Également, nous remarquons que 4/17 risques ont des écarts interquartiles de "1" ou de "2", ce qui suggère une variance plus importante pour ces risques. L'analyse des moyennes nous indique que la perception de l'immédiateté des conséquences varie en moyenne entre "1-Immédiat" et "3-À long terme". De ce fait, il existe une variance pour chaque risque que nous expliquerons dans l'analyse statistique.

7.3.3.4. Comparaison des risques inter tâche

Afin d'identifier si la perception de l'immédiateté varie suivant le contexte opérationnel (issue de la tâche), nous avons sélectionné les risques qui se retrouvent dans au moins deux tâches différentes. Puis, nous avons effectué un test de Wilcoxon qui compare la perception de l'immédiateté moyenne pour un risque dans deux tâches. Voici le tableau qui présente les résultats.

Tableau 41 : Comparaison des perceptions de l'immédiateté moyennes par risque à l'aide d'un test de Wilcoxon.

Risques	Tâche 1	Tâche 2	p_value
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Fuel	VHF	0.78ns
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	Fuel	VHF	0.11ns
Ingérer du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.89ns
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	Fuel	VHF	0.73ns
Travailler en hauteur	Fuel	VHF	0.25ns
Travailler en hauteur	Fuel	Oxygène	0.71ns
Travailler en hauteur	VHF	Oxygène	0.48ns

Le tableau 41 nous indique qu'il n'existe pas de différence significative dans la perception de l'immédiateté des conséquences entre les tâches de maintenance pour un même risque.

7.3.4. Ce qu'il faut retenir de l'analyse par risque

Analyse de la distribution des réponses pour la perception de la probabilité, de la sévérité et de l'immédiateté.

Certains risques présentent des résultats opposés aux tendances précédemment mentionnées dans le point "7.2.4 Ce qu'il faut retenir de l'analyse par tâche" (cf. p 223) :

- Les risques pour lesquels les mécaniciens se sentent le moins vulnérables sont : *"Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué"*, *"Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant"*, *"Avoir du leak detector sur la peau"* et *"Respirer les vapeurs du leak detector"*.
- Les risques qui sont associés à des conséquences les moins sévères sont : l'ingestion de différents produits chimiques, le travail en hauteur pour la tâche "Fuel" et "VHF" et le fait d'avoir les mains sales pour la tâche "VHF".
- Les risques qui sont associés à des conséquences les plus à long terme sont : le fait de respirer les vapeurs de différents produits chimiques et d'en avoir sur la peau.

Analyse de la distribution des réponses pour chaque type de risque "Santé" et "Navigabilité".

Nous n'avons pas identifié de différence notable entre les deux types de risque en ce qui concerne la distribution des réponses et la perception des risques moyenne. Les différences semblent plus provenir des caractéristiques des dangers associés aux risques plutôt que du type de risque ("Santé" ou "Navigabilité").

Comparaison des risques inter tâche

Nous avons identifié que :

- Les mécaniciens ont une perception plus optimiste de la probabilité d'impact du travail en hauteur sur leur santé (se sentent moins vulnérables) pour la tâche "Oxygène" en comparaison avec la tâche "Fuel" et "VHF".
- Aucune différence significative n'a été identifiée pour la perception de la sévérité et de l'immédiateté.

7.4. Analyse des cas d'individus atypiques

Cette analyse a pour objectif d'identifier les profils d'individus les plus atypiques. C'est-à-dire, ceux qui ont une perception des risques la plus éloignée de la majorité des participants en moyenne. En effet, nous souhaitons identifier si les participants atypiques correspondent à un profil de mécanicien particulier. Pour ce faire, un individu est considéré comme atypique si la valeur absolue de l'écart avec le premier quartile (Q1) est inférieure à $Q1 - (1.5 * \text{Écart interquartile})$. Ou bien que la valeur absolue est supérieure à $Q3 + (1.5 * \text{Écart interquartile})$. Ainsi, pour chaque participant, nous calculerons le nombre de fois qu'ils sont considérés comme atypiques sur chaque caractéristique du risque (Probabilité, Sévérité et Immédiateté). Puis, nous sélectionnerons les 25% des individus qui ont été considérés le plus de fois comme atypiques afin de caractériser leur profil en comparaison avec le profil moyen des 27 mécaniciens.

7.4.1. Perception de la probabilité

Le tableau 42 présente le nombre de fois que les mécaniciens ont été considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l'échelle de probabilité pour les 47 risques. A noter que les participants qui sont considérés comme atypiques sont uniquement inférieurs à $Q1 - (1.5 * \text{Écart interquartile})$. Ces mécaniciens perçoivent les risques comme ayant un impact moins probable sur leur santé ou la navigabilité de l'avion que la majorité des mécaniciens.

Tableau 42 : Nombre de participants considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l'échelle de probabilité.

Participants	1	2	6	7	8	10	11	12	13	14	15	18	19	21	23	26
Nombre de fois atypique	2	5	2	2	2	8	7	2	1	2	4	1	1	3	1	1

Maintenant, sélectionnons les 25% de participants qui sont le plus associés à des valeurs atypiques (>2 pour la ligne "Nombre de fois atypique"). Cela dans le but de réduire le nombre de participants afin d'identifier si des similarités de profil émergent pour les participants les plus atypiques (participants 2, 10, 11, 15, 21 dont le profil est détaillé sur le tableau 43).

Tableau 43 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de la probabilité en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.

	Âge	Année d'expérience totale	Année d'expérience A320	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NPA=5	41	17	8	Oui:60% Non:40%	Oui:40% Non:60%	Oui:40% Non:60%	Oui:40% Non:60%	Oui:20% Non:80%
NT=27	36	15	6	Oui:59% Non:41%	Oui:52% Non:48%	Oui:26% Non:74%	Oui:37% Non:63%	Oui:37% Non:63%

Sur le tableau 43, nous remarquons que les 25% de participants les plus atypiques sont, en comparaison avec la moyenne des 27 participants, un peu plus âgés, avec plus d'expérience totale et avec plus d'expérience sur A320. De plus, la proportion de participants atypiques titulaires de la licence Part66 est moins importante en comparaison à l'ensemble des 27 participants, mais est plus importante pour la variable "Licence Part 66 en cours".

7.4.2. Perception de la sévérité

Le tableau 44 présente le nombre de fois que les mécaniciens ont été considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l'échelle de sévérité pour les 47 risques. A noter que les participants qui sont considérés comme atypiques sont supérieurs à Q3 - (1.5 * Écart interquartile). Ces mécaniciens perçoivent les conséquences sur leur santé ou sur la navigabilité de l'avion plus sévèrement que la majorité des mécaniciens.

Tableau 44 : Nombre de participants considérés comme atypiques pour la perception de la probabilité.

Participants	1	3	6	10	13	20	21	22	23	27
Nombre de fois atypique	1	7	1	1	4	6	1	1	1	1

Maintenant, sélectionnons les 25% de participants qui sont les plus associés à des valeurs atypiques (>1 pour la ligne "Nombre de fois atypique"). Cela dans le but de réduire le nombre de participants afin d'identifier si des similarités de profil émergent pour les participants les plus atypiques (participants 3,13,20 dont le profil est détaillé sur le tableau 45).

Tableau 45 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de la sévérité en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.

	Âge	Année d'expérience totale	Année d'expérience A320	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NPA=3	33	13	4	Oui:33% Non:67%	Oui:33% Non:67%	Oui:33% Non:67%	Oui:33% Non:67%	Oui:0% Non:100%
NT=27	36	15	6	Oui:59% Non:41%	Oui:52% Non:48%	Oui:26% Non:74%	Oui:37% Non:63%	Oui:37% Non:63%

Sur le tableau 45, nous remarquons que les 25% de participants les plus atypiques sont légèrement moins âgés en moyenne et moins expérimentés (au total et sur A320). Les participants les plus atypiques sont en proportion moins nombreux à être titulaires d'un bac professionnel aéronautique et d'une licence Part 66 en comparaison à l'ensemble des 27 participants. Aucun des participants atypiques ne possède d'APprobaton de Remise en Service (APRS).

7.4.3. Perception de l'immédiateté

Le tableau 46 présente le nombre de fois que 19 mécaniciens ont été considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l'échelle d'immédiateté pour les 47 risques. A noter que les participants qui sont considérés comme atypiques sont uniquement ceux supérieurs à Q3 - (1.5 * Écart interquartile). Ces mécaniciens perçoivent les conséquences sur leur santé ou la navigabilité de l'avion plus à long terme que la majorité des mécaniciens.

Tableau 46 : Nombre de participants considérés comme atypiques dans leurs réponses sur l'échelle d'immédiateté.

Participants	1	2	3	5	6	9	11	12	13	14	15	16	17	19	21	23	24	25	27
Nombre de fois atypique	2	1	11	1	3	1	1	2	5	10	10	1	2	11	7	1	4	2	3

Maintenant, sélectionnons les 25% de participants qui sont les plus associés à des valeurs atypiques (>4 pour la ligne "Nombre de fois atypiques"). Cela dans le but de réduire le nombre de participants afin d'identifier si des similarités de profil émergent pour les participants les plus atypiques (participants 3,13,14,15,19,21 dont le profil est détaillé sur le tableau 47).

Tableau 47 : Profils moyens des 25% de participants qui ont le plus de valeurs atypiques dans leur perception de l'immédiateté en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NPA : Nombre de participants atypiques et NT : Nombre de participants total.

	Âge	Années d'expérience totale	Années d'expérience A320	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NPA=6	38	16	11	Oui:67% Non:33%	Oui:50% Non:50%	Oui:33% Non:67%	Oui:50% Non:50%	Oui:17% Non:83%
NT=27	36	15	6	Oui:59% Non:41%	Oui:52% Non:48%	Oui:26% Non:74%	Oui:37% Non:63%	Oui:37% Non:63%

Ces résultats montrent que, en comparaison avec la moyenne des 27 participants, les 25% de participants les plus atypiques sont légèrement plus âgés et avec plus d'expérience totale et d'expérience sur A320. La proportion des participants les plus atypiques qui possèdent un bac professionnel aéronautique est plus élevée que celle de l'ensemble des participants (N=27) et est plus faible concernant la possession d'une APRS, avec une proportion plus équilibrée de mécaniciens qui possèdent une QTA320.

7.4.4. Ce qu'il faut retenir de l'analyse par individu atypique

- Les profils atypiques perçoivent :
 - l'impact sur la santé ou la navigabilité de l'avion comme étant **moins probable** (se sentent moins vulnérables).
 - les conséquences comme étant **plus sévères** sur leur santé ou la navigabilité de l'avion.
 - les conséquences comme étant plus **à long terme** sur leur santé ou la navigabilité de l'avion.
- Les participants atypiques ne sont pas systématiquement les mêmes participants dans chacune des 3 caractéristiques du risque. Néanmoins, ces participants atypiques sont plus associés à des mécaniciens qui ne possèdent pas d'APRS.
- Il n'y a pas de profil "type" de participant atypique sur les trois caractéristiques du risque.
- Pour les 3 caractéristiques, il y a plus de risques avec des profils atypiques pour le type de risque "Santé" que pour le type de risque "Navigabilité".

8. Analyse statistique

Au cours de l'analyse descriptive nous avons mis en évidence des variations de la perception en fonction des risques, mais aussi selon les individus (mécaniciens). Cependant, à travers l'analyse statistique, nous allons pouvoir répondre plus précisément aux trois questions de recherche (cf. p 146). Celle-ci s'effectuera successivement par individu puis par risque et sera découpée en 2 sous-sections :

- Analyse des questions de recherche 1 et 3.
- Analyse des questions de recherche 2 et 3.

La découpe en deux sous-sections illustre notre choix de traiter séparément chacune des deux questions de recherche Q1 et Q2 en prenant en compte : la santé des mécaniciens d'une part et la navigabilité de l'avion d'autre part (Q3).

8.1. Analyse des questions de recherche 1 et 3

Cette section a pour objectif de répondre aux questions de recherche suivantes :

- **Question de recherche 1** : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques selon les 3 caractéristiques : probabilité, sévérité et immédiateté ?

Pour ce faire, les hypothèses suivantes seront testées (cf. Tableau 48).

Tableau 48 : Liste des hypothèses à tester pour la question de recherche 1.

Numéro	Hypothèses
H1	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité.
H2	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté des conséquences.
H3	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences.

- **Question de recherche 3** : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Pour ce faire, l'hypothèse suivante sera testée (cf. Tableau 49).

Tableau 49 : Liste de l'hypothèse à tester pour la question de recherche 2.

Numéro	Hypothèse
H14	Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion.

Afin de tester les hypothèses nous réaliserons, pour chacune d’entre elles : 1) une étude par individu afin de mieux comprendre la manière dont les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques. 2) une étude par risque afin de comprendre les différences de perception entre les 47 risques. Pour ce faire, des tests de corrélation employant la méthode “*Spearman*” ont été effectués du fait que la distribution des données ne soit pas normale. Nous testerons la positivité des corrélations en sachant qu’une corrélation positive entre deux variables signifie que plus une variable tend vers son maximum, plus l’autre tend vers son maximum également (ou inversement). Une corrélation négative signifie que plus une variable tend vers son maximum, plus l’autre tend vers son minimum (ou inversement). A noter que les réponses “*je ne sais pas*” n’ont pas été considérées car nous souhaitons nous focaliser sur la perception des risques des mécaniciens sur les trois caractéristiques du risque (celles-ci sont disponibles dans l’Annexe 2 - Analyse des réponses “Je ne sais pas”).

8.1.1. Perception de la probabilité et de la sévérité

Dans cette sous-section, nous testerons l’**Hypothèse H1** : “*Il n’existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité*”

8.1.1.1. Par individu

Le tableau 50 permet d’identifier les mécaniciens pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité, ordonnés de la plus forte significativité à la plus faible. Ces résultats nous indiquent qu’il existe une corrélation significative positive entre la perception de la probabilité d’impact du risque et la perception de la sévérité des conséquences pour 15 mécaniciens sur les 27 participants (soit 55%). De ce fait, l’hypothèse H1 n’est pas validée pour la majorité des mécaniciens.

Tableau 50 : Liste des 15 mécaniciens (N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité.

Individus	p_value	Rho
7	3.68e-10	0.81
12	6.23e-08	0.74
4	3.77e-09	0.73
22	4.64-07	0.66
13	1.73e-06	0.66
9	1.20e-05	0.61
17	1.98e-05	0.60
6	8.24e-05	0.56

Individus	p_value	Rho
7	3.68e-10	0.81
12	6.23e-08	0.74
4	3.77e-09	0.73
22	4.64-07	0.66
13	1.73e-06	0.66
9	1.20e-05	0.61
24	0.00018	0.53
20	0.00082	0.51
14	0.0088	0.37
15	0.013	0.37
23	0.013	0.36
16	0.045	0.35
25	0.039	0.30

Maintenant, intéressons-nous au profil des mécaniciens pour lesquels le coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 60% (7, 12, 4, 22, 13, 9, et 17, cf. Tableau 51). Ces résultats montrent que les mécaniciens dont la corrélation entre la perception de la probabilité et de la sévérité est la plus importante sont **légèrement moins âgés que le reste de notre échantillon et moins expérimentés** en tant que mécanicien (au total et sur A320), en moyenne. Nous remarquons également que ces mécaniciens sont en proportion moins certifiés (pas de licence Part 66, pas de QTA230 et d'APRS) que la totalité des 27 participants. Cependant, nous ne remarquons pas de différence notable entre les deux groupes dans la possession d'un bac professionnel aéronautique ou la réalisation en cours d'une licence part 66.

Tableau 51 : Profils moyens des 7 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NP : Nombre de participants avec une corrélation significative positive et NT : Nombre de participants total.

	Âge moyen	Année d'expérience totale moyenne	Année d'expérience A320 moyenne	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NP=7	32	10	4	Oui :57% Non :43%	Oui :28% Non :71%	Oui :28% Non :71%	Oui :28% Non :71%	Oui :28% Non :71%
NT=27	36	15	6	Oui :59% Non :41%	Oui :52% Non :48%	Oui :26% Non :74%	Oui :37% Non :63%	Oui :37% Non :63%

8.1.1.2. Par risque

Le tableau 52 rassemble les risques pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité (ordonnés de la plus forte significativité à la plus faible).

Tableau 52 : Liste des 20 risques (sur 47 dont 38 pour le type "Santé" et 9 pour le type "Navigabilité") pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité.

Risque	Tâche	Type de risque	P_value	Rho
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	Oxygène	Santé	0.00011***	0.80
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	VHF	Santé	0.00014***	0.72
Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille	Oxygène	Navigabilité	8.05e-05***	0.69
Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau	VHF	Santé	0.00031***	0.67
Appliquer du scotch sur l'antenne	VHF	Navigabilité	0.00061***	0.66
Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile	Fuel	Santé	0.00441**	0.61
Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne	VHF	Navigabilité	0.00095***	0.61
Respirer les vapeurs du "Coating"	VHF	Santé	0.00345**	0.59
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	VHF	Santé	0.00472**	0.56
Respirer les vapeurs du "polysulfide Sealant"	VHF	Santé	0.00495**	0.56
Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant	Fuel	Santé	0.0065**	0.56
Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec présence d'érosion	VHF	Navigabilité	0.0071**	0.53
Ne pas installer les <i>safety-lock</i> sur le train d'atterrissage	Fuel	Santé	0.011*	0.52
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	Oxygène	Santé	0.035*	0.47
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	VHF	Santé	0.030*	0.46
Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage	Fuel	Navigabilité	0.032*	0.46
Travailler en hauteur	VHF	Santé	0.020*cor	0.45
Avoir du "coating" dans les yeux	VHF	Santé	0.033*	0.43
Avoir du "coating" sur la peau	VHF	Santé	0.046*	0.42

Ces résultats nous indiquent que la tâche pour laquelle il existe le plus de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de sévérité est l'installation d'une antenne VHF (13 risques sur 17, soit 76%). Vient ensuite l'installation d'une pompe à carburant (Fuel) (4 risques sur 17, soit 23%), puis l'installation d'une bouteille à Oxygène (3 risques sur 13, soit 23%).

Également, le tableau 52 nous indique que 14 risques de type “Santé” sur 38 (soit 37 %) et 7 risques de type “Navigabilité” sur 9 (78%) possèdent une corrélation significative positive entre la perception de la probabilité et de la sévérité. En d’autres termes, pour ces risques, **plus les mécaniciens perçoivent comme élevée la probabilité que le risque ait un impact sur leur santé/la navigabilité de l’avion, plus la sévérité des conséquences est perçue comme élevée (ou inversement)**. L’hypothèse **H1 est donc réfutée** pour ces 14 risques et validée pour les 24 restants. De plus, il ne semble pas que les résultats soient spécifiques à un type de risque même s’il existe une plus grande proportion de risques de type “Navigabilité” pour lesquels il y existe une corrélation significative. Également, certains dangers étaient plus représentés que d’autres notamment le produit chimique “*Polysulfide Sealant*” et le “*Coating*” pour lesquels 3 des 4 risques sont présents dans le tableau 52.

8.1.2. Perception de la probabilité et d’immédiateté

Dans cette sous-section, l’hypothèse testée est l’**Hypothèse 2 : “Il n’existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d’immédiateté des conséquences”**.

8.1.2.1. Par individu

Le tableau 53 rassemble les résultats pour les mécaniciens (10 sur 27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de l’immédiateté, ordonnés de la plus forte significativité à la plus faible. Tout d’abord, sont présentés les mécaniciens pour lesquels la corrélation est significative et négative puis ceux pour lesquels la corrélation est significative et positive.

Tableau 53 : Liste des 10 mécaniciens (sur N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de l’immédiateté.

Individus	p_value	Rho
22	2.34e-06	-0.63
19	5.71e-05	-0.61
25	0.00014	-0.54
17	0.0054	-0.42
5	0.017	-0.38
7	0.032	-0.37
12	0.026	-0.37
6	0.029	-0.33
10	0.0040	0.48
4	0.030	0.32

Ces résultats nous indiquent qu'il existe une corrélation significative négative entre la perception de la probabilité d'impact du risque et la perception de l'immédiateté des conséquences pour 8 mécaniciens sur les 27 participants (soit 30%). Et qu'il existe une corrélation significative positive pour 2 mécaniciens (soit 7%). De ce fait, l'hypothèse H2 n'est pas validée pour ces 10 mécaniciens.

Pour tenter d'identifier les raisons de cette différence, intéressons-nous d'une part au profil des 4 mécaniciens présentant une corrélation significative négative et un coefficient de corrélation supérieur ou égal à 60% (22, 19, 25, et 17, cf. Tableau 54) et d'autre part à celui des mécaniciens dont la corrélation significative est positive (bien que le coefficient ne soit pas supérieur à 60%).

Tableau 54 : Profils moyens des 6 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NP : Nombre de participants avec une corrélation significative positive, NN : Nombre de participants avec une corrélation significative négative et NT : Nombre de participants total.

	Âge moyen	Année d'expérience totale moyenne	Année d'expérience A320 moyenne	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NP=2	44	21	6	Oui:100% Non:0%	Oui:0% Non:100%	Oui:50% Non:50%	Oui:0% Non:100%	Oui:0% Non:100%
NN=4	23	4	4	Oui:100% Non:0%	Oui:0% Non:100%	Oui:100% Non:0%	Oui:100% Non:0%	Oui:0% Non:100%
NT=27	36	15	6	Oui:59% Non:41%	Oui:52% Non:48%	Oui:26% Non:74%	Oui:37% Non:63%	Oui:37% Non:63%

Les résultats présentés en tableau 54 nous apprennent que **les mécaniciens dont la corrélation entre la perception de la probabilité et de l'immédiateté est significative et négative sont plus âgés et plus expérimentés en tant que mécaniciens** (pour "Année d'expérience totale"). Alors que **les mécaniciens pour lesquels la corrélation est significative et positive sont moins âgés et moins expérimentés en tant que mécaniciens** (au total -colonne 3- et sur A320 -colonne 4). Nous remarquons également que les mécaniciens dont la corrélation est significative et positive sont en proportion moins certifiés que la totalité des 27 participants. Les mécaniciens dont la corrélation est significative et négative sont en cours d'obtention d'une certification ou possèdent déjà une QTA320. Concernant la formation initiale, tous les mécaniciens dont la corrélation est significative positive ou négative possèdent un bac professionnel aéronautique (colonne 5). Alors que pour les 27 participants, la proportion est relativement équilibrée.

8.1.2.2. Par risque

Le tableau 55 présente les deux risques **sur les 47** (soit 4%) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la **probabilité** et d'**immédiateté**. Nous remarquons qu'**il s'agit d'une corrélation significative négative concernant deux risques de type "Santé"**. En d'autres termes, plus les mécaniciens perçoivent comme élevée la probabilité que d'avoir du polysulfide dans les yeux, ou de faire fonctionner la pompe à carburant sans carburant, ait des conséquences sur leur santé plus les conséquences sont perçues comme immédiates (et inversement). A noter que la corrélation est moyennement significative pour le risque "*PolysulSealYeux*" et fortement significative pour le risque "*Faire fonctionner la pompe à carburant sans carburant*".

Tableau 55 : Les 2 risques (sur 47) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté.

Risque	Tâche	Type de risque	P_value	Rho
Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant	Fuel	Santé	0.021*	-0.68
Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux	VHF	Santé	0.020*	-0.44

L'**hypothèse H2** est donc **réfutée** pour ces deux risques. Nous avons également identifié pour le risque "*Faire fonctionner la pompe à carburant sans carburant*" une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité (cf. Tableau 55).

8.1.3. Perception d'immédiateté et de sévérité

Nous allons tester dans cette partie l'**Hypothèse 3** : "***Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences***".

8.1.3.1. Par individu

Le tableau 56 rassemble les mécaniciens pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de l'immédiateté et de la sévérité (ordonnés de la plus forte significativité à la plus faible).

Tableau 56 : Liste des 16 mécaniciens (N=27) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de l'immédiateté et de la sévérité.

Individus	p_value	Rho
22	1.81e-09	-0.76
21	1.53e-06	-0.63
12	0.00013	-0.60
25	9.43e-05	-0.55
5	0.00028	-0.55
11	0.0032	-0.54
14	0.00015	-0.52
3	0.00086	-0.49
17	0.0017	-0.47
8	0.0069	-0.44
7	0.013	-0.41
18	0.037	-0.41
2	0.026	-0.35
6	0.042	-0.31
24	0.034	-0.30
9	0.044	-0.30

Ces résultats indiquent qu'il existe une corrélation significative négative entre la perception de l'immédiateté et de la sévérité des conséquences pour 16 mécaniciens sur les 27 (soit 59%). De ce fait, l'hypothèse H3 n'est pas validée pour ces 16 mécaniciens.

Dans le tableau 57, nous nous intéressons aux 3 mécaniciens parmi les 16 significatifs dont le coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 60% (22, 21 et 12). Ces résultats nous apprennent que ces mécaniciens sont moins âgés et moins expérimentés en tant que mécanicien (au "total" et légèrement moins pour "A320"). Nous remarquons également qu'ils possèdent moins de licence Part 66, mais en proportion plus de QTA320, que la totalité des 27 participants. Concernant l'APRS, les proportions sont à peu près équivalentes. Concernant la formation initiale, ils possèdent plus de bac professionnel aéronautique que la totalité des 27 participants.

Tableau 57 : Profils moyens des 3 participants dont le coefficient de corrélation est le plus élevé en comparaison avec le profil moyen des 27 participants. NN : Nombre de participants avec une corrélation significative négative et NT : Nombre de participants total.

	Âge moyen	Année d'expérience totale moyenne	Année d'expérience A320 moyenne	Bac professionnel aéronautique	Licence Part66	Licence Part 66 en cours	QTA320	APRS
NN=3	29	7	5	Oui:66% Non:33%	Oui:33% Non:66%	Oui:33% Non:66%	Oui:66% Non:33%	Oui:33% Non:66%
NT=27	36	15	6	Oui:59% Non:41%	Oui:52% Non:48%	Oui:26% Non:74%	Oui:37% Non:63%	Oui:37% Non:63%

8.1.3.2. Par risque

Le tableau 58 rassemble les risques pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté (ordonnés de la plus forte significativité à la plus faible).

Tableau 58 : Liste des risques (2 sur 47) pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté.

Risque	Tâche	Type de risque	P_value	Rho
Appliquer du scotch sur l'antenne	VHF	Navigabilité	0.0053**	-0.58
Avoir des connecteurs électriques contaminés	Fuel	Navigabilité	0.037*	-0.68

Nous remarquons qu'il existe une corrélation significative négative pour deux risques de type "Navigabilité" seulement sur les 47 (soit 4%) répartis sur les trois tâches de maintenance. **En d'autres termes, pour ces deux risques, plus les mécaniciens perçoivent élevée la sévérité des conséquences sur la navigabilité de l'avion pour les risques "Appliquer du scotch sur l'antenne" et "Avoir des connecteurs électriques contaminés", plus les conséquences sont perçues comme immédiates (et inversement).** Seul le risque "AppliqueScotchAnten" est également présent dans le tableau 52 qui mentionne les risques pour lesquels il existe une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité.

8.1.4. Ce qu'il faut retenir sur l'analyse des questions de recherche 1 et 3

Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques (Probabilité, Sévérité et Immédiateté) ?

Globalement

- L'analyse par individu nous indique que, pour 13% des mécaniciens il existe une corrélation significative entre les trois caractéristiques du risque. L'analyse par risque nous indique qu'aucune corrélation significative n'a été identifiée pour aucun des risques.
- Considérant les 3 caractéristiques du risque, la perception de la probabilité et de la sévérité sont les plus corrélées.
- Pour un même risque, une corrélation significative peut exister dans une tâche mais pas dans une autre. Les mécaniciens ne sont pas cohérents dans leur perception des risques.

Perception de la probabilité et de la sévérité :

- Pour 55% des mécaniciens, il existe un lien positif entre la probabilité d'impact et la sévérité des conséquences.
 - Ces mécaniciens sont en moyenne moins expérimentés et moins certifiés que la moyenne des 27 participants.
- Pour 42% des risques, il existe un lien positif entre la probabilité d'impact et la sévérité des conséquences. Les risques sont principalement issus de la tâche "VHF".

Perception de la probabilité et de l'immédiateté :

- Pour 30% des mécaniciens, il existe un lien négatif entre la probabilité d'impact et l'immédiateté des conséquences.
 - Ces mécaniciens sont en moyenne plus âgés et plus expérimentés que la moyenne des 27 participants.
- Pour 7% des risques, il existe un lien positif entre la probabilité d'impact et l'immédiateté des conséquences.
- Pour 4% des risques, il existe un lien négatif entre la probabilité d'impact et l'immédiateté des conséquences.

Perception de l'immédiateté et de la sévérité:

- Pour 59% des mécaniciens, il existe un lien négatif entre la sévérité et l'immédiateté des conséquences.

- Ces mécaniciens sont moins expérimentés que la moyenne des 27 participants.
- Pour 4% des risques, il existe un lien négatif entre la probabilité d'impact et l'immédiateté des conséquences.

Q3: Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

- Il y a une plus grande proportion de risques de type "Navigabilité" pour lesquels il existe un lien positif entre la perception de la probabilité et de la sévérité.
- Les deux risques pour lesquels il existe un lien négatif entre la perception de la probabilité et de l'immédiateté sont de type "Santé".
- Les deux risques pour lesquels il existe un lien négatif entre la perception de l'immédiateté et de la sévérité sont de type "Navigabilité".

Concernant les hypothèses, voici le tableau 59 qui permet de fournir les raisons pour lesquelles nous considérons que l'hypothèse est validée, non validée ou intermédiaire. La position intermédiaire concerne le fait que des corrélations significatives aient été identifiées ce qui ne nous permet pas de réfuter l'hypothèse. Cependant, parce que ces corrélations significatives ne sont pas nécessairement cohérentes pour un même risque dans deux contextes différents et qu'elles ne sont pas nécessairement vraies pour la majorité des risques, nous considérons qu'elle ne peut être ni validée, ni réfutée.

Tableau 59 : Décisions concernant la validation des hypothèses pour Q1 et Q3.

N°	Hypothèses	Décision
H1	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité.	Réfutée Il existe une corrélation significative pour une part non négligeable de mécaniciens et de risques.
H2	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté des conséquences.	Intermédiaire Il existe une corrélation significative pour une part non négligeable de mécaniciens mais pour seulement 2 risques.
H3	Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences.	Intermédiaire Il existe une corrélation significative pour une part non négligeable de mécaniciens mais pour seulement 2 risques.
H14	Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion.	Réfutée Il existe, en proportion, pour le type de risque "Navigabilité" plus de corrélations significatives.

8.2. Analyse des questions de recherche 2 et 3

L'analyse statistique a pour objectif de tester les hypothèses présentées dans le tableau 60 afin de répondre aux questions de recherche suivantes :

- **Question de recherche Q2** : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?
- **Question de recherche Q3** : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Tableau 60 : Liste des hypothèses à tester pour répondre à Q2 et Q3.

Numéro	Hypothèses
H4	L'expérience du risque explique une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens.
H5	Plus l'expérience du risque est associée à des conséquences sévères, plus la perception des risques des mécaniciens est élevée.
H6	Les connaissances des mécaniciens expliquent une part significative de la variance de la perception des risques.
H7	La formation initiale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H8	La formation continue des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H9	La formation supplémentaire des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H10	L'expertise globale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H11	L'expertise des mécaniciens spécifiques à la tâche explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H12	Le degré d'exposition perçue par les mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H13	L'entreprise explique une part significative de la variance de la perception des risques.
H14	Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion.

Pour l'analyse des 47 risques sur les trois caractéristiques du risque (probabilité, sévérité, immédiateté), nous avons :

- Créer un modèle linéaire du type $y = ax_1 + bx_2 + \dots$ avec y la variable à expliquer qui correspond à la perception d'un seul risque et pour l'une de ses caractéristiques (N = 27 mécaniciens). Les éléments " $x_1, x_2, etc.$ " correspondent aux variables explicatives qui fluctuent suivant le risque.
- Utiliser la fonction *step* sur R studio qui retient le meilleur modèle sur la base de l'AIC (critère d'information d'Akaike). Ainsi, seules les variables explicatives qui composent le meilleur modèle seront retenues.
- Sur la base du nouveau modèle, nous avons :
 - Évalué la normalité de la distribution des résidus (à l'aide d'un test de Shapiro) et l'homogénéité des variances (à l'aide d'un test de Breusch-Pagan).
 - Analysé la table de régression et les résultats de l'ANOVA qui nous ont permis d'observer la significativité du modèle, la significativité de l'effet (positif ou négatif) et la part de la variance expliquée pour chaque variable explicative.

Par exemple, pour le risque "Avoir les mains et outils sales" sur la caractéristique "Probabilité", le modèle complet qui comporte les variables explicatives dites "globales" (en vert), spécifiques à la tâche "Oxygène" (en rouge) et spécifiques au risque (en bleu) est :

$$\text{ProbaMainSal} = \text{GenFam} + \text{AnneeExpSansLicence} + \text{BacPro} + \text{ActiviteEntreprise} + \text{Experience} + \text{Certifications} + \text{ExpertiseOxy} + \text{FormationExplosion} + \text{ClassMesMainSal} + \text{PersoExpeMainSal} + \text{ExpoExplosif}.$$

Le modèle retenu à l'aide de la fonction "step" est :

$$\text{ProbaMainSal} = \text{Certifications} + \text{FormationExplosion} + \text{ClassMesMainSal}.$$

Le test de Shapiro nous indique que la normalité de la distribution des résidus est respectée ($W = 0.94548$, $p\text{-value} = 0.17 > 0.05$) et le test de Breusch-Pagan (BP) nous indique que l'homogénéité des variances n'est pas respectée ($BP = 8.869$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.031 < 0.05$). Cependant, en réalisant un graphique des résidus en fonction des valeurs prédites (ou "fitted values"), nous sommes en mesure de valider l'homogénéité des variances car nous n'identifions pas de forme particulière.

L'évaluation de la table de régression et de l'ANOVA figure 94 nous indique que le modèle est significatif ($F(3, 23) = 3.81$, $p = 0.023^*$) avec un R^2 ajusté à 24%. Plus précisément, nous remarquons un effet significatif positif uniquement pour la variable "Certification" ($F(1, 23) = 6.82$, $p = 0.015^*$) sur la perception de la probabilité d'impact du risque "Avoir les mains et outils sales" sur la santé des mécaniciens. En d'autres termes, un mécanicien qui est non certifié perçoit comme moins probable

l'impact du risque sur sa santé que celui qui est certifié pour le risque "Avoir les mains et outils sales". De plus, nous remarquons que la variable "Certification" explique 19% de la variance de la perception de la probabilité d'impact du risque sur la santé des mécaniciens.

TABLE DE REGRESSION

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6632	-0.3266	0.1382	0.5495	1.1554

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.09646	0.44164	9.275	3.1e-09 ***
Certifications	0.21960	0.08405	2.613	0.0156 *
FormationExplosionOui	-0.63691	0.41296	-1.542	0.1366
ClassMesMainSal	-0.37610	0.25554	-1.472	0.1546

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8085 on 23 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3323, Adjusted R-squared: 0.2452

F-statistic: 3.815 on 3 and 23 DF, p-value: 0.02353

ANOVA

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	PctExp
Certifications	4.462772	1	6.826587	0.01555816	19.861213
FormationExplosion	1.555065	1	2.378742	0.13664431	6.920691
ClassMesMainSal	1.416068	1	2.166123	0.15463328	6.302100
Residuals	15.035880	23	NA	NA	66.915995

Figure 94 : Table de régression et résultats de l'ANOVA pour le risque "Avoir les mains et outils sales".

Ce travail a été effectué de façon similaire pour les 47 autres risques sur les trois caractéristiques du risque et les résultats sont présentés en détail en Annexe (Annexe 3 - Détail des effets et des variances expliquées). Pour des raisons de clarté, dans les sous-sections qui suivent, seulement les effets et les pourcentages de variance expliquée seront présentés pour les risques dont le modèle était significatif ($p_value < 0.05$).

8.2.1. Perception de la probabilité

L'analyse des résultats synthétisée dans le tableau 61 s'effectuera en deux étapes :

- L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la probabilité.
- L'analyse de la variance de la perception de la probabilité pour chaque variable explicative.

Comme mentionné précédemment, nous présentons dans le tableau 61 uniquement les effets (“-” pour négatif et “+” pour positif) et les pourcentages de variance expliqués pour chaque variable. Un classement hiérarchique par ligne a été effectué (pour chaque type de risque) : les risques sont présentés de celui qui possède le moins de variables explicatives à celui qui en possède le plus. De la même façon, un classement par colonne a été effectué : les variables explicatives sont présentées de celles qui expliquent le plus de fois la variance de la perception de la probabilité à celles qui l'expliquent le moins de fois.

Tableau 61 : Part de la variance expliquée de chaque variable explicative sur la perception de la probabilité par risque. "+" indique un effet significatif positif et "-" un effet significatif négatif.

Risques	Type de risque	Tâche	a Année expérience sans licence	b Expérience	c Formation initiale	d Activité entreprise	e Importance perçue des mesures de sécurité	f Certifications	g Expertise spécifique à la tâche	h Expérience du risque	i Formation continue	j Formation supplémentaire
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Santé	Fuel		-21%								
Travailler en hauteur	Santé	VHF			-20%							
Respirer les vapeurs du "coating"	Santé	VHF					-19%					
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	Santé	Fuel	-19%									
Avoir les mains et outils sales	Santé	Oxygène						+19%				
Travailler avec des fils freins coupés	Santé	Fuel	-16%									
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	Santé	Oxygène						+14%				
Ingérer du "Leak detector"	Santé	Oxygène				+13%						
Ingérer du "non aqueous cleaner"	Santé	Fuel		-12%								
Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage	Santé	Fuel				+22%	-14%					
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	Santé	Oxygène	-22%		-11%							
Avoir du "turbine fuel" dans les yeux	Santé	Fuel				+12%			-15%			
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	Santé	Fuel	-12%	-15%				+12%				
Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne	Navigabilité	VHF		-7%	-7%	+10%			-11%	+14%		+12%

Risques	Type de risque	Tâche	a Année expérience sans licence	b Expérience	c Formation initiale	d Activité entreprise	e Importance perçue des mesures de sécurité	f Certifications	g Expertise spécifique à la tâche	h Expérience du risque	i Formation continue	j Formation supplémentaire
Tordre ou plier un faisceau électrique	Navigabilité	Fuel	+13%									
Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion	Navigabilité	VHF	+21%		-18%							
Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage	Navigabilité	Fuel		-22%			+15%		-11%			
Utiliser des outils métalliques pour enlever un élément non souhaité	Navigabilité	VHF	+16%		-14%						-13%	

8.2.1.1. L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la probabilité.

a) Année expérience sans licence

“Année expérience sans licence” est la variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (7/47). Elle a un **effet négatif** sur les **risques de type “Santé”** et un **effet positif** sur les risques de **type “Navigabilité”** sur la perception de la **probabilité** d'impact.

- Pour les quatre risques de type **“Santé”** concernés, cela signifie que plus un mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé, plus l'impact du risque sur sa santé est perçu comme improbable.
- Pour les trois risques de type **“Navigabilité”**, cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé, plus l'impact du risque sur la navigabilité de l'avion est perçu comme probable.

b) Expérience

“Expérience” est la deuxième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **probabilité** d'impact pour les **deux types de risque**.

- Pour trois risques de type **“Santé”**, cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée, plus l'impact des risques sur sa santé est perçu comme improbable.
- Pour deux risques de type **“Navigabilité”**, cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée, plus l'impact du risque sur la navigabilité de l'avion est perçu comme improbable.

c) Formation initiale

“Formation initiale” est la deuxième variable (ex aequo avec la variable “Expérience”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **probabilité** d'impact pour les **deux types de risque**.

- Pour deux risques de type **“Santé”**, cela signifie qu'un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit comme plus probable l'impact du risque sur sa santé que celui qui n'en possède pas.
- Pour trois risques de type **“Navigabilité”**, cela signifie qu'un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit comme plus probable l'impact du risque sur la navigabilité de l'avion que celui qui n'en possède pas.

d) **Activité entreprise**

“Activité entreprise” est la troisième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour les **deux types de risque**.

- Pour trois risques de type “**Santé**”, cela signifie qu’un mécanicien qui travaille au sein d’une entreprise dont l’activité nécessite l’obtention d’une QTA320 perçoit comme plus probable l’impact du risque sur sa santé que celui pour lequel la QTA320 n’est pas nécessaire.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie qu’un mécanicien qui travail au sein d’une entreprise dont l’activité nécessite l’obtention d’une QTA320 perçoit comme plus probable l’impact du risque sur la navigabilité de l’avion que celui pour lequel la QTA320 n’est pas nécessaire.

e) **Importance perçue des mesures de sécurité**

“Importance perçue des mesures de sécurité” est la quatrième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour le **type de risque “Santé”** et un **effet significatif positif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour deux risques de type “**Santé**”, cela signifie que plus une mesure de sécurité est perçue comme importante (pour assurer la sécurité des personnes), plus l’impact du risque sur la santé du mécanicien est perçu comme improbable.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie que plus la mesure de sécurité est perçue comme importante (pour assurer la navigabilité de l’avion), plus l’impact du risque sur la navigabilité de l’avion est perçu comme probable.

f) **Certifications**

“Certifications” est la quatrième variable (ex aequo avec la variable “Importance perçue des mesures de sécurité”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47).

- Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **probabilité** d’impact uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui est certifié perçoit comme plus probable l’impact du risque sur sa santé que celui qui n’est pas certifié.

g) **Expertise spécifique à la tâche**

“Expertise spécifique à la tâche” est la quatrième variable (ex aequo avec la variable “Importance perçue des mesures de sécurité” et “Certification”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour les **deux types de risque**.

- Pour le risque de type “**Santé**”, cela signifie qu’un mécanicien qui possède une expertise faible sur la tâche perçoit comme plus improbable l’impact du risque sur sa santé que celui qui a une plus grande expertise sur la tâche.
- Pour deux risques de type “**Navigabilité**”, cela signifie qu’un mécanicien qui possède une expertise faible sur la tâche perçoit plus improbable l’impact du risque sur la navigabilité de l’avion que celui qui a une plus grande expertise sur la tâche.

h) Expérience du risque

“Expérience du risque” est la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (1/47).

- Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour un risque de type “**Navigabilité**”. En d’autres termes, les mécaniciens qui ont déjà expérimenté le risque “Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l’antenne ” et pour lequel il y a déjà eu des conséquences sur la navigabilité de l’avion perçoivent la probabilité que ce même risque impacte de manière plus probable la navigabilité de l’avion.

i) Formation continue

“Formation continue” est également la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (1/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour un risque de type “**Navigabilité**”. En d’autres termes, un mécanicien qui a reçu une formation “Facteurs Humains” (il y a moins de six mois) perçoit comme moins probable l’impact du risque sur la navigabilité de l’avion que celui qui n’a pas reçu la formation.

j) Formation supplémentaire

“Formation supplémentaire” est également la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (1/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **probabilité** d’impact pour un risque de type “**Navigabilité**”. En d’autres termes, un mécanicien qui a effectué une général familiarisation sur A320 perçoit comme plus probable l’impact du risque sur la navigabilité de l’avion que celui qui ne l’a pas effectuée.

8.2.1.2. L’analyse de la variance de la perception de la probabilité pour chaque variable explicative.

Le tableau 62 montre le nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la probabilité d’impact en fonction du type de risque. Par exemple, nous remarquons que la variable “*Année d’expérience sans licence*” pour 6 risques est celle qui explique le plus la perception de la probabilité d’impact. De plus, si l’on compare les résultats par type de risque, nous remarquons que le nombre de fois que les variables expliquent le plus la variance de la perception de la probabilité est

plus importante pour les risques de type "Santé" que pour les risques de type "Navigabilité" (sauf pour la variable "Expérience du risque").

Tableau 62 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la probabilité d'impact en fonction du type de risque ("Santé", "Navigabilité").

	Santé	Navigabilité	Total
Année expérience sans licence	3	3	6
Expérience	3	1	4
Activité entreprise	2	0	2
Certifications	2	0	2
Importance perçue des mesures de sécurité	1	0	1
Formation initiale	1	0	1
Expertise Spécifique à la tâche	1	0	1
Expérience du risque	0	1	1
Formation continue	0	0	0
Formation supplémentaire	0	0	0

A partir des résultats présentés dans les tableaux 61 et 62 nous avons employé un modèle de Pareto nous permettant d'identifier les variables qui ont le plus d'impact sur la perception de la probabilité. Plus précisément, certaines variables sont plus importantes que les autres car susceptibles d'avoir un effet sur le plus grand nombre de risques (cf. tableaux 61), mais aussi car elles expliquent le plus la variance de la perception de la probabilité (cf. tableaux 62). Ainsi nous avons pu déterminer qu'un travail ciblé sur l'étude de la perception de la probabilité devrait considérer en priorité les 3 variables : "Année expérience sans licence", "Expérience" et "Activité entreprise" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la l'immédiateté.

8.2.2. Perception de la sévérité

L'analyse du tableau 63 s'effectuera en deux étapes :

- L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.
- L'analyse de la variance de la perception de la sévérité pour chaque variable explicative.

Comme mentionné précédemment, nous présentons dans le tableau 63 les effets ("-" pour négatif et "+" pour positif) et les pourcentages de variance expliquée pour chaque variable. Un classement hiérarchique par ligne a été effectué (pour chaque type de risque) : les risques sont présentés de celui qui est influencé par le plus de variables explicatives à celui qui est influencé par le moins de variables

explicatives. De la même façon, un classement par colonne a été effectué : les variables explicatives sont présentées de gauche à droite, de celles qui expliquent le plus de fois la variance de la perception de la sévérité à celles qui l'expliquent le moins.

Tableau 63 : Part de la variance expliquée de chaque variable explicative sur la perception de la sévérité par risque. "+" indique un effet significatif positif et "-" un effet significatif négatif.

Risques	Type de risque	Tâche	a Expérience	b Exposition au danger	c Formation Supplémentaire	d Expertise spécifique à la tâche	e Activité Entreprise	f Expérience du risque	g Année d'expérience sans licence	h Formation Initiale	i Formation Continue	j Certifications	k Importance perçue des mesures de sécurité
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	Santé	Oxygène								+26%			
Travailler en hauteur	Santé	VHF			-24%								
Avoir les mains et outils sales	Santé	Oxygène					+18%						
Ingérer du "turbine fuel"	Santé	Fuel	-14%										
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	Santé	Oxygène		-16%		+50%							
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	Santé	Oxygène			-17%	+38%							
Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux	Santé	Fuel		-31%				+22%					
Travailler en hauteur	Santé	Oxygène					+19%				+31%		
Ingérer du "oil base Grease"	Santé	Oxygène			-21%							+27%	
Avoir du "turbine fuel" dans les yeux	Santé	Fuel	-14%	-26%									
Avoir du "oil base Grease" dans les yeux	Santé	Oxygène				+14%					-12%		
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	Santé	Oxygène	-14%				+34%				+27%		
Avoir du "Leak detector" sur la peau	Santé	Oxygène	-10%	-9%					+37%				

Risques	Type de risque	Tâche	a Expérience	b Exposition au danger	c Formation Supplémentaire	d Expertise spécifique à la tâche	e Activité Entreprise	f Expérience du risque	g Année d'expérience sans licence	h Formation Initiale	i Formation Continue	j Certifications	k Importance perçue des mesures de sécurité
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Santé	Fuel	-13%	-31%						+10%			
Ingérer du "Leak detector"	Santé	Oxygène	-16%	-16%		+10%							
Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux	Santé	VHF					-14%	-12%					-16%
Avoir du "oil base Grease" sur la peau	Santé	Oxygène	-10%		-9%				+14%			+21%	-10%
Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion	Navigabilité	VHF								-22%			
Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne	Navigabilité	VHF	-13%					+29%					
Avoir des connecteurs électriques contaminés (poussières, etc.)	Navigabilité	Fuel			-17%				+13%				

8.2.2.1. L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.

a) Expérience

“Expérience” est la variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (8/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour les deux types de risque.

- Pour sept risques de type “**Santé**”, cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée, moins les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme sévères.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée, moins les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion sont perçues comme sévères.

b) Exposition au danger

“Exposition au danger” est la deuxième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (6/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, plus un mécanicien perçoit qu’il est exposé quotidiennement à des produits chimiques, moins les conséquences de ces produits chimiques sur sa santé sont perçues comme sévères.

c) Formation supplémentaire

“Formation supplémentaire” est la troisième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour les **deux types de risque**.

- Pour quatre risques de type “**Santé**”, cela signifie qu’un mécanicien qui a effectué une général familiarisation sur A320 perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme étant plus sévères que celui qui ne l’a pas effectuée.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie qu’un mécanicien qui a effectué une général familiarisation sur A320 perçoit les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion comme étant plus sévères que celui qui ne l’a pas effectuée.

d) Expertise spécifique à la tâche

“Expertise spécifique à la tâche” est la quatrième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47).

- Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui possède une faible expertise sur la tâche perçoit les conséquences sur sa santé comme étant plus sévères que celui qui a une forte expertise sur la tâche.

e) Activité entreprise

“Activité entreprise” est la quatrième variable (ex aequo avec la variable “Expertise spécifique à la tâche”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour le **type de risque “Santé”**.

- Pour trois risques de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie qu’un mécanicien qui travaille au sein d’une entreprise dont l’activité nécessite l’obtention d’une QTA320 perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus sévères que celui pour lequel la QTA320 n’est pas nécessaire.
- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie qu’un mécanicien qui travaille au sein d’une entreprise dont l’activité nécessite l’obtention d’une QTA320 perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme moins sévères que celui pour lequel la QTA320 n’est pas nécessaire.

f) Expérience du risque

“Expérience du risque” est la cinquième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour le **type de risque “Santé”**. Et à un **effet significatif positif** pour le type de risque **“Navigabilité”**.

- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels le risque **“Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux”** a déjà eu des conséquences sur leur santé perçoivent plus sévères les conséquences sur leur santé.
- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels le risque **“Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux”** a déjà eu des conséquences sur leur santé perçoivent moins sévères les conséquences sur leur santé comme.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”** (dont l’effet est négatif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels le risque **“Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne”** a déjà eu des conséquences sur la navigabilité de l'avion perçoivent plus sévères les conséquences sur la navigabilité.

g) Année expérience sans licence

“Année expérience sans licence” est la cinquième variable (ex aequo avec la variable “Expérience du risque”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour les **deux types de risque**.

- Pour deux risques de type “**Santé**”, cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d’années d’expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme sévères.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d’années d’expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion sont perçues comme sévères.

h) Formation initiale

“Formation initiale” est la cinquième variable (ex aequo avec les deux variables précédentes) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et un **effet significatif négatif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour deux risques de type “**Santé**”, cela signifie qu’un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit comme moins sévères les conséquences sur sa santé que celui qui n’en possède pas.
- Pour un risque de type “**Navigabilité**”, cela signifie qu’un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit comme plus sévères les conséquences sur la navigabilité de l’avion que celui qui n’en possède pas.

i) Formation continue

“Formation initiale” est la cinquième variable (ex aequo avec les trois variables précédentes) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**.

- Pour deux risques de type “**Santé**” (dont l’effet est positif), cela signifie qu’un mécanicien qui a reçu une formation “travail en hauteur” ou “geste et posture” (il y a moins de six mois) perçoit comme plus sévères les conséquences sur sa santé (liées aux risques “Travailler en hauteur” et “Manipuler la bouteille d’oxygène (poids 12Kg)”) que celui qui n’a pas reçu la formation.
- Pour un risque de type “**Santé**” (dont l’effet est négatif), cela signifie qu’un mécanicien qui a reçu une formation “produits chimiques” (il y a moins de six mois) perçoit comme moins sévères les conséquences sur sa santé que celui qui n’a pas reçu la formation.

j) Certifications

“Certifications” est la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (2/47).

- Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui est non certifié perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme étant moins sévères que celui qui est certifié.

k) Importance perçue des mesures de sécurité

“Importance perçue des mesures de sécurité” est également la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (2/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de la **sévérité des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, plus une mesure de sécurité est perçue par le mécanicien comme importante, moins les conséquences sur sa santé sont perçues comme sévères.

8.2.2.2. L’analyse de la variance de la perception de la sévérité pour chaque variable explicative

Le tableau 64 montre le nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la perception de la sévérité en fonction du type de risque. Par exemple, nous remarquons que la variable “*Exposition au danger*” pour 4 risques est celle qui explique le plus la perception de la sévérité des conséquences. De plus, si l’on compare les résultats par type de risque, nous remarquons que pour les risques de type “Santé”, seule la variable “*Expérience du risque*” n’est jamais celle qui explique le plus la variance de la perception. Alors que pour le type de risque “Navigabilité”, c’est cette seule variable qui explique le plus de fois (une seule fois) la variance de la perception de la sévérité.

Tableau 64 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de la sévérité en fonction du type de risque (“Santé”, “Navigabilité”).

Variables explicatives	Santé	Navigabilité	Total
Exposition au danger	4	0	4
Expertise spécifique à la tâche	3	0	3
Activité Entreprise	2	0	2
Certifications	2	0	2
Expérience	2	0	2
Formation Supplémentaire	1	0	1
Expérience du risque	0	1	1
Année d'expérience sans licence	1	0	1

Variables explicatives	Santé	Navigabilité	Total
Formation Initiale	1	0	1
Formation Continue	1	0	1
Importance perçue des mesures de sécurité	1	0	1

À partir des résultats présentés dans les tableaux 63 et 64 nous avons employé un modèle de Pareto nous permettant d'identifier les variables qui ont le plus d'impact sur la perception de la sévérité. Plus précisément, certaines variables sont plus importantes que les autres car susceptibles d'avoir un effet sur le plus grand nombre de risques (cf. Tableau 63), mais aussi car elles expliquent le plus la variance de la perception de la sévérité (cf. Tableau 64). Ainsi nous avons pu déterminer qu'un travail ciblé sur l'étude de la perception de la sévérité devrait considérer en priorité les 2 variables : "*Exposition au danger*", "*Expertise spécifique à la tâche*" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la sévérité.

8.2.3. Perception de l'immédiateté

L'analyse du tableau 65 s'effectuera en deux étapes :

- L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de l'immédiateté.
- L'analyse de la variance de la perception de l'immédiateté pour chaque variable explicative.

Comme mentionné précédemment, nous présentons dans le tableau 65 uniquement les effets ("-" pour négatif et "+" pour positif) et les pourcentages de variance qu'explique chaque variable. Un classement par ligne a été effectué (pour chaque type de risque) : les risques sont présentés de celui qui possède le moins de variables explicatives à celui qui en possède le plus. Et un classement par colonne a été effectué : les variables explicatives sont présentées de celles qui expliquent le plus de fois la variance de la perception de l'immédiateté à celles qui l'expliquent le moins.

Tableau 65 : Variance expliquée de la perception de l'immédiateté des variables explicatives. "+" indique un effet significatif positif et "-" un effet significatif négatif.

Risques	Type de risque	Tâche	a Activité Entreprise	b Année d'expérience sans licence	c Importance perçue des mesures de sécurité	d Expérience	e Certifications	f Exposition au danger	g Formation Continue	h Formation Supplémentaire	i Expérience du risque	j Formati on Initiale	k Identificat ion des dangers	l Expertise spécifique à la tâche
Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"	Santé	Fuel		-30%										
Ingérer du "oil base Grease"	Santé	Oxygène		-28%										
Avoir du "non Aqueous Cleaner" dans les yeux	Santé	VHF	+27%											
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	Santé	Oxygène							+24%					
Avoir les mains et outils sales	Santé	Oxygène							-23%					
Respirer les vapeurs du "non Aqueous Cleaner"	Santé	VHF		-21%										
Avoir du "polysulfide Sealant" dans les yeux	Santé	VHF	+20%											
Avoir du "coating" sur la peau	Santé	VHF	+17%											
Ingérer du "non Aqueous Cleaner"	Santé	VHF								-15%				
Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau	Santé	VHF	+11%											
Avoir du "Leak detector" sur la peau	Santé	Oxygène	+45%		+11%									
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	Santé	Oxygène	+26%					-13%						

Risques	Type de risque	Tâche	a Activité Entreprise	b Année d'expérience sans licence	c Importance perçue des mesures de sécurité	d Expérience	e Certifications	f Exposition au danger	g Formation Continue	h Formation Supplémentaire	i Expérience du risque	j Formati on Initiale	k Identificat ion des dangers	l Expertise spécifique à la tâche
Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile	Santé	Fuel		+23%				-35%						
Ingérer du "coating"	Santé	VHF		-12%			-22%							
Avoir du "coating" dans les yeux	Santé	VHF	+19%			-13%								
Respirer les vapeurs du "coating"	Santé	VHF	+19%								+10%			-12%
Ingérer du "polysulfide Sealant"	Santé	VHF				-13%				-17%				
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	Santé	Oxygène		-16%		-20%		-17%						
Avoir du "non Aqueous Cleaner" sur la peau	Santé	VHF	+17%	-9%	-10%								+29%	
Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau	Santé	Fuel		-30%	-12%		-11%				-10%			
Ingérer du "Leak detector"	Santé	Oxygène	+9%					-20%		-18%	-13%			
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	Santé	Oxygène		-10%		+8%	-9%		-17%	-8%		+25%		
Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage	Santé	Fuel	+13%	+5%	+10%		+12%	-15%	+35%			+4%		
Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l'antenne	Navigabilité	VHF		-20%										
Tordre ou plier un faisceau électrique	Navigabilité	Fuel			+20%									

Risques	Type de risque	Tâche	a Activité Entreprise	b Année d'expérience sans licence	c Importance perçue des mesures de sécurité	d Expérience	e Certifications	f Exposition au danger	g Formation Continue	h Formation Supplémentaire	i Expérience du risque	j Formation Initiale	k Identification des dangers	l Expertise spécifique à la tâche
Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion	Navigabilité	VHF	+27%			+14%								
Avoir des connecteurs électriques contaminés (poussières, etc.)	Navigabilité	Fuel	-16%	-8%			+39%							
Appliquer du scotch sur l'antenne	Navigabilité	VHF	+31%	+9%							+11%	-9%		

8.2.3.1. L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de l'immédiateté

a) Activité entreprise

“Activité entreprise” est la variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (14/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de l'immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”**. Et a un **effet significatif positif et négatif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour onze risques de type **“Santé”**, cela signifie qu'un mécanicien qui travaille au sein d'une entreprise dont l'activité nécessite l'obtention d'une QTA320 perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus immédiates que celui pour lequel la QTA320 n'est pas nécessaire.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”** (dont l'effet est négatif), cela signifie qu'un mécanicien qui travaille au sein d'une entreprise dont l'activité nécessite l'obtention d'une QTA320 perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus à long terme que celui pour lequel la QTA320 n'est pas nécessaire.

Pour deux risques de type **“Navigabilité”** (dont l'effet est positif), cela signifie qu'un mécanicien qui travaille au sein d'une entreprise dont l'activité nécessite l'obtention d'une QTA320 perçoit les conséquences du risque sur la navigabilité de l'avion comme plus immédiate que celui pour lequel la QTA320 n'est pas nécessaire.

b) Année expérience sans licence

“Année expérience sans licence” est la deuxième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (13/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l'immédiateté **des conséquences** pour les deux **types de risque**.

- Pour deux risques de type **“Santé”** (dont l'effet est positif), cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme à long terme.
- Pour huit risques de type **“Santé”** (dont l'effet est négatif), cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme immédiates.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”** (dont l'effet est positif), cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur la navigabilité de l'avion sont perçues comme à long terme.
- Pour deux risques de type **“Navigabilité”** (dont l'effet est négatif), cela signifie que plus le mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur la navigabilité de l'avion sont perçues comme à long terme.

c) Importance perçue des mesures de sécurité

“Importance perçue des mesures de sécurité” est la troisième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et a un effet **significatif positif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour trois risques de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie que plus une mesure de sécurité est perçue par le mécanicien comme importante, plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme à long terme.
- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie que plus une mesure de sécurité est perçue par le mécanicien comme importante, plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme immédiates.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”**, cela signifie que plus une mesure de sécurité est perçue par le mécanicien comme importante, plus l’immédiateté des conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion sont perçues comme à long terme.

d) Expérience

“Formation initiale” est la troisième variable (ex aequo avec la variable “Importance perçue des mesures de sécurité”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et a un effet **significatif positif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour trois risques de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme immédiates.
- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme à long terme.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”**, cela signifie que plus le mécanicien possède une expérience élevée plus les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion sont perçues comme à long terme.

e) Certifications

“Certifications” est la troisième variable (ex aequo avec les deux variables précédentes) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et a un effet **significatif positif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie qu’un mécanicien qui est non certifié perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus immédiates que celui qui est certifié.
- Pour trois risques de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie qu’un mécanicien qui est non certifié perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus à long terme que celui qui est certifié.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”**, cela signifie qu’un mécanicien qui est non certifié perçoit les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion comme plus immédiates que celui qui est certifié.

f) Exposition au danger

“Exposition au danger” est la troisième variable (ex aequo avec les trois variables précédentes) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (5/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, plus un mécanicien perçoit qu’il est exposé à un danger au quotidien (produits chimiques/explosifs/inflammables), plus il perçoit les risques associés à ces dangers comme ayant des conséquences immédiates sur sa santé.

g) Formation continue

“Formation continue” est la quatrième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**.

- Pour trois risques de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie qu’un mécanicien qui a reçu une formation continue (produits explosifs, geste et posture et facteurs humains) perçoit les conséquences des risques (“Avoir les mains et outils sales”, “Manipuler la bouteille d’oxygène (poids 12Kg)” et “Ne pas installer les safety-lock sur le train d’atterrissage”) comme plus à long terme que celui qui ne l’a pas reçu (il y a moins de six mois).
Cependant, pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie qu’un mécanicien qui a reçu une formation continue (produits chimiques) perçoit les conséquences du risque (Respirer les vapeurs du "Leak detector") comme plus immédiates que celui qui ne l’a pas reçu (il y a moins de six mois).

h) Formation supplémentaire

“Formation supplémentaire” est la quatrième variable (ex aequo avec la variable “Formation continue”) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui a effectué une “général familiarisation sur A320” perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus à long terme que celui qui ne l’a pas effectué.

i) Expérience du risque

“Expérience du risque” est la quatrième variable (ex aequo avec les deux variables précédentes) qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (4/47). Elle a un **effet significatif positif et négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et a un **effet significatif positif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour deux risques de type **“Santé”** (dont l’effet est positif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels les risques “Avoir du “non aqueous cleaner” sur la peau et “Respirer les vapeurs du “coating”” ont déjà eu des conséquences sur leur santé, perçoivent les conséquences sur leur santé comme plus à long terme.
- Pour un risque de type **“Santé”** (dont l’effet est négatif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels le risque “Ingérer du “Leak detector”” a déjà eu des conséquences sur leur santé perçoivent les conséquences sur leur santé comme plus immédiates.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”** (dont l’effet est positif), cela signifie que les mécaniciens pour lesquels le risque “Appliquer du ruban anti-érosion sur une antenne avec érosion” a déjà eu des conséquences sur la navigabilité de l’avion perçoivent les conséquences sur la navigabilité de l’avion comme plus à long terme.

j) Formation initiale

“Formation initiale” est la cinquième variable qui a un effet significatif sur le plus grand nombre de risques (3/47). Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** pour le **type de risque “Santé”** et a un **effet significatif négatif** pour le **type de risque “Navigabilité”**.

- Pour deux risques de type **“Santé”**, cela signifie qu’un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus immédiates que celui qui n’en possède pas.
- Pour un risque de type **“Navigabilité”**, cela signifie qu’un mécanicien qui possède un bac professionnel perçoit les conséquences du risque sur la navigabilité de l’avion comme plus à long terme que celui qui n’en possède pas.

k) Identification des dangers

“Identification des dangers” est la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (1/47).

- Elle a un **effet significatif positif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui n’a pas identifié le danger “non Aqueous Cleaner” associé au risque “Avoir du “non Aqueous Cleaner” sur la peau” perçoit les conséquences sur sa santé comme plus à long terme que celui qui a identifié le danger ou même la catégorie de danger.

l) Expertise spécifique à la tâche

“Expertise spécifique à la tâche” est également la variable qui a un effet significatif sur le moins de risques (1/47).

- Elle a un **effet significatif négatif** sur la perception de l’immédiateté **des conséquences** uniquement pour le **type de risque “Santé”**. En d’autres termes, un mécanicien qui possède une expertise faible sur la tâche perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus immédiates que celui qui a une forte expertise sur la tâche.

8.2.3.2. L’analyse de la variance de la perception de l’immédiateté pour chaque variable explicative

Le tableau 66 montre le nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de l’immédiateté en fonction du type de risque. Par exemple, nous remarquons que la variable “*Activité Entreprise*” pour 10 risques est celle qui explique le plus la perception de l’immédiateté des conséquences. De plus, si l’on compare les résultats par type de risque, nous remarquons que le nombre de fois que les variables expliquent le plus la variance de la perception de l’immédiateté est plus importante pour les risques de type “Santé” que pour les risques de type “Navigabilité” (sauf pour la variable “Importance perçue des mesures de sécurité”).

Tableau 66 : Nombre de fois que chaque variable explicative explique le plus la variance de l'immédiateté en fonction du type de risque ("Santé", "Navigabilité").

	Santé	Navigabilité	Total
Activité Entreprise	8	2	10
Année d'expérience sans licence	4	1	5
Exposition au danger	2	1	3
Formation Continue	3	0	3
Formation Supplémentaire	2	0	2
Certifications	1	1	2
Expérience	1	0	1
Importance perçue des mesures de sécurité	0	1	1
Formation Initiale	1	0	1
Identification des dangers	1	0	1
Expérience du risque	0	0	0
Expertise spécifique à la tâche	0	0	0

À partir des résultats présentés dans les tableaux 65 et 66 nous avons employé un modèle de Pareto nous permettant d'identifier les variables qui ont le plus d'impact sur la perception de l'immédiateté. Plus précisément, certaines variables sont plus importantes que les autres car susceptibles d'avoir un effet sur le plus grand nombre de risques (cf. Tableau 65), mais aussi car elles expliquent le plus la variance de la perception de l'immédiateté (cf. Tableau 66). Ainsi nous avons pu déterminer qu'un travail ciblé sur l'étude de la perception de l'immédiateté devrait considérer en priorité les 3 variables : "*Année expérience sans licence*", "*Activité entreprise*" et "*Exposition au danger*" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la l'immédiateté.

8.2.4. Ce qu'il faut retenir de l'analyse statistique de Q2 et Q3

Q2: Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?

Globalement

- La majorité des variables du modèle expliquent une part significative de la variance de la perception des risques pour au moins un des 47 risques.
- Les variables qui ont le plus d'impact sur la perception des risques ne sont pas systématiquement les mêmes suivant la caractéristique du risque.
- La variance de la majorité des 47 risques n'est pas expliquée par les variables étudiées pour la caractéristique "*Probabilité*" (62%) et "*Sévérité*" (58%).
- À peine moins de la majorité des 47 risques n'est pas expliquée par les variables étudiées pour la caractéristique "*Immédiateté*" (41%).

Perception de la probabilité

- 10/12 variables explicatives ont un effet significatif sur au moins un des 47 risques.
- Un travail ciblé sur l'étude de la perception de la probabilité devrait considérer en priorité les variables : "*Année expérience sans licence*", "*Expérience*" et "*Activité entreprise*" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la probabilité (analyse de Pareto).

Perception de la sévérité

- 11/12 variables explicatives ont un effet significatif sur au moins un des 47 risques.
- Un travail ciblé sur l'étude de la perception de la sévérité devrait considérer en priorité les variables : "*Exposition au danger*", "*Expertise spécifique à la tâche*" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la sévérité (analyse de Pareto).

Perception de l'immédiateté

- 12/12 variables explicatives ont un effet significatif sur au moins un des 47 risques.
- Un travail ciblé sur l'étude de la perception de l'immédiateté devrait considérer en priorité les variables : "*Année expérience sans licence*", "*Activité entreprise*" et "*Exposition au danger*" qui représentent 60% de l'impact sur la perception de la l'immédiateté (analyse de Pareto).

Q3: Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Globalement

- Aucune des 12 variables n'a un effet significatif uniquement sur un type de risque.
- Le type d'effet d'une variable explicative semble dépendre plus des caractéristiques du risque plutôt que du type de risque ("Santé", "Navigabilité").
- Les variables explicatives expliquent une plus grande part de la variance de la perception des risques pour le type de risque "Santé".

Perception de la probabilité

- 1/10 variables explicatives a un effet uniquement sur le type de risque "Santé".
- Suivant la variable explicative, l'effet sur la perception de la probabilité est identique ou opposé pour les deux types de risque.
- Les variables explicatives expliquent une plus grande part de la variance de la perception de la probabilité pour le type de risque "Santé".

Perception de la sévérité

- 6/11 variables explicatives ont un effet uniquement sur le type de risque "Santé".
- Suivant la variable explicative, l'effet sur la perception de la sévérité est identique ou opposé pour les deux types de risque.
- Les variables explicatives expliquent une plus grande part de la variance de la perception de la sévérité pour le type de risque "Santé".

Perception de l'immédiateté

- 5/12 variables explicatives ont un effet uniquement sur le type de risque "Santé".
- Suivant la variable explicative, l'effet sur la perception de l'immédiateté est identique ou opposé pour les deux types de risque.
- Les variables explicatives expliquent une plus grande part de la variance de la perception de l'immédiateté pour le type de risque "Santé".

Concernant les hypothèses, voici le tableau 67 qui permet de fournir les raisons pour lesquelles nous considérons que l'hypothèse est validée, non validée ou intermédiaire. La position intermédiaire concerne le fait que des effets aient été identifiés ce qui ne nous permet pas de réfuter l'hypothèse. Cependant, parce que les effets ont été identifiés sur peu de risques et/ou n'ont pas été identifiés sur les trois caractéristiques, nous considérons qu'elle ne peut être ni validée, ni réfutée.

Tableau 67 : Décisions concernant la validation des hypothèses pour Q2 et Q3.

Numéro	Hypothèses	Décision
H4	L'expérience du risque explique une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens.	Intermédiaire
H5	Plus l'expérience du risque est associée à des conséquences sévères, plus la perception des risques des mécaniciens est élevée.	Intermédiaire
H6	Les connaissances des mécaniciens expliquent une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H7	La formation initiale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H8	La formation continue des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H9	La formation supplémentaire des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H10	L'expertise globale des mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H11	L'expertise des mécaniciens spécifiques à la tâche explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H12	Le degré d'exposition perçue par les mécaniciens explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H13	L'entreprise explique une part significative de la variance de la perception des risques.	Intermédiaire
H14	Il n'existe pas de différence significative dans la perception des risques liés à la santé des mécaniciens et ceux liés à la navigabilité de l'avion.	Validé

9. Discussion, conclusion et recommandation du chapitre III.2

Le travail propose une étude novatrice qui vise à comprendre la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. En effet, à notre connaissance, cela n'a pas encore été exploré de manière approfondie. Pour ce faire, nous avons confronté un modèle de la perception des risques avec 27 mécaniciens à travers 3 questions de recherche :

- Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques (Probabilité, Sévérité et Immédiateté) ?
- Q2 : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?
- Q3 : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

L'objet de cette section est de discuter des résultats obtenus au cours de notre approche empirique et de formuler des recommandations applicables.

9.1. Q1 : Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques ?

L'étude de la perception des risques chez les mécaniciens aéronautiques est effectuée par le biais de trois caractéristiques du risque qui sont : la **probabilité** qu'un risque impacte la santé ou la navigabilité de l'avion, la **sévérité** et l'**immédiateté** des conséquences associées (cf. "Partie 3 - Présentation des tâches", p. 166). Ainsi, à travers l'étude séparée et des liens entre ces trois notions, nous avons tenté de répondre à la première question de recherche (Q1).

9.1.1. Étude séparée des caractéristiques du risque

Premièrement, discutons des résultats concernant l'étude séparée des trois caractéristiques du risque. À ce titre, l'étude des verbatims, nous apporte des compléments d'informations intéressants qui font état de la réalité de l'activité et du vécu des mécaniciens.

9.1.1.1. Etude de la perception de la probabilité

La perception de la probabilité est une mesure centrale de l'étude de la perception des risques (Wilson et al., 2019) et des méthodes d'analyse des risques (ICAO, 2018). Dans ce mémoire, nous avons fait le choix de la considérer comme étant la probabilité qu'un risque ait des conséquences sur la santé ou la navigabilité de l'avion (cf. "Partie 3 - Présentation des tâches", p. 166). Cela afin de mesurer le sentiment de vulnérabilité d'une part et l'impact perçu du comportement, des actions du mécanicien sur la sécurité des vols d'autre part.

Dans la sous-section “7.1.1 Perception de la probabilité” de l’analyse globale (cf. p. 192), nous avons montré que les mécaniciens se sentent plutôt vulnérables et ont une certaine conscience que leurs actions peuvent impacter la navigabilité de l’avion. En effet, les mécaniciens sont exposés à de nombreux dangers (Necula & Zaharia., 2015) qui peuvent impacter leur santé de multiples manières (L’assurance maladie., 2019). De plus, l’activité s’effectue très souvent dans des conditions environnementales difficiles (Dekker, 2006), avec des problématiques d’accessibilité (Zafiharimalala, 2011) et qui ne sont pas nécessairement adaptées au port des équipements de protection. Pour les risques de type “Navigabilité”, depuis de nombreuses années, l’erreur humaine est au cœur des enjeux de sécurité et des auteurs comme Hobbs (2008 ; 2021) et Reason (1990) ont fourni les éléments scientifiques pour mettre en lumière l’impact, les causes et les conséquences de celles-ci. De plus, depuis les années 90, les mécaniciens sont dans l’obligation d’être formés aux facteurs humains, ce qui les sensibilisent sur les conséquences et les causes des erreurs humaines. Ainsi, les résultats nous indiquent que les mécaniciens ont une certaine conscience de l’impact des risques sur leur santé ou la navigabilité de l’avion qui est associée à la réalité opérationnelle. Cependant, malgré ces tendances, nous avons montré que les mécaniciens pouvaient ne pas se sentir vulnérables (ou considérer que leurs actions n’impactent pas la navigabilité de l’avion). Il s’agit donc d’explicitier les raisons pour lesquelles ces variations de perception existent.

Dans la sous-section “7.2.1 Perception de la probabilité” de l’analyse par tâche (cf. p. 198). Nous avons montré que le sentiment de vulnérabilité et la perception de l’impact d’une décision sur la navigabilité peuvent varier suivant le contexte opérationnel de la tâche. Par exemple, les résultats (cf. “7.3.1 Perception de la probabilité” de l’analyse par risque, p. 204) montrent que les mécaniciens se sentent moins vulnérables lorsqu’ils travaillent en hauteur dans la tâche “Oxygène” (dont la hauteur est la plus faible : 2m) que dans les deux autres tâches “Fuel” (hauteur : 3m) et “VHF” (hauteur : 6m). Les mécaniciens perçoivent, en moyenne “*improbable*”, l’impact du travail en hauteur sur la santé pour la tâche “Oxygène”. Cependant, aucune différence significative n’a été identifiée entre la tâche “Fuel” et la tâche “VHF” malgré la différence importante de hauteur. Ainsi, la hauteur de travail ne semble pas impacter nécessairement le sentiment de vulnérabilité sachant que pour la tâche “VHF”, le port du harnais est obligatoire (il permet de réduire l’impact sur la santé des mécaniciens) alors qu’il ne l’est pas pour la tâche “Fuel”. Cependant, malgré le port d’un harnais, les mécaniciens ne semblent pas sous-estimer la probabilité d’impact du travail en hauteur sur leur santé du fait que celle-ci soit considérée en moyenne comme étant “*probable*”. Ce résultat montre qu’ils sont conscients qu’une mesure de sécurité peut réduire le risque mais que cela ne le supprime pas.

Constat

- Le port du harnais de sécurité semble réduire le sentiment de vulnérabilité.

Recommandation

- Le respect des mesures de sécurité doit être considéré pour l'étude de la perception de la probabilité d'impact du risque sur la santé.

Un autre résultat nous montre que le sentiment de vulnérabilité ne varie pas nécessairement suivant le contexte de la tâche. Par exemple, nous n'avons pas identifié de différence significative de perception de la probabilité d'impact en fonction de la tâche pour le produit chimique "*Non aqueous cleaner*" (utilisé pour nettoyer la zone de travail). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que contrairement au travail en hauteur, le produit chimique possède des caractéristiques (composition chimique) qui ne varient pas suivant le contexte dans lequel il est utilisé. De ce fait, il paraît normal que les mécaniciens se sentent autant vulnérables concernant l'exposition à ce danger peu importe la tâche dans laquelle le produit est utilisé.

Constat

- Le sentiment de vulnérabilité ne varie pas suivant la tâche pour un risque dont les caractéristiques sont similaires.

Recommandation

- L'étude de la perception de la probabilité d'impact du risque doit considérer les caractéristiques des risques et leur variabilité suivant le contexte opérationnel.

L'analyse des verbatims nous informe de l'impact des connaissances concernant les caractéristiques intrinsèques d'un danger sur le sentiment de vulnérabilité. Par exemple, pour le produit chimique "*leak detector*", certains mécaniciens ont indiqué que c'était simplement de l'eau savonneuse et donc que même si le contact avec les yeux ou l'ingestion pouvait avoir des conséquences sur leur santé, l'impact était plutôt improbable. Ainsi, les connaissances des mécaniciens concernant la composition du produit leur a permis d'ajuster leur perception des risques. Dans ce sens, Buchmüller et al. (2020) ont montré que les croyances des individus concernant leurs connaissances des risques associés à la consommation de nourriture avaient un impact sur leur perception des risques. Cependant, comme le précisent les auteurs, cela ne signifie pas que ces connaissances traduisent la réalité du risque. Et donc qu'il est essentiel de s'assurer qu'elles correspondent à la réalité.

Constat

- Les connaissances des mécaniciens concernant les dangers auxquels ils sont exposés impactent le sentiment de vulnérabilité.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent connaître ce qui rend un objet, une situation dangereuse afin d'avoir une perception de la probabilité représentative de la réalité.
- Une communication efficace des risques doit permettre aux mécaniciens de savoir pourquoi un objet, une situation est un danger.

Ces résultats soulignent l'impact que peuvent avoir les connaissances des mécaniciens concernant le contexte opérationnel et les caractéristiques du danger sur la perception de la probabilité d'impact. Qui dans certains cas ne semblent pas être en accord avec la procédure de maintenance dans laquelle des risques sont communiqués à travers les warnings et cautions. Par exemple, nous avons identifié que les mécaniciens se sentent peu vulnérables concernant le risque "*Ne pas installer le safety lock pin sur le train d'atterrissage*" dans la tâche "Fuel". D'après les verbatims, les mécaniciens indiquent que la rentrée du train d'atterrissage s'effectue dans des conditions bien spécifiques qui ne sont pas en lien avec la tâche d'installation de la pompe à carburant. De plus, la rentrée d'un train d'atterrissage doit suivre un protocole strict avec de nombreuses étapes (dont la vérification qu'aucune personne n'est en activité autour du train). Ainsi, les mécaniciens semblent indiquer qu'avant que le train ne soit actionné, des signaux et/ou des personnes leur indiqueront qu'une action va être effectuée sur le train. Nous avons également identifié que l'action "*Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage*" était perçue comme ayant un impact plutôt improbable sur la navigabilité de l'avion. Les verbatims nous indiquent que certains mécaniciens rencontraient des difficultés à percevoir la probabilité d'impact car ils se demandaient si la situation était vraiment possible.

Constat

- Pour certains risques, il existe une divergence entre ce qui a été identifié par le constructeur et les éléments contextuels que considèrent les mécaniciens.

Recommandation

- Comme le mentionne Dekker (2006), les ingénieurs et les mécaniciens doivent avoir une conscience partagée des risques. En effet, la sécurité est une collaboration interdisciplinaire qui est essentielle pour réduire les accidents (Reason, 1997)

9.1.1.2. Etude de la perception de la sévérité

La sévérité des conséquences mesure l'effet potentiel d'un risque sur la santé ou la navigabilité de l'avion. C'est une mesure essentielle pour toute analyse du risque en aéronautique (ICAO, 2018) mais n'est pas systématiquement considérée dans les études sur la perception des risques. Dans notre étude, nous mesurons le niveau perçu par les mécaniciens de la sévérité des conséquences tant sur leur santé que sur la navigabilité de l'avion.

Dans la sous-section "7.1.2 Perception de la sévérité" de l'analyse globale (cf. p. 194), nous avons montré que les mécaniciens ont une tendance à avoir une perception de la sévérité plutôt optimiste pour les deux types de risque. Cependant, cela ne correspond pas nécessairement à la réalité de l'activité considérée comme étant à risque (Hobbs, 2020) et pour laquelle des accidents graves surviennent. Par exemple, en date du 27/08/2024, une explosion de pneu a entraîné la mort de deux mécaniciens au sein d'une compagnie aérienne américaine lors d'une opération de maintenance (Libération, 2024)⁵. Concernant la navigabilité de l'avion, l'erreur de maintenance représente approximativement 15% des accidents en vol (Hobbs, 2002). Rappelant que, malgré la faible occurrence, ces événements peuvent survenir. Dans ce sens, malgré cette tendance, une proportion non négligeable de réponses étaient sur les points "Très forte sévérité" et "Extrême sévérité". En d'autres termes, les mécaniciens ont une certaine conscience de la sévérité que peut occasionner l'exposition à certains dangers et les actions des mécaniciens. Il s'agit donc d'explicitier les raisons pour lesquelles ces variations de perception existent.

Dans la sous-section "7.2.2 Perception de la sévérité" de l'analyse par tâche (cf. p. 199), nous avons identifié que les mécaniciens ont une perception plus pessimiste concernant la sévérité des conséquences pour la tâche "VHF" en comparaison avec la tâche "Oxygène". Cependant, nous n'avons identifié aucune différence significative entre les risques qui sont communs à ces deux tâches (travail en hauteur et produit "Non aqueous cleaner"). Plus précisément, concernant le travail en hauteur, ces résultats sont surprenants car nous aurions pu nous attendre à ce que les conséquences soient perçues comme plus sévères pour la tâche "VHF" (hauteur : 6m) que "Oxygène" (hauteur : 2m). De plus, dans les deux tâches, le travail en hauteur est perçu en moyenne par les mécaniciens comme étant associé à des conséquences sévères pour leur santé. Ce résultat est en lien avec l'assurance maladie qui mentionne que "les chutes, qu'elles soient de hauteur ou de plain-pied, entraînent des arrêts de travail plus longs (plus de 70 jours en moyenne) et de plus graves séquelles que les autres types d'accidents du travail" (L'assurance maladie, 2022). Cela pourrait signifier que les mécaniciens sont conscients que

⁵https://www.liberation.fr/economie/transports/aux-etats-unis-deux-morts-et-un-blese-dans-lexplosion-du-pneu-dun-boeing-757-de-delta-air-lines-en-maintenance-20240827_CLWK6MUV2VAPJILCHAUICH3QSE/

malgré la faible hauteur dans la tâche “Oxygène”, une chute reste une chute et qu’elle peut être associée à des accidents du travail voire des hospitalisations. Néanmoins, le manque de différence dans la perception de la sévérité pourrait s’expliquer par le fait que les mécaniciens sont obligés de porter un harnais de sécurité lors de la réalisation de la tâche “VHF” alors qu’aucune mesure de protection (hormis l’emploi d’un escabeau adapté) n’est obligatoire pour la tâche “Oxygène”. De plus, le mécanicien doit, dans la tâche “Oxygène”, manipuler une bouteille à oxygène qui pèse 12 kg. Ainsi, dans un cas, la hauteur est importante mais le port d’un harnais permet de réduire la sévérité des conséquences en cas de chute. Alors que dans l’autre cas, la hauteur est faible mais la manipulation d’un objet de 12 kg peut aggraver la sévérité des conséquences en cas de chute. De ce fait, nous pensons qu’il est important, en plus de l’impact des mesures de sécurité, de considérer les facteurs aggravants associés au contexte opérationnel.

Constat

- La considération des mesures de sécurité et des facteurs aggravants impacte la perception de la sévérité des conséquences.

Recommandation

- Le contexte opérationnel (mesures de sécurité, facteurs aggravants*, etc.) doit être considéré dans l’étude de la perception de la sévérité.

* Les facteurs aggravants sont tous ceux qui peuvent augmenter la sévérité des conséquences.

Concernant certains risques comme “Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage” l’analyse des verbatims nous indique que ces risques ne font pas sens pour les mécaniciens dans la réalisation de la tâche “Fuel”. Or, ces risques font l’objet de warning et cautions et donc ont été identifiés par le constructeur aéronautique comme étant importants à communiquer. Ainsi, comme pour la perception de la probabilité, il semble exister une divergence entre la perception de la sévérité des mécaniciens et celle du constructeur aéronautique. Cela peut représenter une problématique de sécurité car, comme le mentionne Guldenmund (2000), une culture de la sécurité forte passe par une conscience partagée des risques entre tous les membres d’une entreprise. Dans ce sens, nous pensons que cette conscience du risque doit être également partagée entre les ingénieurs qui rédigent la documentation et les mécaniciens aéronautiques. Cela afin d’éviter la non-considération des procédures et de ce qui est communiqué et la baisse de confiance des mécaniciens envers la procédure, ce qui est déjà une réalité (Zafiharimalala et al. 2014).

Constat

- Pour certains risques, il existe une divergence entre ce qui a été identifié par le constructeur et les éléments contextuels mécaniciens que considèrent les mécaniciens.

Recommandation

- Comme le mentionne Dekker (2006), les ingénieurs et les mécaniciens doivent avoir une conscience partagée des risques. En effet, la sécurité est une collaboration interdisciplinaire qui est essentielle pour réduire les accidents (Reason, 1997).
- La raison pour laquelle un warning ou un caution a été inséré dans la documentation doit être sauvegardé et accessible par les rédacteurs.

Les connaissances des mécaniciens concernant un produit chimique nommé "*Oil base Grease*" sont également une composante qui impacte la perception de la sévérité. Plus précisément, nous avons remarqué que les deux mécaniciens qui ont mentionné ne pas connaître ce produit ont répondu "*Je ne sais pas*" pour la perception de la sévérité. En d'autres termes, par méconnaissance du produit, les mécaniciens n'étaient pas en mesure de percevoir les conséquences potentielles sur leur santé pour les quatre types de contact. Ainsi, les connaissances concernant les dangers et leurs caractéristiques intrinsèques apparaissent comme étant essentielles pour avoir une perception de la sévérité la plus proche de la réalité. De plus, ce résultat sous-tend la mise en place de moyens d'évaluation de ces connaissances afin de s'assurer que celles-ci correspondent à la réalité (Buchmüller et al., 2020).

Constat

- Les connaissances des mécaniciens concernant les caractéristiques intrinsèques d'un danger permettent l'ajustement de la perception de la sévérité des conséquences.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent être en mesure de donner les raisons pour lesquelles un danger peut impacter leur santé ou la navigabilité de l'avion.
- Dans le cas où ce n'est pas possible, une communication des risques doit fournir ces éléments.

Le respect des mesures de sécurité est une autre notion qui impacte la perception de la sévérité. Par exemple, concernant le produit "*Polysulfide Sealant*", un mécanicien a indiqué qu'il portait des gants tout le temps et donc a mentionné que l'impact sur sa santé dans le cas d'un contact avec la peau était "*Mineur*" (Accident sans arrêt de travail). À noter qu'en moyenne les mécaniciens considèrent la sévérité comme "*Majeure*" pour ce risque. En d'autres termes, lorsque le mécanicien considère qu'il respecte les mesures de sécurité, celui-ci aura une perception plus optimiste de la sévérité des conséquences. En effet, les mesures de sécurité ont pour objectif de réduire la probabilité d'occurrence et/ou la sévérité des conséquences à un niveau acceptable (cf. Matrice des risques (ICAO, 2018), p51). Ce résultat nous conforte dans l'idée que la perception des risques est associée au contexte opérationnel et notamment à la prise en compte du respect des mesures de sécurité.

Constat

- Les mécaniciens qui considèrent le respect des mesures de sécurité auront une perception de la sévérité des conséquences plus optimiste.

Recommandation

- L'étude de la perception de la sévérité des conséquences doit considérer le respect des mesures de sécurité.

La dernière explication de la variation de la perception de la sévérité concerne le vécu personnel du mécanicien. Par exemple, pour le risque "*Non Aqueous Cleaner*", un mécanicien a mentionné que le contact avec ce produit provoque une irritation de la peau presque instantanément. En analysant ses réponses, nous avons remarqué que ce participant percevait la sévérité des conséquences sur sa santé comme "*Mineur*" (Accident sans arrêt de travail) lors d'un contact avec la peau. En d'autres termes, par le biais de l'expérience personnelle, le mécanicien a perçu la sévérité des conséquences en accord avec son vécu. Cependant, rien ne garantit que cette perception soit proche de la réalité. Dans ce sens, même si le vécu peut amener le mécanicien à avoir une perception des risques plus élevée (Diaz et Resnick., 2000) ; Ohman, 2017 ; Kummeneje et Rundmo., 2018), il est important que les mécaniciens connaissent la diversité des conséquences liées à l'exposition d'un danger. Et comme le fait la formation facteurs humains (EASA, 2008), de l'impact des biais cognitifs sur la perception de la sévérité. Par exemple, dans ce cas, le biais de disponibilité (Tversky et Koehler, 1994) de la conséquence vécue amène le mécanicien à percevoir la sévérité d'une certaine façon et qui n'ait pas nécessairement représentative de la réalité.

Constat

- L'expérience du risque amène le mécanicien à ajuster sa perception de la sévérité des conséquences.

Recommandation

- Des moyens de communication et de formation doivent compléter le vécu personnel des mécaniciens.
- Les mécaniciens doivent savoir que l'expérience du risque leur permet d'avoir conscience que d'une partie de la réalité.

9.1.1.3. Etude de la perception de l'immédiateté

L'immédiateté des conséquences n'est pas une mesure communément utilisée ni dans les méthodes d'analyse des risques, ni dans les études de la perception des risques. C'est une notion qui est présente uniquement dans le paradigme psychométrique (Lichtenstein et al., 1978). Cependant, en maintenance aéronautique, la nature des dangers est extrêmement diversifiée (Necula & Zaharia, 2015) et la temporalité des conséquences aussi. Pour ces raisons, nous avons souhaité incorporer cette caractéristique du risque à notre étude. La perception de l'immédiateté permet donc de mesurer la

temporalité à laquelle les mécaniciens pensent que les conséquences en lien avec un risque spécifique peuvent apparaître.

Dans la sous-section “7.1.3 Perception de l’immédiateté” de l’analyse globale (cf. p. 195) nous avons mentionné une tendance des mécaniciens à percevoir les conséquences comme étant plutôt à court terme voir immédiates pour les deux types de risque. Ces résultats pourraient souligner le fait que les mécaniciens rencontrent des difficultés à se projeter sur des conséquences à long terme. Cependant, tant les maladies professionnelles que les accidents du travail sont une réalité associée à l’activité de maintenance (L’assurance maladie, 2019). Il en est de même pour l’impact de la navigabilité de l’avion qui peut apparaître parfois plusieurs années après qu’une opération de maintenance ait été effectuée (Hobbs, 2020). Ainsi, nous allons essayer à travers l’analyse par tâche, par risque et les verbatims d’expliciter les raisons pour lesquelles les mécaniciens ont préféré sélectionner un type de scénario plutôt qu’un autre.

Dans la sous-section “7.2.3 Perception de l’immédiateté” de l’analyse par tâche (cf. p. 201), nous avons identifié que les mécaniciens perçoivent les conséquences comme étant plus immédiates pour la tâche “Fuel” en comparaison avec la tâche “VHF”. Cependant, nous n’avons pas identifié pour les risques communs à ces deux tâches de différence significative dans la perception de l’immédiateté. Pour le travail en hauteur, il est raisonnable de penser que même si des incapacités permanentes peuvent être diagnostiquées, les conséquences liées à une chute sont principalement immédiates, peu importe la hauteur. Cependant, pour d’autres dangers comme le produit chimique “*Turbine fuel*” les conséquences peuvent être tant immédiates (irritation, nausées, vertiges, etc.) qu’à très long terme. À noter que les conséquences à très long terme (cancers, maladies respiratoires, etc.) impliquent une exposition répétée et prolongée, d’après la fiche de sécurité (Chevron phillips chemical company., 2021). Ainsi, le fait que les mécaniciens se focalisent plus sur les conséquences à très long terme pourrait être associé au fait que les mécaniciens ne se sentent pas exposés de manière récurrente à ce genre de produit. Cependant, nous avons identifié que plus un mécanicien perçoit qu’il est exposé à un produit chimique au quotidien, plus les conséquences sur sa santé sont perçues comme étant immédiates. De ce fait, les résultats ne corroborent pas l’idée que l’exposition répétée entraînerait les mécaniciens à concevoir les conséquences comme plus à long terme. À ce stade, nous n’avons pas suffisamment d’éléments pour conclure. Cependant, ce point sera discuté plus tard dans la section “9.2.3 Perception de l’immédiateté” (cf. p. 285).

Dans la sous-section “7.3.3 Perception de l’immédiateté” de l’analyse par risque (cf. p. 214), nous avons remarqué qu’en moyenne, pour les produits chimiques présents dans les trois tâches de maintenance, le contact avec la peau, ou la respiration des vapeurs était associé à une perception de

l'immédiateté plus "à long terme". En revanche, l'ingestion et le contact avec les yeux sont perçus en moyenne comme ayant des conséquences bien plus immédiates. Ainsi, le type de contact (Peau, Yeux, Inhalation, Ingestion) a un impact sur l'immédiateté perçue des conséquences. Prenons l'exemple du produit "Turbine Fuel", un mécanicien nous a indiqué avoir déjà pris "une douche" de kérosène lors de l'installation d'une pompe à carburant. En analysant ses réponses, nous remarquons que le mécanicien a perçu les conséquences sur sa santé comme "À très long terme" pour les contacts "Peau", "inhalation" et "ingestion" et "À Long terme" pour le contact avec les yeux. Ainsi, malgré sa mauvaise expérience, le mécanicien perçoit les conséquences bien plus à long terme que la moyenne des participants. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que l'expérience vécue n'a pas eu de conséquences immédiates sur la santé du mécanicien (du fait qu'il a respecté les mesures de sécurité). Cependant, conscient que ce produit est manipulé régulièrement et des risques associés, le mécanicien a préféré sélectionner la conséquence "À long terme". Ce résultat traduit l'importance de l'impact de l'expérience personnelle et des conséquences réelles sur la santé du mécanicien. Mais aussi, comme pour la perception de la sévérité, traduit la présence d'un biais de disponibilité qui influence le mécanicien quant à la temporalité des événements.

De ce fait, malgré le vécu des mécaniciens qui leur apportent des éléments concrets sur ce qu'il peut ou non se produire. Il est important qu'ils connaissent les différentes temporalités afin d'avoir une perception de l'immédiateté la plus diversifiée possible. De plus, il est également souhaitable, qu'ils soient formés à l'impact des biais cognitifs comme cela est déjà fait à travers la formation facteurs humains (EASA, 2008).

Constat

- L'expérience du risque permet aux mécaniciens d'ajuster leur perception de l'immédiateté des conséquences.

Recommandation

- Des moyens de communication et de formation doivent compléter le vécu personnel des mécaniciens.
- Les mécaniciens doivent savoir que l'expérience du risque leur permet d'avoir conscience que d'une partie de la réalité.

Un autre exemple concerne le produit chimique "Oil Base Grease", pour lequel deux mécaniciens ont indiqué ne pas connaître le produit. Un des deux mécaniciens a répondu "Je ne sais pas" pour les quatre types de contact (Peau, Yeux, Inhalation, Ingestion). Ainsi, un manque de connaissances concernant le produit empêche le mécanicien de percevoir l'immédiateté des conséquences. Ce résultat souligne une fois de plus l'importance des connaissances concernant le danger.

Constat

- Les connaissances des mécaniciens concernant les caractéristiques intrinsèques d'un danger permettent l'ajustement de leur perception de l'immédiateté des conséquences.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent être en mesure de donner les raisons pour lesquelles un danger peut impacter leur santé ou la navigabilité de l'avion.
- Dans le cas où ce n'est pas possible, une communication des risques doit fournir ces éléments.

9.1.2. Étude des liens entre les trois caractéristiques du risque

La compréhension de la perception des risques des mécaniciens s'est également effectuée par l'étude des liens entre les trois caractéristiques du risque afin d'identifier d'éventuelles synergies ou interactions.

Le risque est conçu comme étant une combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement négatif et de la sévérité des conséquences associées à cet événement (Évaluation des risques professionnels. Évaluation des risques professionnels - démarches de prévention - INRS, 2023). Cependant, comme le mentionne (Sjoberg, 2004), la perception des risques n'est pas uniquement une combinaison de ces deux notions : c'est une notion complexe (Slovic, 2000 ; Chionis et Karanikas, 2018) et multifactorielle (Sjoberg, 2000 ; Rundmo et Moen, 2006 ; Wilson, 2019). De plus, nous avons vu que l'activité de maintenance s'effectue dans un contexte opérationnel dynamique et complexe qui fait qu'un même danger dans deux situations de travail différentes peut être associé à une probabilité, une sévérité et une immédiateté des conséquences variable. Nos résultats nous ont permis de réfuter l'hypothèse H1 : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la sévérité.". Ainsi, pour la majorité des mécaniciens (55%) et 42% des risques, la perception de la probabilité d'impact conditionne la perception de la sévérité des conséquences. Alors que les hypothèses H2 : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la probabilité et d'immédiateté des conséquences." et H3 : "Il n'existe pas de corrélation significative entre la perception de la sévérité et d'immédiateté des conséquences." n'ont ni été validées, ni réfutées (cf. Tableau 59). En effet, même s'il existe une corrélation significative pour une part non négligeable de mécaniciens, elle n'est présente que pour deux risques. De plus, ces résultats nous indiquent que les processus cognitifs pour percevoir les risques diffèrent suivant le mécanicien et suivant le risque. Ainsi, il s'agit dans cette section de discuter quant aux facteurs qui pourraient expliquer ces variabilités de résultats.

Tout d'abord, focalisons-nous sur l'hypothèse H1 (qui a été réfutée) pour laquelle les résultats sont le plus en contradiction. En effet, nous avons supposé qu'il n'existerait pas de lien entre la perception

de la probabilité et de la sévérité, du fait de la diversité des conséquences associées aux risques présents dans l'étude. Cependant, le fait que des corrélations significatives aient été identifiées, signifie que des schémas de pensée ont été réitérés quel que soit le risque. Une analyse par individu, nous a permis d'identifier que les mécaniciens pour lesquels ce schéma de pensée se réitère le plus sont en moyenne moins expérimentés et moins certifiés que la moyenne des 27 participants. Ce résultat, pourrait traduire un manque de connaissances concernant les impacts réels, acquis par le biais de l'expérience personnelle et la formation théorique et pratique. Dans ce sens, le manque d'expertise favorise l'emploi d'une perception des risques plus intuitive basée sur des biais cognitifs (Tversky et Kahneman, 1974). Les biais cognitifs sont "la conséquence de l'usage d'une opération mentale, rapide et intuitive (appelée aussi heuristique) que le cerveau de l'individu ne perçoit pas comme simplifiée" (Dyèvre., 2015). Cependant, l'auteur mentionne qu'il est possible d'entraîner les opérateurs à repérer les situations dans lesquelles des biais cognitifs peuvent apparaître afin de réduire leur impact. Ainsi, nous pensons que ce genre d'exercice pourrait être développé pour les formations facteurs humains destinées aux mécaniciens aéronautiques.

Constat

- Le manque de connaissances pourrait favoriser la présence de biais cognitifs et impacter les scénarios sélectionnés pour percevoir un risque.

Recommandation

- Les formations comme la formation facteur humain sont cruciales pour que les mécaniciens connaissent les biais cognitifs et leurs impacts.
- Les mécaniciens doivent être en connaissance de la diversité des conséquences associées à un risque afin d'avoir une perception applicable au contexte opérationnel.

Nous avons également effectué une analyse afin d'identifier si ces processus mentaux particuliers étaient spécifiques à certains risques ou type de risque. Notre démarche a mis en évidence que les principaux risques identifiés sont essentiellement issus de la tâche VHF (76% des risques du tableau 52). Cependant, les mécaniciens ne sont pas moins experts sur cette tâche que sur les deux autres, ce qui suggère que les connaissances et compétences accumulées en relation avec une tâche n'impactent pas la présence d'un schéma de pensée répété. Remarquons également que les risques étaient (en proportion) plus nombreux pour le type "Navigabilité" que "Santé". Cela signifie que les processus cognitifs employés qui traduisent l'existence d'un lien entre la perception de la probabilité et de la sévérité, sont plus présents pour les risques de type "Navigabilité" que de type "Santé". Mais aussi que certains dangers étaient plus représentés que d'autres, par exemple le produit chimique "*Polysulfide Sealant*" et le "*Coating*". Cependant, les mécaniciens ne semblent pas cohérents ou constants dans leur façon de percevoir les risques. En effet, nous avons montré que pour un même risque, dans une tâche de maintenance, une corrélation significative entre la perception de la probabilité et de la

sévérité avait été relevée. Alors que pour le même risque dans une autre tâche de maintenance, aucune corrélation significative n'a été identifiée. En d'autres termes, les mécaniciens peuvent ne pas employer les mêmes processus cognitifs pour un même risque dans deux contextes opérationnels différents. Cependant, à ce stade, nous n'avons pas à notre disposition suffisamment de données qui permettent d'expliquer précisément ces résultats. Ainsi, des études complémentaires sont nécessaires afin de vérifier si le lien entre la perception de la probabilité et de la sévérité est issu de biais cognitifs ou représente une certaine réalité de l'activité de maintenance.

Constat

- Le contexte opérationnel impacte la manière dont les mécaniciens perçoivent les risques.

Recommandation

- L'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques doit considérer le contexte opérationnel dans lequel un danger est présent.

9.1.3. Conclusion et recommandations concernant Q1

Pour répondre à la question de recherche "Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques sur les 3 caractéristiques ?", nous avons effectué une analyse des trois caractéristiques du risque séparément, puis deux à deux.

L'analyse séparée des trois caractéristiques du risque nous a permis d'identifier que les mécaniciens perçoivent les risques différemment suivant différents critères comme : les connaissances concernant les caractéristiques des dangers et les conséquences associées, la prise en compte du contexte opérationnel et des mesures de sécurité à appliquer.

Les connaissances concernant les caractéristiques des dangers et les conséquences associées permettent aux mécaniciens de mieux considérer l'impact réel des risques sur leur santé ou la navigabilité de l'avion. Ainsi, le manque de connaissances entraîne certains mécaniciens à répondre "Je ne sais pas" ou bien traduit l'emploi de biais cognitifs pour fournir une réponse. Pour ces raisons, afin d'avoir une perception la plus "juste" possible, les mécaniciens doivent posséder des connaissances approfondies en ce qui concerne les dangers et les conséquences associées.

Les connaissances des mécaniciens en rapport avec le contexte opérationnel ont mis en avant une potentielle divergence entre les risques communiqués à travers la procédure de maintenance et la perception des risques des mécaniciens. Ainsi, soit les mécaniciens ne possèdent pas les connaissances, compétences nécessaires pour comprendre le risque dans la tâche de maintenance, soit, ce risque n'est effectivement pas cohérent avec les conditions opérationnelles. Dans le premier cas, pour ne pas avoir de doute ou de questionnement concernant le risque, les mécaniciens doivent

être en mesure de comprendre la raison pour laquelle un risque est communiqué dans une tâche de maintenance et de comprendre les conséquences réelles pour leur santé ou la navigabilité de l'avion. Quant au deuxième cas (risque non cohérent avec les conditions opérationnelles), cela traduit d'un manque de prise en compte de la réalité de l'activité dans la communication des risques à travers les procédures de maintenance. Cela peut avoir comme conséquence d'augmenter le nombre de violations, si la procédure n'est pas perçue comme réaliste par les mécaniciens (Reason et Hobbs., 2003, p 64), ou d'augmenter le manque de confiance envers la procédure de maintenance qui est déjà une problématique de sécurité identifiée (Zafiharimalala et al. 2014). Ou encore, comme le mentionnent des mécaniciens dans notre étude, de faire émerger des doutes concernant l'importance des risques qui sont communiqués dans la procédure. Ainsi, des recherches complémentaires seraient pertinentes afin de mieux comprendre quelles sont les informations contextuelles dont le mécanicien a besoin pour avoir une perception des risques représentative de la réalité.

Concernant l'implémentation des mesures de sécurité, dans notre étude, nous avons contrôlé une partie des facteurs en indiquant aux mécaniciens de s'immerger dans une situation optimale (bonnes conditions météorologiques, absence de stress, absence de fatigue, absence de pression temporelle, etc.). Cependant, nous n'avons pas indiqué aux mécaniciens de considérer ou non l'emploi des mesures de sécurité, ce qui représente une limite. Malgré cela, nous avons montré que le respect des mesures de sécurité avait pour conséquence de réduire la perception des risques. Ainsi, une non prise en compte de cette notion dans l'étude de la perception des risques pourra engendrer une conclusion faussée de sous-estimation des risques.

Dans un deuxième temps, nous avons tenté d'expliquer par une analyse des caractéristiques du risque deux à deux les processus cognitifs mis en jeu dans la perception des risques. De manière générale, nous avons montré que les trois caractéristiques du risque sont principalement considérées indépendamment les unes des autres. Même si la perception de la probabilité et de la sévérité sont les deux notions qui sont les plus liées entre elles. Cependant, l'analyse par individu ne nous a pas permis de mettre en évidence de profil particulier de mécaniciens qui justifie les corrélations significatives. Même si nous avons supposé que le manque d'expertise de connaissances pourrait favoriser l'emploi de biais cognitifs. L'analyse par risque nous a également montré que les liens entre les caractéristiques ne sont pas associés à un type ou catégorie de risque spécifique. De plus, il apparaît que les mécaniciens ne sont pas forcément cohérents dans la manière dont les caractéristiques du risque sont considérées pour un même risque dans deux tâches différentes. Ainsi, les processus cognitifs employés semblent être impactés par des éléments contextuels associés à la tâche de maintenance. Cela nous a amené à suggérer des études complémentaires afin de mieux comprendre les raisons pour lesquelles ce phénomène existe.

Pour conclure, il est essentiel que le mécanicien ait une conscience des risques la plus proche possible de la réalité de l'activité. Cela implique que le mécanicien possède les connaissances nécessaires et que les risques soient communiqués de manière efficace pour qu'il soit en mesure de se projeter sur des scénarios diversifiés et représentatifs de la réalité. Ainsi, les mécaniciens doivent être en mesure d'expliquer ce qui rend un objet/comportement dangereux et ce qu'il doit faire pour réduire les risques associés. Ils doivent également connaître les facteurs aggravants qui peuvent modifier la probabilité, la sévérité et l'immédiateté des conséquences. Également, nous avons mis en avant le manque de cohérence des mécaniciens dans leur perception des risques qui pourrait être expliqué par l'emploi de différents éléments contextuels associés à la réalisation d'une tâche de maintenance. Ainsi, il est nécessaire de mieux comprendre quels éléments sont considérés par les mécaniciens afin de pouvoir les utiliser dans la communication des risques.

9.2. Q2 : Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ?

Pour répondre à cette seconde question de recherche, nous avons construit un modèle de la perception des risques qui comporte 6 facteurs : *“l'expérience du risque”*, *“les connaissances”*, *“la formation”*, *“l'expertise”*, *“l'activité entreprise”* et *“l'exposition au danger”*. Dans cette sous-section, nous discuterons des résultats par caractéristique du risque (probabilité, sévérité, immédiateté) afin d'identifier les facteurs qui impactent le plus la perception des risques des mécaniciens. Pour rappel, une variable a un impact le plus élevé si elle a un effet significatif sur le plus de risque, et, si elle correspond à la variable pour laquelle nous avons le plus grand nombre de fois la part la plus importante de la perception des risques. Pour finir, nous concluons sur la validité de notre modèle.

9.2.1. Perception de la probabilité

Les trois variables que nous avons identifiées qui impactent le plus la perception de la probabilité sont : *“Année d'expérience sans licence”* (du facteur *“Expertise”*), *“Expérience”* (du facteur *“Expertise”*) et *“Activité entreprise”* (qui n'appartient à aucun facteur) (cf. Tableau 62). A noter que la variable *“années d'expérience sans licence”* traduit que l'accumulation de connaissances et de compétences sera basée principalement sur la pratique et les expériences passées du mécanicien (et non sur l'obtention d'une licence Part 66). Alors que la variable *“Expérience”* signifie qu'un mécanicien expérimenté a un nombre d'années d'expérience important, dans des environnements de travail différents, que ce soit avec ou sans licence. Un mécanicien expérimenté n'a pas nécessairement eu besoin de réaliser les formations pour obtenir sa licence Part66 (obtenue par validation d'acquis d'expérience avec la loi du grand-père (cf. *“Partie 2 - Formation et expertise globale”*, p. 162). Alors que la variable *“Activité entreprise”* signifie que le mécanicien a obtenu une qualification de type qui lui permet d'exercer sur une famille

d'avion précise (A320 par exemple) et surtout de délivrer des Approbation de remise en service. Cela ne peut être obtenue sans passer par une formation théorique et pratique en lien avec les besoins de son entreprise.

Concernant les risques de type "Santé", les résultats nous indiquent que, plus les mécaniciens sont expérimentés (avec ou sans licence), plus le sentiment de vulnérabilité est faible. Cela pourrait traduire la présence d'un phénomène d'habitude qui entraîne une désensibilisation des individus ou de sure confiance face aux risques (Sjöberg, 2000 ; Weber et al., 2002). Également, si l'expérience du risque n'est pas associée à des incidents/accidents graves, cela aurait pour conséquence d'augmenter la confiance en soi (Oswald et al., 2014). Dans ce sens, Kummeneje et Rundmo (2018) ont montré que les cyclistes qui ont subi des accidents percevaient comme plus élevée la probabilité d'être impliqué dans un accident en faisant du vélo. Également, Drinkwater et Molesworth (2010) ont montré que plus les pilotes d'avions sont confiants et plus ils ont tendance à minimiser les risques. En effet, la confiance en soi est influencée par "des expériences passées ou des preuves suggérant que les événements futurs se produiront comme prévu" (Siegrist, 2021). De ce fait, même si, dans notre étude, nous n'avons pas identifié d'effet significatif de l'expérience du risque et nous n'avons pas mesuré la confiance des mécaniciens, il apparaît que le vécu du mécanicien en rapport au risque soit une composante importante pour l'étude de la perception des risques.

Constat

- L'habitude d'une part et le manque d'expérience du risque d'autre part génèrent de la confiance en soi et a pour conséquence de diminuer le sentiment de vulnérabilité.

Recommandation

- Il est important que les mécaniciens puissent expérimenter le risque en toute sécurité (à l'aide de mise en situation dans des environnements virtuels par exemple).
- Les mécaniciens doivent être informés de l'impact d'une exposition répétée sans conséquence.

L'activité de maintenance est soumise à un cadre réglementaire strict qui oblige l'implémentation de barrières de sécurité. Le respect de ces mesures de sécurité aurait pour effet de diminuer la perception des risques des travailleurs comme cela a été montré dans le domaine du bâtiment (Rundmo, 2001). En effet, grâce aux mesures de sécurité, les mécaniciens réduisent l'impact des risques sur leur santé ce qui peut avoir pour effet d'augmenter le sentiment de contrôle du risque. Dans ce sens, nous avons vu dans la discussion du point "9.1.1.1 Etude de la perception de la probabilité" que l'accumulation de connaissances permet aux mécaniciens d'ajuster leur perception de la probabilité en fonction d'éléments contextuels comme la présence de mesures de sécurité (ayant pour effet de réduire le sentiment de vulnérabilité. Cependant, nous avons identifié que les variables "*Activité entreprise*",

“Certifications” et “Formation initiale” avaient un effet positif sur la perception de la probabilité d’impact (cf. Tableau 61). En d’autres termes, l’accumulation de connaissances et de compétences issues d’une formation ou d’une certification permet aux mécaniciens d’avoir un sentiment de vulnérabilité plus élevé. Ces résultats semblent aller dans le sens de certains auteurs comme Namian et al., (2016) qui ont montré que la formation permettait d’augmenter la perception des risques des travailleurs dans le domaine de la construction.

Constat

- La formation et l’obtention de certification ont un impact positif sur la perception de la probabilité.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent acquérir les connaissances afin que leur perception de la probabilité soit applicable aux dangers auxquels ils sont exposés dans un contexte opérationnel spécifique.

Concernant les risques de type “Navigabilité”, nous avons identifié qu’un mécanicien qui possède une qualification de type ou une expérience sans licence élevée, semble conscient que ses actions et erreurs peuvent avoir un impact sur la navigabilité de l’avion (cf. Tableau 61). Ce résultat est en contradiction avec ceux de la variable “Expérience” ou “Expertise spécifique à la tâche”, qui nous indiquent qu’un mécanicien expérimenté sur la tâche est moins conscient de l’impact de ses actions ou de ses erreurs sur la navigabilité de l’avion. Ainsi, comme mentionné précédemment, l’expérience peut être associée à un effet d’habitude causé par une exposition répétée au risque et un manque d’expérience du risque. En effet, nous avons montré qu’un mécanicien qui a une mauvaise expérience en lien avec une de ses actions, perçoit l’impact sur la navigabilité comme plus probable (cf. Tableau 61). Cependant, les connaissances et compétences des mécaniciens concernant la réalité des opérations leur permettent d’ajuster leur perception de la probabilité d’impact. Par exemple, nous avons identifié que les mécaniciens avaient une perception plus optimiste de la probabilité d’impact du risque “Ne pas appliquer du mastic (sealant) sur toute l’antenne” sur la navigabilité de l’avion. Or, pour ce risque, l’oubli de mastic sur une partie de l’antenne n’aura pas d’incidence sur le fonctionnement de l’antenne à court terme, mais pourra favoriser l’apparition de corrosion. En effet, comme le mentionne la procédure, l’avion peut voler un certain temps (dépendant de l’environnement) sans que de la corrosion n’apparaisse. De plus, il existe trois antennes VHF sur l’avion qui peuvent prendre le relais en cas de panne des deux autres. Ainsi, les connaissances du mécanicien lui permettent de mieux comprendre l’impact réel sur la navigabilité tout en considérant le contexte opérationnel (présence de redondance des systèmes assurant qu’en cas de défaillance d’un système, un deuxième système similaire présent sur l’avion prend le relais). Dans ce cas, il serait facile de conclure que les mécaniciens sous-estiment la probabilité d’impact alors que la réalité opérationnelle rend l’impact plutôt improbable.

Constat

- L'accumulation de connaissances permet aux mécaniciens d'avoir une meilleure perception de l'impact réel d'une action sur la navigabilité de l'avion.

Recommandation

- Le mécanicien doit posséder les connaissances nécessaires pour comprendre l'impact d'une action sur la navigabilité de l'avion.

En ce qui concerne la variable "*Importance des mesures de sécurité*", les résultats obtenus ne sont pas en accord avec le présupposé que les mesures de sécurité concourent à réduire la probabilité d'impact du risque. Par exemple, pour le risque "*Avoir du fuel sur les lumières du train d'atterrissage*", nous avons trouvé que : plus la mesure de sécurité ("*S'assurer qu'il n'y a pas de fuel sur les lumières du train d'atterrissage*") est perçue comme importante ; plus l'impact du risque sur la navigabilité de l'avion est perçu comme probable. Nous pensons que ce résultat pourrait être expliqué par le fait que, bien que les mécaniciens considèrent la mesure de sécurité comme importante, la présence de fuel sur les lumières du train d'atterrissage pendant le vol est un événement sur lequel les mécaniciens n'ont pas de contrôle. En d'autres termes, il est possible que les mécaniciens mentionnent que la mesure est importante sans être réellement convaincus de son efficacité. Plus généralement, cela peut traduire que les mécaniciens, malgré une formation adaptée et la mise en place de barrières de sécurité, se sentent démunis face aux erreurs qui surviennent (Modèle du fromage suisse de Reason, 1990).

Constat

- Les mécaniciens peuvent se sentir démunis quant à l'impact d'une action ou d'une erreur humaine sur la navigabilité de l'avion.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent posséder les connaissances nécessaires pour pouvoir se projeter quant à l'impact d'une action, d'une erreur sur la sécurité des vols.
- Il est pertinent d'étudier le sentiment de contrôle des mécaniciens quant à l'occurrence d'événements qui impactent la sécurité des vols.

9.2.2. Perception de la sévérité

Les deux variables qui ont été identifiées comme ayant le plus d'impact sur la perception de la sévérité sont : "*Exposition au danger*" et "*Expertise spécifique à la tâche*". Concernant le type de risque "*Santé*", ces deux variables ont un effet négatif (cf. Tableau 63). En d'autres termes, plus un mécanicien possède une forte expertise sur la tâche d'une part et perçoit qu'il est exposé à un danger d'autre part, et moins les conséquences sur sa santé sont perçues comme sévères. Ce résultat pourrait mettre en avant un effet d'habitude comme mentionné précédemment pour la perception de la probabilité. Dans ce sens, nous avons montré que plus un mécanicien perçoit qu'il est exposé quotidiennement à des produits chimiques, moins les conséquences de ces produits chimiques sur sa santé sont perçues comme sévères (cf. 8.27 L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.).

De plus, si l'exposition répétée est associée à un manque d'expérience du risque, cela engendre une désensibilisation des individus (Breakwell, 2014, p66). En effet, nous avons montré que suivant le risque, l'effet de l'expérience du risque pouvait être positif ou négatif (cf. Tableau 63). En effet, nous avons initialement décidé de considérer la sévérité des conséquences associée à l'expérience du risque dans le but de vérifier si cela pouvait impacter la perception de la sévérité. Cependant, comme mentionné dans la section "6.1 Analyse de la répartition des individus" (p. 176), nous n'avons pas pu retenir cette variable. Cependant, nous pensons que la sévérité des conséquences associée à une expérience pourrait expliquer ces résultats opposés suivant le risque.

Nous avons également montré, pour les variables "*Expérience*", "*Certifications*" et "*Formation initiale*", qu'un mécanicien expérimenté, certifié et qui possède un bac professionnel aéronautique a une perception de la sévérité plus optimiste. Ainsi, l'accumulation de connaissances et de compétences techniques n'est pas nécessairement associée à une perception des risques focalisée sur des scénarios catastrophiques. La problématique est de savoir si cette perception est représentative de la réalité, ou bien si elle est erronée. Dans le premier cas, les connaissances accumulées permettent aux mécaniciens de signifier que les risques que nous avons demandé d'évaluer sont effectivement associés à des conséquences peu sévères, ou bien, que les mécaniciens sont en capacité de considérer des éléments contextuels qui ont pour effet de réduire la sévérité des conséquences. Cela est corroboré par le fait que les mécaniciens ont une perception plus optimiste de la sévérité des conséquences lorsqu'ils pensent que la mesure de sécurité associée est importante pour assurer leur sécurité. Dans le second cas, les mécaniciens, malgré les formations qu'ils ont effectuées, n'ont pas la capacité à avoir une projection représentative de la réalité concernant la sévérité des conséquences. Ce résultat serait associé au manque de connaissances qui engendre une perception des risques erronée (Slovic, 1987 ; 2000). Un autre élément de réponse est apporté par la variable "*Formation initiale*" pour laquelle nous avons des effets différents, voire opposés, suivant la formation reçue (cf. Tableau 63). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que même si l'EASA fournit des recommandations concernant les modules et sous modules qui doivent être abordés durant les formations, le contenu détaillé et la manière dont l'information est transmise n'est pas spécifiée. Ainsi, chaque organisme peut choisir le contenu réel, le format et la méthode de communication des risques. Cependant, suivant la manière dont l'information est communiquée, la perception des risques pourra être impactée (Slovic, 2000). De plus, si l'information n'est pas suffisamment compréhensible et accessible, les mécaniciens n'auront pas la capacité de percevoir les risques correctement (Fischhoff, et al., 1981). Également, nous pouvons penser que suivant le choix des exemples, des images, des informations sur les dangers, etc., la compréhension et la perception de la sévérité des mécaniciens seront impactées différemment. Par exemple, l'intensité des images peut avoir un impact sur la réponse émotionnelle et donc amplifier la perception des risques (Slovic et al., 2005). Ainsi, il est crucial que la communication

des risques soit la plus homogène possible à travers les différentes formations afin qu'elle impacte de la même manière la perception de la sévérité des mécaniciens.

Constat

- La manière dont les risques sont communiqués peuvent différer suivant l'organisme qui réalise la formation, la sensibilisation, etc. Cela augmente les possibilités de carence dans les compétences acquises.

Recommandation

- La communication des risques doit être homogène afin que les formations, sensibilisations, etc. impactent de la même manière la perception des risques des mécaniciens.

Par ailleurs, nous avons montré que plus un mécanicien possède un nombre d'années d'expérience sans licence élevé plus les conséquences du risque sur sa santé sont perçues comme sévères (cf. 8.27 L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.). Ce résultat n'est pas en accord avec ce qui a été dit précédemment et pourrait être expliqué par la rareté des événements sévères. En effet, même si la maintenance est une activité à risque, le haut niveau de sécurité défini par le cadre réglementaire permet de réduire la probabilité d'occurrence des scénarios catastrophiques. Ainsi, en sachant cela, il est possible que les mécaniciens se focalisent plus sur des scénarios optimistes qui restent les plus fréquents. Une autre hypothèse est que le risque ne fait pas sens pour les mécaniciens dans le contexte opérationnel décrit par la tâche. Entraînant, de fait, une perception de la sévérité plus optimiste. Cependant, nous avons montré que les mécaniciens qui recevaient une formation continue spécifique à un danger avaient une perception de la sévérité plus pessimiste (cf. 8.27 L'analyse de l'effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.). Ce résultat, sous-entend que les informations transmises à travers les formations peuvent aussi avoir pour effet d'augmenter la perception de la sévérité.

Constat

- La rareté des événements catastrophiques peut influencer la perception de la sévérité et la minimiser.

Recommandation

- Des rappels doivent être effectués quant à l'occurrence d'accidents catastrophiques.
- L'expérience personnelle par le biais de simulation virtuelle peut être un moyen de rendre plus réel l'occurrence de ces scénarios.
- La communication de ces événements rares doit considérer le contexte opérationnel pour que ceux-ci fassent sens pour les mécaniciens.

Concernant le type de risque “Navigabilité”, nous avons montré que plus le mécanicien possède une expérience élevée, moins il conçoit comme sévère l’impact de ses actions ou de ses erreurs sur la navigabilité de l’avion (cf. 8.27 L’analyse de l’effet de chaque variable sur la perception de la sévérité.). Cependant, même si cela peut également traduire un effet d’habitude, ces résultats sont à prendre avec prudence. En effet, nous avons également montré que l’accumulation de connaissances concernant les systèmes de l’avion (à travers l’obtention d’une qualification de type) augmente la perception de la sévérité des conséquences. Ce résultat peut s’expliquer par le fait qu’une meilleure connaissance des systèmes de l’avion permet aux mécaniciens de se projeter sur des scénarios qui sont plus sévères en comparaison avec des mécaniciens qui manquent de connaissances techniques. De plus, les résultats concernant la variable “Année expérience sans licence” nous indiquent que les mécaniciens peuvent considérer les conséquences sévères sur la navigabilité de l’avion bien qu’aucune certification ou formation spécifique n’ait été effectuée (cf. Tableau 63). Ainsi, il semblerait que l’accumulation de connaissances par le biais de l’expérience pratique principalement permet aux mécaniciens d’ajuster leur perception des risques.

Constat

- Les connaissances des mécaniciens concernant le fonctionnement de l’avion leur permettent d’ajuster leur perception de la sévérité.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent avoir une connaissance approfondie du fonctionnement de l’avion afin d’avoir la capacité de comprendre l’impact d’une action ou d’une erreur sur sa navigabilité.

9.2.3. Perception de l’immédiateté

Les trois variables qui ont été identifiées comme ayant le plus d’impact sur la perception de l’immédiateté sont : “Année expérience sans licence”, “Activité entreprise” et “Exposition au danger”.

Les résultats nous indiquent qu’un mécanicien qualifié (ex : un bac professionnel aéronautique) qui est expert sur une tâche et qui se sent exposé régulièrement à des dangers perçoit les conséquences du risque sur sa santé comme plus immédiates (cf. 8.2.3.1 L’analyse de l’effet de chaque variable sur la perception de l’immédiateté). Cependant, pour d’autres variables comme “Année d’expérience sans licence”, “Expérience”, “Certification”, “Formation continue”, “Importance perçue des mesures de sécurité” et “Expérience du risque” l’effet sur la perception de l’immédiateté peut varier, de manière positive ou négative en fonction du risque. Ainsi, il apparaît que les mécaniciens sont en capacité (par le biais de connaissances ou compétences accumulées) d’ajuster leur perception de l’immédiateté et donc de se projeter sur des conséquences ayant différentes temporalités. Ce résultat met en avant une certaine représentation de l’activité de maintenance, dans laquelle, les accidents du travail et les

maladies professionnelles sont une réalité (Assurance maladie, 2019). Cependant, il apparaît que le nombre de maladies professionnelles est plus faible que le nombre d'accidents du travail. De plus, il est possible que les mécaniciens soient moins exposés aux conséquences à long voire très long terme que celles immédiates. En effet, l'apparition de maladie professionnelle peut intervenir lorsqu'un mécanicien est en fin de carrière, voire après la cessation d'activité. Également, ce sont des maladies qui peuvent ne pas se voir ou qui contraignent l'employé à changer de poste, ce qui aura pour effet de rendre moins visibles les impacts à long terme. À contrario, les accidents dont les conséquences sont immédiates vont être perceptibles sur le moment par les mécaniciens qui sont témoins de la scène et seront vraisemblablement plus marquantes. Concernant l'expérience du risque, ce résultat peut traduire la présence d'un biais de disponibilité qui correspond au vécu du mécanicien. Plus précisément, les expériences passées en ce qui concerne l'exposition à un danger peuvent conditionner les scénarios envisagés par le mécanicien. Ainsi, l'expérience servirait de référence pour le mécanicien lui permettant de percevoir l'immédiateté des conséquences. Dans ce sens, sa perception est juste mais n'est pas forcément représentative de la diversité des conséquences potentielles. De ce fait, nous pensons que les mécaniciens doivent être amenés à être conscients de l'impact de certains biais cognitifs pour acquérir une conscience des conséquences la plus diversifiée possible.

Constat

- L'expérience du risque permet aux mécaniciens d'ajuster leur perception de l'immédiateté des conséquences.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent connaître l'impact des biais cognitifs sur la perception de l'immédiateté.
- Les mécaniciens doivent être en mesure d'identifier la diversité des conséquences pour avoir une perception de l'immédiateté applicable au contexte opérationnel.

Concernant le type de risque "Navigabilité", les résultats sont similaires à ceux décrits pour la "santé" quant à l'effet positif et négatif des facteurs sur la perception de l'immédiateté. Ainsi, les mécaniciens semblent conscients de l'impact de leurs actions et de leurs conséquences tant immédiates qu'à long terme (qui peuvent survenir parfois de nombreuses années après (Hobbs, 2021) sur la navigabilité de l'avion. En d'autres termes, les mécaniciens ont la capacité de se projeter (en fonction de leurs connaissances et compétences accumulées) sur des temporalités de conséquences différentes suivant le risque. Cependant, nous n'avons pas suffisamment de données pour identifier précisément les connaissances sur lesquelles se basent les mécaniciens pour ajuster leur perception de l'immédiateté. Malgré cela, la variable "*importance des mesures de sécurité*" nous donne quelques compléments d'information. En effet, pour le risque "*Tordre ou plier un faisceau électrique*", plus la mesure de

sécurité (“S’assurer que le faisceau électrique n’est pas tordu”) est perçue par le mécanicien comme importante, plus les conséquences sur la navigabilité de l’avion sont perçues comme étant à long terme. Sachant qu’un faisceau qui est plié peut s’endommager plus rapidement avec un risque de générer un feu en vol dans un des réservoirs de kérosène de l’avion. Dans ce sens, les mécaniciens perçoivent que faire attention à ne pas tordre le faisceau électrique aura pour conséquence de rendre l’occurrence d’un départ de feu moins probable. En effet, le mécanicien conscient que le risque n’est pas nul aura fait ce qu’il faut pour s’assurer que le faisceau n’est pas tordu bien qu’il n’ait pas de contrôle sur ce qui peut se passer en vol ultérieurement. Cependant, ce résultat n’est valable que pour un risque et nécessite des recherches complémentaires afin de comprendre à quel point le mécanicien se sent en contrôle des accidents, incidents qui peuvent survenir en vol et de la temporalité de ces événements.

Constat

- Les connaissances et compétences des mécaniciens leur permettent d’ajuster leur perception de l’immédiateté des conséquences.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent disposer des connaissances et compétences nécessaires pour pouvoir être en mesure de se projeter sur des scénarios ayant différentes temporalités.

9.2.4. Conclusion et recommandations concernant Q2

Dans ce projet de thèse nous avons construit un modèle théorique dont l’objectif était d’explicitier les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Ce modèle est composé de 6 facteurs qui sont : “l’expérience du risque”, “les connaissances”, “la formation”, “l’expertise”, “l’activité entreprise” et “l’exposition au danger”.

De plus, par le biais des échelles de Likert, nous avons contraint les mécaniciens à faire un choix quant à la probabilité d’impact des risques sur leur santé ou la navigabilité de l’avion, la sévérité et l’immédiateté des conséquences associées. Ainsi, nous avons mesuré la capacité des mécaniciens à sélectionner le scénario qu’ils considèrent les plus probables et qui reflète leur vision de la manière dont les événements peuvent se passer. L’objectif était donc de comprendre les raisons pour lesquelles les mécaniciens sélectionnent un type de scénario plutôt qu’un autre.

Le premier constat que nous avons fait concerne la divergence des facteurs d’importance pour les **trois caractéristiques du risque**. En effet, nous avons montré que les données de référence employées par les mécaniciens pour percevoir les risques pouvaient différer suivant la caractéristique du risque, ce qui souligne que l’étude de la perception des risques doit étudier chaque mesure séparément. En effet, la perception des risques est une notion complexe (Slovic, 2000 ; Chionis et Karanikas, 2018) qui nécessite d’être définie clairement et pour laquelle une conclusion n’est pas nécessairement

transférable d'une caractéristique à l'autre. Par exemple, ce n'est pas parce que l'expertise a un effet sur la perception de la probabilité d'impact du risque qu'elle aura un effet de la même façon sur la perception de la sévérité des conséquences. Cependant, malgré ces résultats, le modèle nous a permis de faire émerger des notions qui sont communes aux facteurs et qui pourraient expliquer une part importante de la perception des risques des mécaniciens dans notre étude. Ces notions sont les "*connaissances*", le "*contexte opérationnel*" et le "*vécu du mécanicien*".

Dans notre étude **les connaissances** ont été mesurées par le biais de "*l'identification des dangers*" et de "*l'importance perçue des mesures de sécurité*". Cependant, l'identification des dangers ne semble pas être une variable d'importance, ce qui est en accord avec Namian et al., (2018). Cet auteur mentionne que la perception des risques n'est pas en lien avec la performance de reconnaissance des dangers. En effet, dans la vie quotidienne, l'être humain a tout à fait la capacité de percevoir des risques relatifs à un danger qu'il n'a pas été en mesure d'identifier, que le danger soit connu ou non par l'individu. Pour étayer ce point de vue, des auteurs comme (Slovic, 2000, 2016) ont étudié la perception des risques à travers le prisme des "Lay people" (personnes qui ne sont ni entraînées, ni formées, ni qualifiées et ni expérimentées). En ce qui concerne le danger, nous avons montré que les mécaniciens qui avaient des connaissances concernant les caractéristiques du danger avaient la capacité d'ajuster leur perception des risques. En effet, des personnes bien informées sont capables d'évaluer correctement les risques associés (Lichtenstein et al., 1978). De ce fait, il est important que les raisons pour lesquelles les dangers représentent un risque pour la santé ou la navigabilité de l'avion soient connues des mécaniciens. Et si ce n'est pas le cas, une communication efficace doit intégrer tous les éléments nécessaires pour que, le cas échéant, le danger et les conséquences associées soient facilement identifiables.

Concernant **l'importance perçue des mesures de sécurité**, nous avons montré que cette variable n'était pas celle qui explique le plus la variance de la perception des risques. Cependant, les verbatims nous ont indiqué que la prise en compte des mesures de sécurité par les mécaniciens pouvait impacter les scénarios sélectionnés. Plus généralement, les mesures de sécurité font partie du contexte opérationnel dans lequel travaille le mécanicien aéronautique. Ce dernier semble être un facteur d'importance pour l'étude de la perception des risques. En effet, nous avons vu que la considération de facteurs aggravants (qui peuvent augmenter le risque) est également une notion d'importance pour l'étude de la perception des risques. Pour ce faire, il est crucial que, indépendamment de son profil mais grâce à ses connaissances, le mécanicien ait la capacité d'identifier les dangers, de comprendre les risques associés et d'identifier comment il peut assurer la sécurité des opérations de maintenance. Pour ce faire, une communication efficace des risques doit être effectuée, que ce soit durant la formation ou pendant l'activité de maintenance.

Dans cette étude, nous avons également montré l'importance du **vécu du mécanicien** en rapport au risque. En effet, même si "*l'expérience du risque*" n'est pas un facteur qui a été considéré comme expliquant le plus la variance de la perception des risques, nous pensons qu'il ne doit pas être négligé. Le manque de résultat significatif peut s'expliquer par une problématique méthodologique et de compréhension de la question. De plus, cela pourrait s'expliquer par le fait que les mécaniciens ont peu d'expérience négative durant leur carrière. En effet, malgré tous les dangers auxquels ils sont exposés et la potentialité des erreurs humaines, des accidents graves surviennent rarement. Cependant, comme le prône la culture de la sécurité (ICAO, 2018), nous pensons qu'il est nécessaire dans une démarche proactive, de ne pas attendre que le mécanicien ait expérimenté lui-même le risque pour implémenter de nouvelles mesures. C'est pourquoi, il faut lui permettre d'acquérir, en dehors du cadre opérationnel, une certaine expérience du risque qui n'est pas focalisée uniquement sur un type de conséquence. En effet, afin de ne pas conditionner le mécanicien sur un type de scénario précis, il est important que l'expérience du risque soit la plus diversifiée possible. Cela pourrait s'effectuer à l'aide d'outils numériques comme ceux associés à la réalité virtuelle afin de simuler des situations à risque sans impacts réels sur la santé ou la navigabilité de l'avion. Dans le cas où la simulation ne serait pas possible, une communication efficace pourrait permettre d'atteindre ces mêmes objectifs.

Pour conclure, nous avons identifié quatre notions qui, de notre point de vue, sont cruciales à considérer pour l'étude de la perception des risques : 1) Les caractéristiques du risque qui conditionnent la manière dont la perception des risques peut être mesurée, 2) Les caractéristiques intrinsèques des dangers qui conditionnent les potentielles conséquences des risques, 3) Les mécaniciens qui à travers les connaissances et le vécu ont une perception des risques plus ou moins représentative de la réalité et 4) le contexte opérationnel qui rend les risques et les potentiels impacts fluctuants.

Cependant, le contexte opérationnel dépasse le simple respect des mesures de sécurité, il comprend aussi tout le contexte environnemental, organisationnel, culturel, etc. Dans notre étude, nous avons essayé de contrôler l'effet du contexte en indiquant aux mécaniciens de considérer une situation optimale (pas de fatigue, pas de pression temporelle, météo parfaite). Cependant, les verbatims nous indiquent que nous n'avons pas considéré tous les éléments contextuels qui ont eu pour impact de modifier leur perception des risques (respect des mesures de sécurité, redondance des systèmes de l'avion, objets manipulés, etc.). Ainsi, il serait pertinent que des recherches complémentaires étudient l'impact de ces différentes variables qui caractérisent l'activité de maintenance sur la perception des risques des mécaniciens. De plus, une des principales limites de notre étude concerne le faible nombre de risques pour lesquels des effets ont été détectés. De ce fait, ces résultats sont à considérer avec

prudence et que d'autres variables pourraient expliquer une plus grande part de la variance de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques.

9.3. Q3 : Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?

Cette question de recherche provient de l'identification d'une distinction faite par le cadre réglementaire entre les aspects de sécurité au travail, et de navigabilité de l'avion (cf. p 171). Ainsi, nous avons souhaité déterminer si les mécaniciens percevaient les risques de la même manière concernant ceux qui ont un impact sur leur santé et ceux qui ont un impact sur la navigabilité de l'avion.

Au cours de notre analyse descriptive et globale (cf. 7.1 Analyse globale), nous avons mentionné que la proportion de réponses "*Très improbable*", "*Extrême sévérité*" et "*Immédiats*" était plus importante pour le type de risque "Santé" que pour le type de risque "Navigabilité". Par ailleurs, la proportion de réponses sur les points "*Très probable*" et "*À court terme*" était plus importante pour le type de risque "Navigabilité" que pour le type de risque "Santé" (respectivement +6% et +22%).

En d'autres termes, les mécaniciens auraient une tendance à indiquer qu'il est moins probable qu'ils se blessent plutôt qu'une de leur action impacte la navigabilité de l'avion. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que depuis les années 90 les mécaniciens sont formés et sensibilisés quotidiennement à l'impact des erreurs humaines sur la sécurité des vols. De plus, ce résultat pourrait être expliqué par un sentiment de contrôle plus important en ce qui concerne l'impact des risques sur leur santé que l'impact des erreurs humaines ou d'une action sur la navigabilité de l'avion. En effet, en cas d'utilisation d'un produit à risque, les mécaniciens doivent respecter les mesures de sécurité qui vont limiter leur exposition. Alors que dans le cas d'une erreur, celle-ci peut ne pas être détectée, ce qui rend son impact moins contrôlable. Cela pourrait amener les mécaniciens à considérer comme plus probable l'impact d'une de leur action sur la navigabilité de l'avion.

Nos résultats nous indiquent également que les mécaniciens ont tendance à associer les risques avec des scénarios dont les conséquences sont plus sévères pour le type de risque "Santé" que le type de risque "Navigabilité" (cf. Figure 80, p. 194). Alors que les mécaniciens considèrent plus probable l'impact sur la navigabilité de l'avion (cf. Figure 79, p. 193). Tout d'abord, ces résultats montrent que, suivant la caractéristique du risque (probabilité et sévérité), les différences peuvent être opposées. De plus, il existe une certaine latence avant que les conséquences d'une action (erreur) ne soient visibles sur la sécurité du vol (Hobbs, 2021). Dans ce laps de temps, l'avion aura fait plusieurs heures de vol et d'autres opérations de maintenance auront été effectuées. Ainsi, au-delà des 72h réglementaires de la déclaration (EASA, 2014), il est difficile de remonter toute la chaîne des opérations de maintenance

impliquées. Alors que concernant les conséquences sur la santé, celles-ci sont plus perceptibles car vécues par les mécaniciens eux-mêmes (ou leurs collègues). Ainsi, il est possible que, au quotidien, les mécaniciens expérimentent plus fréquemment des conséquences impactant leur santé plutôt que la navigabilité de l'avion. Cela expliquerait une perception des risques plus sévères et plus immédiates dans le premier cas.

Constat

- Les conséquences sur la santé ou la navigabilité de l'avion peuvent ne pas être connues des mécaniciens.

Recommandation

- Faciliter les rapports et la communication des accidents/incidents au sein d'une entreprise en suivant les fondamentaux de l'implémentation de la culture de la sécurité dictée par l'ICAO (2018).

Concernant la **perception de l'immédiateté**, nous avons montré que les risques de type "Santé" sont plutôt associés à des conséquences "Immédiates" et les risques de type "Navigabilité" à des conséquences "À court terme". Pour rappel, la navigabilité de l'avion est définie comme "l'aptitude d'un aéronef à voler en sécurité, vis-à-vis de ses occupants, des autres aéronefs et des personnes survolées"⁶. Ainsi, les risques qui peuvent avoir un impact sur la navigabilité sont plus à même d'être associés à des conséquences qui apparaissent lorsque que l'avion est en opération. En effet, pour assurer la sécurité, les mécaniciens travaillent avec des systèmes qui ne sont pas nécessairement en fonctionnement et coupent toute source d'énergie (non vrai lors de la réalisation de tests). Dans ce cas, lors de l'installation d'un équipement, les mécaniciens ne seront pas nécessairement à même d'avoir des retours immédiats concernant l'impact d'une action effectuée. Cela explique que les erreurs en maintenance aéronautique peuvent être latentes (Hobbs, 2008) et peuvent être découvertes parfois plusieurs jours ou semaines après la réalisation d'une action de maintenance.

Concernant la santé des mécaniciens, certains produits chimiques, la manipulation d'objets coupants, le travail en hauteur, etc. sont principalement associés à des conséquences immédiates (cf. 7.3.3 Perception de l'immédiateté, p. 214). Les conséquences à long terme (i.e. maladie professionnelle) sont associées à une exposition répétée à un danger et peuvent ne jamais survenir. En effet, une maladie professionnelle est définie comme étant "la conséquence de l'exposition plus ou moins prolongée à un risque qui existe lors de l'exercice habituel de la profession"⁷. De plus, la présence des mesures de sécurité permet au quotidien de réduire cette exposition et donc l'apparition de maladies

⁶ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/navigabilite-aeronefs-principes-generaux>

⁷ <https://www.ameli.fr/haute-garonne/assure/droits-demarches/maladie-accident-hospitalisation/maladie-professionnelle/maladie-professionnelle>

professionnelles. Ce qui pourrait justifier que les mécaniciens considèrent plus les conséquences comme ayant des impacts immédiats plutôt qu'à long terme.

Au cours de l'analyse par tâche, nous avons montré que la différence entre les types de risque "Santé" et "Navigabilité" ne semble pas être systématiquement vraie et peut être opposée suivant la tâche de maintenance (cf. 7.2 Analyse par tâche, p. 197). En d'autres termes, au-delà du type de risque, il apparaît que la perception des risques est surtout impactée par le danger associé (ses caractéristiques et les conséquences). Par exemple, la tâche "Oxygène" est composée d'un seul risque de type "Navigabilité" qui est : "Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille" et qui est perçue par la plupart des mécaniciens comme ayant un impact "Probable" associé à une "Très forte sévérité". Plus précisément, cette bouteille est utilisée par les pilotes dans le cas où la quantité d'oxygène présente dans la cabine n'est plus suffisante. Si la bouteille n'est pas complètement ouverte, le risque est que le pilote n'obtienne pas la quantité d'oxygène dont il a besoin. Ainsi, même si c'est une situation rare, celle-ci peut vite devenir catastrophique (perte de connaissance du pilote qui pourrait aboutir à un accident, donc à la perte de l'avion). Concernant le type de risque "Santé", le risque "Avoir les mains sales" est perçue en moyenne comme ayant un impact "Probable" associé à une "Très forte sévérité" (comme le risque de type "Navigabilité"). Plus précisément, la manipulation d'oxygène nécessite d'avoir les outils, les mains et les vêtements propres et surtout sans graisse car si une fuite est détectée, la réaction entre la graisse et l'oxygène peut générer une explosion. De ce fait, ces résultats montrent que deux risques de types différents peuvent être perçus de la même manière du fait des caractéristiques intrinsèques du danger.

Nous avons observé que, pour une même variable explicative, les effets varient en fonction du type de risque. En d'autres termes, les effets seraient plutôt dépendants des caractéristiques des dangers associés. Cependant, nous avons mis en évidence plus de résultats significatifs en ce qui concerne les risques de type "Santé" qu'en ce qui concerne les risques de type "Navigabilité". Cela pourrait signifier que les variables que nous avons considérées dans notre étude ne sont pas celles qui expliquent le plus la variance de la perception des risques de type "Navigabilité". Ce résultat peut paraître surprenant car des variables comme la certification ou bien la formation des mécaniciens sont réglementées par l'EASA et ont pour objectif premier de s'assurer que le mécanicien a la capacité de maintenir la navigabilité de l'avion en complète autonomie. Dans ce sens, nous aurions pu nous attendre à ce que l'effet de ces variables soit plus important pour les risques de type "Navigabilité". Cependant, des résultats opposés ont été identifiés qui pourraient s'expliquer par l'obtention de connaissances et compétences liées à la pratique des mécaniciens dans des environnements de maintenance variés. Par ce biais, le mécanicien aura la possibilité d'expérimenter les risques et surtout sera sensibilisé à la culture de la sécurité par le biais notamment de ses superviseurs. Ainsi, l'environnement dans lequel

le mécanicien évolue et notamment le contexte socio-culturel influencera très certainement sa perception des risques, comme le soulignent certains auteurs (Zohar, 1980 ; Mearns et al., 1999 ; Guldenmund, 2000 ; Flin et al., 2000).

Constat

- La perception des risques semble être impactée par les caractéristiques des dangers associées plutôt que par le type de risque.

Recommandation

- Les mécaniciens doivent être en mesure de connaître les raisons pour lesquelles un objet/une situation est dangereux peu importe le type/la catégorie de danger.

9.3.1. Conclusion et recommandations concernant Q3

Il n'y a pas de réponse évidente à la question de recherche "Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et ceux qui impactent la navigabilité de l'avion ?". En effet, malgré la distinction faite par la réglementation, il n'est pas supposé exister de différence entre la perception des risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens et sur la navigabilité de l'avion. Les résultats nous indiquent que les différences ne sont pas systématiques et qu'elles seraient plus associées aux caractéristiques des dangers (et des conséquences associées) plutôt qu'au type de risque. Également, nous avons souligné l'importance de considérer le contexte opérationnel qui, à travers les mesures de sécurité et le vécu du mécanicien, peut avoir un impact sur la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. Concernant la variance expliquée, nous avons identifié plus de résultats significatifs pour les risques de type "Santé", qui pourraient traduire que d'autres variables expliquent une plus grande part de la variance de la perception des risques de type "Navigabilité". Ainsi, la distinction entre les deux types de risque n'est pas nécessairement pertinente pour l'étude de la perception des risques des mécaniciens aéronautiques. En effet, nous pensons que, indépendamment du type de risque, les mécaniciens doivent être en capacité de simuler des scénarios probables les plus représentatifs de réalité de l'activité et qui prend en compte les spécificités du contexte opérationnel.

Conclusion générale et ouverture

L'initiative de notre projet de thèse provient du constat suivant : la sécurité dans le domaine de la maintenance aéronautique est principalement considérée du point de vue "réglée"⁸ et non "gérée"⁹. En effet, de nombreuses réglementations et mesures de sécurité établies et nécessaires permettent d'assurer la sécurité des mécaniciens et des vols durant les opérations de maintenance. Cependant, peu d'informations sont disponibles et permettent de comprendre la manière dont les mécaniciens gèrent les risques au quotidien. Pour ces raisons, nous avons fait le choix d'étudier la perception des risques en considérant de trois questions de recherches :

- Comment les mécaniciens aéronautiques perçoivent les risques en prenant en considération les trois caractéristiques : probabilité, sévérité, immédiateté ? L'objectif était d'apporter des réponses quant aux processus cognitifs sous-jacents et aux données utilisées par les mécaniciens pour les trois caractéristiques du risque.
- Quels sont les facteurs qui expliquent le plus la variance de la perception du risque ? L'objectif était d'identifier et de comprendre les raisons pour lesquelles les facteurs impactent la perception des risques des mécaniciens.
- Existe-t-il une différence entre la perception des risques qui impactent la santé des mécaniciens et celle qui impactent la navigabilité de l'avion ? L'objectif était d'identifier si la perception des risques différait suivant le type de risque ("Santé" ou "Navigabilité").

Les processus de gestion de la sécurité tels que décrit par l'ICAO nous apprennent que l'identification des dangers est la première étape sans laquelle l'analyse des risques ne peut être effectuée. Pour ce faire, la première partie de ce mémoire a consisté en la réalisation d'une taxonomie des dangers qui nous a permis de souligner l'impact de la conception de l'avion sur les risques présents durant les activités de maintenance. Plus précisément, la réalisation d'une taxonomie des dangers nous a permis de mettre en avant que :

1. Les mécaniciens et ingénieurs partagent une certaine représentation commune du danger. Cela signifie que les deux populations sont globalement en accord concernant les dangers présents lors des activités de maintenance et la manière de les catégoriser. Cela, malgré les différences de formation et de métier. Cependant, cela ne signifie pas que les deux populations ont une perception des risques commune. En effet, ce n'est pas parce que les mécaniciens et

⁸ La sécurité réglée permet "d'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).

⁹ La sécurité gérée est la "capacité d'anticiper, de percevoir et de répondre aux défaillances imprévues par l'organisation. Elle 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." (Daniellou et al., 2010)

les ingénieurs sont en accord sur les dangers présents lors des activités qu'ils vont percevoir les risques de la même façon.

2. La distinction entre un danger et un risque n'est pas évidente pour certains participants. De notre point de vue, nous pensons que pour être en mesure de percevoir les risques le plus justement possible, les mécaniciens doivent avoir une représentation claire des notions de danger et de risque. Également, nous pensons que cette confusion est à l'origine d'une mauvaise considération de l'impact des mesures de sécurité. En effet, les mesures de sécurité implémentées peuvent être perçues par les mécaniciens comme supprimant le danger. De ce fait, les mécaniciens doivent comprendre l'impact réel des mesures de sécurité et des interactions avec les dangers et les risques. Ce travail pourra s'effectuer au travers de la formation initiale et la formation continue des mécaniciens. Également, une communication efficace des risques, au travers de la procédure et de la documentation de maintenance, doit permettre aux mécaniciens d'identifier précisément chaque notion.

La deuxième partie a consisté en l'étude de la perception des risques par les mécaniciens aéronautiques. Pour ce faire, nous avons construit un modèle qui considère la perception des risques comme étant une combinaison de la **probabilité** d'impact du risque, de la **sévérité** et de l'**immédiateté** des conséquences associées. Les six facteurs d'influence considérés étaient : "*l'expérience du risque*", "*les connaissances*", "*la formation*", "*l'expertise*", "*l'activité entreprise*" et "*l'exposition au danger*". Dans ce cadre, l'étude de la première question de recherche nous a permis de conclure que les mécaniciens aéronautiques considèrent les trois caractéristiques du risque globalement indépendantes les unes des autres. Ainsi, nous pensons que lorsque des informations sur un risque sont communiquées, il est important d'en préciser séparément les conséquences associées en ce qui concerne la probabilité d'impact, la sévérité et l'immédiateté. Afin que le mécanicien ait la capacité d'avoir une conscience des risques complète, il doit également en maîtriser l'impact sur sa santé ou la navigabilité de l'avion. De plus, les actions de communication ne doivent pas aboutir à conditionner le mécanicien en le focalisant sur un type de scénario précis (que ce soit optimiste ou pessimiste) mais être le plus représentatif de la diversité des réalités associées aux risques. C'est pourquoi nous pensons que les actions de communications doivent présenter la diversité des conséquences potentielles (par exemple, immédiates ou à très long terme ; ou bien une sévérité mineure ou extrême). De plus, il est évident que la communication à propos des "barrières" de sécurité à respecter est nécessaire pour que le mécanicien soit en mesure de savoir comment réduire les risques pour sa santé ou pour la navigabilité de l'avion.

À travers l'étude de la deuxième et troisième question de recherche, nous avons montré que les facteurs que nous avons considérés ne sont pas nécessairement ceux qui contribuent le plus à la perception des risques par les mécaniciens. Cela signifie qu'en dehors de notre modèle, d'autres variables pourraient expliquer une part significative de la perception des risques. Malgré cela, nous avons souligné l'impact de trois ensembles de facteurs sur la perception des risques : les caractéristiques intrinsèques d'un danger ; les connaissances et le vécu du mécanicien ; et le contexte opérationnel. Plus précisément, nous avons montré qu'en-dehors du type de risque ("Santé" ou "Navigabilité"), ce sont les caractéristiques intrinsèques d'un danger qui vont impacter la perception des risques associés. Par exemple, deux produits chimiques considérés comme toxiques peuvent être associés à une perception des risques différente si l'un est composé d'un élément qui ne provoque que des irritations mineures alors que l'autre peut provoquer des brûlures importantes. Concernant les connaissances, nous avons montré que les mécaniciens perçoivent les risques en fonction de ce qu'ils savent concernant les caractéristiques des dangers, les mesures de sécurité à suivre et le contexte opérationnel. De ce fait, nous pensons que pour avoir une conscience du risque optimale, le mécanicien doit avoir la capacité d'énumérer les raisons pour lesquelles un élément ou une situation serait source de danger, les mesures pour réduire les risques et les conséquences sur sa santé ou la navigabilité de l'avion. En fonction du contexte opérationnel, il doit aussi avoir la capacité de comprendre ce qui peut aggraver le risque, malgré le respect des mesures de sécurité. Nous pensons que pour la capture de ces informations contextuelles, la méthode la plus pertinente serait d'effectuer des analyses de l'activité complétées par des interviews avec les mécaniciens. Cependant, tous les dangers peuvent ne pas être connus par les mécaniciens surtout quand ceux-ci sont nouveaux dans cette spécialité. Ainsi, les éléments d'informations concernant les risques doivent être communiqués/actualisés régulièrement afin que les mécaniciens en aient une perception la plus complète possible. Grâce à cette communication, les mécaniciens auraient la capacité d'identifier les dangers, les risques associés, les mesures de sécurité à utiliser/prendre en compte et les facteurs qui peuvent en aggraver les risques.

En ce qui concerne l'expérience du mécanicien, nous avons démontré que la perception du risque varie en fonction de la manière dont il est vécu. Ainsi, sur la base de son expérience personnelle, le mécanicien sélectionne un nombre restreint de scénarios qui lui permet de percevoir et d'identifier une partie des risques seulement. En d'autres termes, sa perception des risques n'est pas fautive, mais elle n'est pas représentative de la diversité des conséquences. De ce fait, afin que le mécanicien ait une perception complète des risques, il doit être conscient que son expérience personnelle ne lui permet d'accéder qu'à une partie de la réalité. De ce fait, il doit augmenter ses connaissances pour être en mesure de se projeter sur des scénarios diversifiés pour un même risque.

Pour conclure, ce travail nous a amené à montrer l'intérêt de l'étude de la perception des risques pour identifier la manière dont les mécaniciens gèrent leur activité au quotidien. Nous pensons que l'un des défis majeurs sera de faire en sorte que les mécaniciens partagent une même perception des risques et qu'elle soit représentative de la réalité de l'activité. Pour ce faire, nous suggérons que les mécaniciens puissent acquérir la capacité de se projeter sur des scénarios les plus diversifiés possibles afin de ne pas se limiter à l'identification d'un type de conséquence. Il est donc indispensable que la communication et la formation puissent leur fournir ces informations/connaissances variées. Remarquons que la perception des risques est un processus évolutif qui peut être ajusté tout au long de la carrière du mécanicien. Dans ce sens, nous pensons que ce qui impacte un mécanicien qui sort d'école est différent de ce qui impacte le mécanicien expert. Soulignant ainsi l'importance de l'adaptation de la communication et de la formation au profil des mécaniciens. En ce sens, il serait pertinent que des recherches ultérieures s'intéressent aux facteurs qui impactent la perception des risques aux étapes clés de la carrière du mécanicien.

Bibliographie

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Albakkoush, S., Pagone, E., & Salonitis, K. (2020). An approach to airline MRO operators planning and scheduling during aircraft line maintenance checks using discrete event simulation. *Procedia Manufacturing*, 54, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.024>
- Amalberti, R. (2013). Piloter la sécurité. <https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0369-2>
- Asadi, H., Yu, D., & Mott, J. H. (2019). Risk factors for musculoskeletal injuries in airline maintenance, repair & overhaul. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70(January), 107–115.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.008>
- Atak, A., & Kingma, S. (2011). Safety culture in an aircraft maintenance organisation: A view from the inside. *Safety Science*, 49(2), 268–278. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.08.007>
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Arezes, P. M., & Miguel, A. S. (2008). Risk perception and safety behaviour: A study in an occupational environment. *Safety Science*, 46(6), 900–907.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.11.008>
- Barnett, J., & Breakwell, G. M. (2001). Risk perception and experience: Hazard personality profiles and individual differences. *Risk Analysis*, 21(1). <https://doi.org/10.1111/0272-4332.211099>
- Baron, R. I., Lacivita, L., Schneider, S., House, G., & School, H. A. (2008). *MEASURING SAFETY CLIMATE AT AN AIRCRAFT MAINTENANCE FACILITY: CAN TRAINING CHANGE ATTITUDES?*
- Basu, S. (2017). Qualitative Hazard Analysis. In *Plant Hazard Analysis and Safety Instrumentation Systems*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803763-8.00003-0>
- Bernard, F., Zare, M., Paquin, R., & Sagot, J.-C. (2023). A new approach for human factors integration into design for maintenance: a case study in the aviation industry. In *Int. J. Human Factors and Ergonomics* (Vol. 10, Issue 2).
- Bernard, F., Zare, M., Sagot, J. C., & Paquin, R. (2020). Using Digital and Physical Simulation to Focus on Human Factors and Ergonomics in Aviation Maintainability. *Human Factors*, 62(1), 37–54.
<https://doi.org/10.1177/0018720819861496>
- Bernard, F., Zare, M., Sagot, J.-C., & Paquin, R. (2018). *Virtual reality simulation and ergonomics assessment in aviation maintainability*.
- Bohm, J., & Harris, D. (2010). Risk perception and risk-taking behavior of construction site dumper drivers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(1), 55–67.
<https://doi.org/10.1080/10803548.2010.11076829>

- Boholm, Å. (1996). Risk perception and social anthropology: Critique of cultural theory. *Ethnos*, 61(1–2), 64–84. <https://doi.org/10.1080/00141844.1996.9981528>
- Bonnet, C. (2014). Les trois étapes de la perception. In *Le cerveau et la pensée*. <https://doi.org/10.3917/sh.dorti.2014.01.0213>
- Bouyer, M., Bagdassarian, S., Chaabanne, S., & Mullet, E. (2001). Personality correlates of risk perception. *Risk Analysis*, 21(3). <https://doi.org/10.1111/0272-4332.213125>
- Breakwell, G. M. (2014). *The Psychology of Risk*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139061933>
- Buchmüller, K., Bearth, A., & Siegrist, M. (2020). Consumers' perceptions of chemical household products and the associated risks. *Food and Chemical Toxicology*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111511>
- Butler, G., & Mathews, A. (1987). Anticipatory anxiety and risk perception. *Cognitive Therapy and Research*, 11(5), 551–565. <https://doi.org/10.1007/BF01183858>
- Burton, I., Kates, R.W., White, G.F., 1993. *The Environment as Hazard*, Second ed. Guilford, New York.
- Camille Murie. *Articuler Sécurité Régulée et Sécurité Gérée dans les compromis en conception : Une approche croisée du travail de concepteurs et de mécaniciens pour une maintenance aéronautique sûre*. Sciences de l'Homme et Société. HESAM UNIVERSITE, 2022. Français. NNT : Tel-03971958v1
- Cahyo, B. D., Nurlaela, L., & Sumbawati, M. S. (2020). *The Relationship Problem Solving Skills to Critical Thinking Skills in Aircraft Maintenance: A Conceptual Study*.
- Cembalo, L., & Verneau, F. (2009). *How to Improve Risk Perception Evaluation in Food Safety: A Psychometric Approach Disgust towards edible insects View project Insects Special Issue on "Edible Insects and Global Food Security" View project*. <https://www.researchgate.net/publication/46472495>
- Chang, Y. H., & Wang, Y. C. (2010). Significant human risk factors in aircraft maintenance technicians. *Safety Science*, 48(1), 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.05.004>
- Chapitre 1er : Obligations de l'employeur. (Articles L4121-1 à L4121-5) - Légifrance*. (2024). <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006178066>
- Chen, A., Golparvar-Fard, M., & Kleiner, B. (2013). Design and development of SAVES: A construction safety training augmented virtuality environment for hazard recognition and severity identification. *Computing in Civil Engineering - Proceedings of the 2013 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1061/9780784413029.105>
- Cheng, H., Ye, Q., & Liang, J. (2022). A Review: The Safety Risk Perception of the Workplace. *Economics & Management Information*. <https://doi.org/10.58195/emi.v1i1.19>
- Chevron phillips chemical company. (2021). *Safety data sheet (MIL-T-5624)*. www.CPChem.com

- Chionis, D., & Karanikas, N. (2018). Differences in Risk Perception Factors and Behaviours amongst and within Professionals and Trainees in the Aviation Engineering Domain. *Aerospace*, 5(2), 62. <https://doi.org/10.3390/aerospace5020062>
- Dake, K. (1991). Orienting Dispositions in the Perception of Risk: An Analysis of Contemporary Worldviews and Cultural Biases. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 22(1).
- Daniellou, F., Simard, M., & Boissière, I. (2010). *LES CAHIERS DE LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE*. <https://www.FonCSI.org/>
- Dalkilic, S. (2017). Improving aircraft safety and reliability by aircraft maintenance technician training. *Engineering Failure Analysis*, 82, 687–694. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.06.008>
- De Groot, J. I. M., & Steg, L. (2007). Value orientations and environmental beliefs in five countries: Validity of an instrument to measure egoistic, altruistic and biospheric value orientations. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 38(3), 318–332. <https://doi.org/10.1177/0022022107300278>
- Deery, H. A. (1999). Hazard and Risk Perception among Young Novice Drivers. *Journal of Safety Research*, 30(4), 225–236. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(99)00018-3)
- Farinas Diaz, Y., & Resnick, M. L. (2000). A Model To Predict Employee Compliance with Employee Corporate Safety Regulations Factoring Risk Perception. Congress.
- Dobbie, M. F., & Brown, R. R. (2014). A framework for understanding risk perception, explored from the perspective of the water practitioner. *Risk Analysis*, 34(2). <https://doi.org/10.1111/risa.12100>
- Douglas, M. (1970). *Natural Symbols: explorations in cosmology*. New York: Pantheon Books.
- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1983). *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. University of California Press.
- Dunwoody, S., & Neuwirth, K. (1991). Coming to Terms with the Impact of Communication on Scientific and Technological Risk Judgements. *Risky Business: Communicating Issues of Science, Risk, and Public Policy*, January 2016, 11–30.
- Dyèvre, A. (2015). Renseignement, facteur humain et biais cognitifs. *Revue Défense Nationale*, 776, 80-86. <https://doi.org/10.3917/rdna.776.0080>
- EASA. (2015). *Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex II(PART-145) to Regulation (EU) No1321/20141*.
- EASA. (2014). *EU No 376/2014*.
- EASA. (2008). *Maintenance Organisation Approvals Part-145 General Course*.
- EASA. (2007). *CS-25_Amdt 3_19.09.07_Consolidated version*.
- Évaluation des risques professionnels - Démarches de prévention - INRS. (2023). <https://www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels/ce-qu-il-faut-retenir.html>
- Ferrer, R. A., Klein, W. M. P., Persoskie, A., Avishai-Yitshak, A., & Sheeran, P. (2016). The Tripartite Model of Risk Perception (TRIRISK): Distinguishing Deliberative, Affective, and Experiential

- Components of Perceived Risk. *Annals of Behavioral Medicine*, 50(5).
<https://doi.org/10.1007/s12160-016-9790-z>
- Fischhoff, B., & Broomell, S. B. (2020). Judgment and decision making. In *Annual Review of Psychology* (Vol. 71). <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010419-050747>
- Finucane, M. L., Slovic, P., Mertz, C. K., Flynn, J., & Satterfield, T. A. (2000). Gender, race, and perceived risk: The “white male” effect. *Health, Risk and Society*, 2(2).
<https://doi.org/10.1080/713670162>
- Fischhoff, B., Watson, S. R., & Hope, C. (1984). Defining Risk. In *Policy Sciences* (Vol. 17).
- Fischhoff, B. (1981). *Acceptable risk*. Cambridge University Press.
- Fishman, J., Yang, C., & Mandell, D. (2021). Attitude theory and measurement in implementation science: a secondary review of empirical studies and opportunities for advancement. *Implementation Science*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13012-021-01153-9>
- Fleming, M., Harvey, K., & Cregan, B. (2018). Safety culture research and practice: A review of 30 years of research collaboration. *Journal of Applied Biobehavioral Research*, 23(4).
<https://doi.org/10.1111/jabr.12155>
- Flin, R., Mearns, K., O'Connor, P., & Bryden, R. (2000). Measuring safety climate: Identifying the common features. *Safety Science*, 34(1–3), 177–192. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00012-6)
- Fyhri, A., & Backer-Grondahl, A. (2012). Personality and risk perception in transport. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 470–475. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.03.017>
- Gerede, E. (2015). A study of challenges to the success of the safety management system in aircraft maintenance organizations in Turkey. *Safety Science*, 73, 106–116.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.013>
- Gharib, S., Martin, B., & Neitzel, R. L. (2021). Pilot assessment of occupational safety and health of workers in an aircraft maintenance facility. *Safety Science*, 141.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105299>
- Guldenmund, F. W. (2000). *The nature of safety culture: a review of theory and research*.
www.elsevier.com/locate/ssci
- Goldberg, L. R. (1990). An Alternative “Description of Personality”: The Big-Five Factor Structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6). <https://doi.org/10.1037/0022-3514.59.6.1216>
- Hancock, P. A., Kaplan, A. D., MacArthur, K. R., & Szalma, J. L. (2020). How effective are warnings? A meta-analysis. *Safety Science*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104876>
- Hayakawa, H., Fischbeck, P. S., & Fischhoff, B. (2000). Automobile risk perceptions and insurance-purchasing decisions in Japan and the united states. *Journal of Risk Research*, 3(1), 51–67.
<https://doi.org/10.1080/136698700376707>

- Herimanana Zafiharimalala. Étude ergonomique pour la consultation sur écran de petite taille de la documentation de maintenance aéronautique. Psychologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2011. Français. ffNNT : 2011TOU20013ff. fftel-00630541f
- Hobbs, A. (2021). Aircraft Maintenance and Inspection. *International Encyclopedia of Transportation*, June, 25–33. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102671-7.10103-4>
- Hobbs, A. (2008). An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance. Analysis, December. <http://www.atsb.gov.au/publications/2008/AR2008055.aspx>
- Hobbs, A., & Williamson, A. (2003). Associations between errors and contributing factors in aircraft maintenance. *Human Factors*, 45(2), 186–201. <https://doi.org/10.1518/hfes.45.2.186.27244>
- Høj, N. P., & Kröger, W. K. (2002). *Risk analyses of transportation on road and railway from a European Perspective*. www.elsevier.com/locate/ssci
- Hollnagel, E. (2014). Safety-I and Safety-II : The Past and Future of Safety Management. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB16042587>
- Hollnagel, E. (2008). Risk + barriers = safety? *Safety Science*, 46(2), 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.028>
- ICAO. (2018). Safety Management Manual.
- ICAO. (2016). Annex 19 - Safety Management.
- ICAO. (2012). Safety Management Manual (SMM). In *Organization* (Vol. 2012, Issue Third Edition). http://www.icao.int/fsix/Library/SMM-9859_1ed_en.pdf
- ICAO. (2005). *Annex 8 - Airworthiness of Aircraft*. <http://www.icao.int>
- INRS. (2018). *La formation à la sécurité Obligations réglementaires et recommandations*.
- INRS. (2022). *Santé et sécurité au travail*. <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil30>
- Jaiswal, K., Dalkilic, S., Papageorgiou, E., & Singh, B. (2020). Aviation MRO: Impact of physical environment factors on job performance in aircraft maintenance organization. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(6), 148–154. <https://doi.org/10.25046/aj050617>
- Kalteh, H. O., Mortazavi, S. B., Mohammadi, E., & Salesi, M. (2021). The relationship between safety culture and safety climate and safety performance: a systematic review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(1), 206–216. <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1556976>
- Keren, G., & Roelofsma, P. (1995). Immediacy and certainty in intertemporal choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 63(3), 287–297. <https://doi.org/10.1006/obhd.1995.1080>
- Faris Khamidi, M., & John, K. v. (2011). *Critical Review of a Risk Assessment Method and its Applications*.

- Kollmann, J., Benyamini, Y., Lages, N. C., & Renner, B. (2022). The Role of Personal Risk Experience— An Investigation of Health and Terrorism Risk Perception in Germany and Israel. *Risk Analysis*, 42(4), 818–829. <https://doi.org/10.1111/risa.13804>
- Kouabenan, Dongo & Cadet, Bernard & Hermand, Danièle & Sastre, Maria. (2006). Psychologie du risque: Identifier, évaluer, prévenir.
- Knezevic, J. (2021). *Design Impact on Human Error in Maintenance*. <https://www.researchgate.net/publication/356504619>
- Kummeneje, A. M., & Rundmo, T. (2020). Attitudes, risk perception and risk-taking behaviour among regular cyclists in Norway. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 69, 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.01.007>
- Kummeneje, A. M., & Rundmo, T. (2018). Subjective assessment of risk among urban work travel cyclists. *Safety and Reliability - Safe Societies in a Changing World - Proceedings of the 28th International European Safety and Reliability Conference, ESREL 2018*, 459–466. <https://doi.org/10.1201/9781351174664-57>
- L'assurance maladie. (2019). NAF3316Z - Réparation et maintenance d'aéronefs et d'engins spatiaux.
- L'assurance maladie. (2022). *Les chutes au travail : nouvel éclairage statistique et actions de prévention*.
- Le, T. H., & Arcodia, C. (2018). Risk perceptions on cruise ships among young people: Concepts, approaches and directions. *International Journal of Hospitality Management*, 69(September 2017), 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.09.016>
- Lee, J., & Mitici, M. (2020). An integrated assessment of safety and efficiency of aircraft maintenance strategies using agent-based modelling and stochastic Petri nets. *Reliability Engineering and System Safety*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107052>
- Leiserowitz, A. (2006). Climate change risk perception and policy preferences: The role of affect, imagery, and values. *Climatic Change*, 77(1–2). <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9059-9>
- Leplat, J., & Cuny, X. (1977). Introduction à la psychologie du travail. Paris : Presses Universitaires de France.
- Leplat, J. (2011). *Mélanges ergonomiques : activité, compétence, erreur*. Toulouse: Octarès
- Lerner, J. S., Gonzalez, R. M., Small, D. A., & Fischhoff, B. (2003). Effects of fear and anger on perceived risks of terrorism: A national field experiment. *Psychological Science*, 14(2), 144–150. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.01433>
- Lerner, J. S., & Keltner, D. (2001). Fear, Anger, and Risk. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81(1), 146–159. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.81.1.146>
- Lewis, K. M., & Hepburn, P. (2010). Open card sorting and factor analysis: A usability case study. *Electronic Library*, 28(3), 401–416. <https://doi.org/10.1108/02640471011051981>

- Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, B., Layman, M., & Combs, B. (1978). Judged frequency of lethal events. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4(6).
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.551>
- Loewenstein, G., & Lerner, J. (2003). The role of affect in decision making. In D. R. J., S. K. R., & G. H. H (Eds.), *Handbook of affective sciences* (Vol. 202, pp. 619–642). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62604-2.00003-4>
- Man, S. S., Chan, A. H. S., & Wong, H. M. (2017). Risk-taking behaviors of Hong Kong construction workers – A thematic study. *Safety Science*, 98, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.05.004>
- Marais, K. B., & Robichaud, M. R. (2012). Analysis of trends in aviation maintenance risk: An empirical approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 106.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2012.06.003>
- Marshall, T. M. (2020). Risk perception and safety culture: Tools for improving the implementation of disaster risk reduction strategies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101557.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101557>
- Martínez-Fiestas, M., Rodríguez-Garzón, I., & Delgado-Padial, A. (2020). Firefighter perception of risk: A multinational analysis. *Safety Science*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104545>
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (2008). The Five Factor Theory of personality. In *Handbook of Personality*.
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1997). Personality Trait Structure as a Human Universal. *American Psychologist*, 52(5). <https://doi.org/10.1037/0003-066X.52.5.509>
- Mearns, K. J., & Flin, R. (1999). Assessing the state of organizational safety - Culture or climate? *Current Psychology*, 18(1). <https://doi.org/10.1007/s12144-999-1013-3>
- Miller, M. K., & Garrett, S. K. (2010). Investigating mechanic injuries during aircraft maintenance using human error frameworks. *IIE Annual Conference and Expo 2010 Proceedings*.
- Namian, M., Albert, A., Zuluaga, C. M., & Behm, M. (2016). Role of Safety Training: Impact on Hazard Recognition and Safety Risk Perception. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(12), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001198](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001198)
- Navigabilité des aéronefs : principes généraux | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires.* (2018). Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/navigabilite-aeronefs-principes-generaux>
- Nawaz, A. (2012). *A Comparison of Card-sorting Analysis Methods*.
<https://www.researchgate.net/publication/283614938>
- Naweed, A., & Kourousis, K. I. (2020). Winging it: Key issues and perceptions around regulation and practice of aircraft maintenance in Australian general aviation. *Aerospace*, 7(6).
<https://doi.org/10.3390/AEROSPACE7060084>

- Necula, F., & Zaharia, S.-E. (2015). CAPTURING HAZARDS AND ERADICATING HUMAN ERRORS IN AIRCRAFT MAINTENANCE. *Review of the Air Force Academy*, 13(3), 155–160.
<https://doi.org/10.19062/1842-9238.2015.13.3.27>
- Nkosi, M., Gupta, K., & Mashinini, M. (2020). Causes and Impact of Human Error in Maintenance of Mechanical Systems. *MATEC Web of Conferences*, 312, 05001.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/202031205001>
- Ngueutsa, R., & Kouabenan, D. R. (2016). Accident history, risk perception and traffic safe behaviour. *Ergonomics*, 60(9), 1273–1282. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1259508>
- Nyre, Å., & Jaatun, M. (2017). *Seeking Risks : Towards a Quantitative Risk Perception Measure To cite this version.*
- Oah, S., Na, R., & Moon, K. (2018). The Influence of Safety Climate, Safety Leadership, Workload, and Accident Experiences on Risk Perception: A Study of Korean Manufacturing Workers. *Safety and Health at Work*, 9(4), 427–433. <https://doi.org/10.1016/J.SHAW.2018.01.008>
- Ohman, S. (2017). Previous Experiences and Risk Perception: The Role of Transference. *Journal of Education, Society and Behavioural Science*, 23(1), 1–10.
<https://doi.org/10.9734/jesbs/2017/35101>
- Orasanu, J., Fischer, U., & Davison, J. (2002). Risk perception: A critical element of aviation safety. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 15(1), 49–58. <https://doi.org/10.3182/20020721-6-es-1901.01639>
- Oswald, D., Sherratt, F., & Smith, S. (2014). Risk Perception and Safety Behaviour: An ethnographic study. *Achieving Sustainable Construction Health and Safety*, JUNE 2014.
- Paek, H.-J., & Hove, T. (2017). Risk Perceptions and Risk Characteristics. In *Oxford Research Encyclopedia of Communication*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228613.013.283>
- Pandit, B., Albert, A., Patil, Y., & Al-Bayati, A. J. (2019). Impact of safety climate on hazard recognition and safety risk perception. *Safety Science*, 113(March 2018), 44–53.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.020>
- Peters, E., & Slovic, P. (2007). Affective asynchrony and the measurement of the affective attitude component. *Cognition and Emotion*, 21(2). <https://doi.org/10.1080/02699930600911440>
- Pettersen, K. A., & Aase, K. (2008). Explaining safe work practices in aviation line maintenance. *Safety Science*, 46(3). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.020>
- Pidgeon, N., O'Leary, M., 1994. Organisational safety culture: implications for aviation practice. In: Johnson, N., Fuller, R., McDonald, N. (Eds.), *Aviation Psychology in Practice*. Avebury Technical, Aldershot, pp. 21–43.
- Rausand, M. (2011). *Risk Assessment : Theory, Methods, and Applications*.
<http://cds.cern.ch/record/1456986>

- Reason, J. (1990) *Human Error*. Cambridge University Press, Cambridge.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139062367>
- Reason, James & Hobbs, Alan. (2003). *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*.
 10.1201/9781315249926.
- Rahn, M., Tomczyk, S., & Schmidt, S. (2021). *Storms, Fires, and Bombs: Analyzing the Impact of Warning Message and Receiver Characteristics on Risk Perception in Different Hazards*. *Risk Analysis*, 41(9), 1630–1642. <https://doi.org/10.1111/risa.13636>
- Rodrigues Vieira, D., & Loures, P. L. (2016). *Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview Holds the research chair in Management of Aeronautical Projects Université du Québec à Trois Rivières-Canada*. In *International Journal of Computer Applications* (Vol. 135, Issue 12).
- Różycki, M. (2019). *Paradigms of Risk, Hazards and Danger*. In *Perspectives on Risk, Assessment and Management Paradigms*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80822>
- Rundmo, T., & Nordfjærn, T. (2017). *Does risk perception really exist?* *Safety Science*, 93, 230–240.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.12.014>
- Rundmo, T., & Moen, B. E. (2006). *Risk perception and demand for risk mitigation in transport: A comparison of lay people, politicians and experts*. *Journal of Risk Research*, 9(6), 623–640.
<https://doi.org/10.1080/13669870600813811>
- Rundmo, T. (2002). *Associations between affect and risk perception*. *Journal of Risk Research*, 5(2), 119–135. <https://doi.org/10.1080/136698702753499597>
- Rundmo, T. (2001). *Employee images of risk*. *Journal of Risk Research*, 4(4), 393–404.
<https://doi.org/10.1080/136698701100653259>
- Rundmo, T. (2000). *Safety climate, attitudes and risk perception in Norsk Hydro*. *Safety Science*, 34(1–3). [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00006-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00006-0)
- Slovic, P. (2016). *The perception of risk*. *Scientists Making a Difference: One Hundred Eminent Behavioral and Brain Scientists Talk about Their Most Important Contributions*, August, 179–182.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781316422250.040>
- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & Macgregor, D. G. (2013). *Risk as analysis and risk as feelings: Some thoughts about affect, reason, risk and rationality*. *The Feeling of Risk: New*
- Slovic, P., & Peters, E. (2006). *Risk perception and affect*. *Current Directions in Psychological Science*, 15(6), 322–325. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00461.x>
- Slovic, Paul & Peters, Ellen & Finucane, Melissa & MacGregor, Donald. (2005). *Affect, Risk, and Decision Making*. *Health Psychology*. 24. 10.1037/0278-6133.24.4.S35.
- Saaty, R. W. (1987). *The analytic hierarchy process-what it is and how it is used*. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

- Shea, T., de Cieri, H., Vu, T., & Pettit, T. (2021). How is safety climate measured? A review and evaluation. *Safety Science*, *143*, 105413. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2021.105413>
- Siegrist, M., & Árvai, J. (2020). Risk Perception: Reflections on 40 Years of Research. *Risk Analysis*, *40*. <https://doi.org/10.1111/risa.13599>
- Siegrist, M., Keller, C., & Kiers, H. A. (2015). A New Look at the Psychometric Paradigm of Perception of Hazards A New Look at the Psychometric Paradigm of Perception of Hazards. *Risk Analysis: An International Journal*, *25*(1), 211–222.
- Siegrist, M., Gutscher, H., & Earle, T. C. (2005). Perception of risk: The influence of general trust, and general confidence. *Journal of Risk Research*, *8*(2), 145–156. <https://doi.org/10.1080/1366987032000105315>
- Siegrist, M., Cvetkovich, G., & Roth, C. (2000). Salient Value Similarity, Social Trust, and Risk/Benefit Perception. In *Risk Analysis* (Vol. 20, Issue 3).
- Sitkin, S. B., & Pablo, A. L. (1992). Reconceptualizing the Determinants of Risk Behavior. In *Source: The Academy of Management Review* (Vol. 17, Issue 1).
- Sjöberg, L. (2007). Emotions and Risk Perception. *Risk Management*, *9*(4), 223–237. <https://doi.org/10.1057/palgrave.rm.8250038>
- Sjöberg, L. (2004). Explaining Individual Risk Perception: The Case of Nuclear Waste. *Risk Management*, *6*(1). <https://doi.org/10.1057/palgrave.rm.8240172>
- Sjöberg, L., & Af Wåhlberg, A. (2002). Risk perception and New Age beliefs. *Risk Analysis*, *22*(4), 751–764. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.00066>
- Sjöberg, L. (2000). Factors in risk perception. *Risk Analysis*, *20*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.00001>
- Sjöberg, L. (1998). Worry and Risk Perception. *Risk Analysis*, *18*(1), 85–93.
- Sjöberg, L. (1997). Explaining risk perception: an empirical evaluation of cultural theory. In *Risk Decision and Policy* (Vol. 2, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/135753097348447>
- Sjöberg, L. (1996). *A Discussion of the Limitations of the Psychometric and Cultural Theory Approaches to Risk Perception*.
- Slimak, M. W., & Dietz, T. (2006). Personal values, beliefs, and ecological risk perception. *Risk Analysis*, *26*(6), 1689–1705. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00832.x>
- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2004). Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, *24*(2), 311–322. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x>
- Slovic, P. (2000). What does it mean to know a cumulative risk? Adolescents' perceptions of short-term and long-term consequences of smoking. *Journal of Behavioral Decision Making*, *13*(2). [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0771\(200004/06\)13:2<259::AID-BDM336>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0771(200004/06)13:2<259::AID-BDM336>3.0.CO;2-6)

- Slovic, P. (2000). Perception of risk. *Science*, 236(4799), 280–285.
<https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Slovic, P. (1999). Trust, emotion, sex, politics, and science: Surveying the risk- assessment battlefield. *Risk Analysis*, 19(4). <https://doi.org/10.1023/A:1007041821623>
- Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1985). Characterizing Perceived Risk. *ERN: Uncertainty & Risk Modeling* .
- Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1981). Perceived risk: psychological factors and social implications. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, 376(1764), 17–34. <https://doi.org/10.1098/rspa.1981.0073>
- Specification ASD-STE100 International specification for the preparation of technical documentation in a controlled language. (2017). www.asd-europe.org
- Steg, L., & Sievers, I. (2000). Cultural theory and individual perceptions of environmental risks. *Environment and Behavior*, 32(2), 250–269. <https://doi.org/10.1177/00139160021972513>
- Szopinski, D., Schoormann, T., & Kundisch, D. (2020). *Criteria as a Prelude for Guiding Taxonomy Evaluation* (Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences, Ed.).
- Thulasy, T. N., Nohuddin, P. N. E., Nusyirwan, I. F., Rahim, N. A., Amrin, A., & Chua, S. (2022). Skills Assessment Criteria for Aircraft Maintenance Technician in the Context of Industrial Revolution 4.0. In *Journal of Aerospace Technology and Management* (Vol. 14).
<https://doi.org/10.1590/jatm.v14.1286>
- Thomson, M. E., Önkal, D., Avcioglu, A., & Goodwin, P. (2004). Aviation risk perception: A comparison between experts and novices. *Risk Analysis*, 24(6), 1585–1595. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00552.x>
- Tversky, A., & Koehler, D. J. (1994). Support Theory: A Nonextensional Representation of Subjective Probability. *Psychological Review*, 101(4). <https://doi.org/10.1037//0033-295x.101.4.547>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157). <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Trillo-Cabello, A. F., Carrillo-Castrillo, J. A., & Rubio-Romero, J. C. (2021). Perception of risk in construction. Exploring the factors that influence experts in occupational health and safety. *Safety Science*, 133(August 2020), 104990. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104990>
- Vanderhaegen, F. (2015). Erik Hollnagel: Safety-I and Safety-II, the past and future of safety management. *Cognition, Technology & Work*, 17(3), 461–464. <https://doi.org/10.1007/s10111-015-0345-z>
- Van der Linden, S. (2015). The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: Towards a comprehensive model. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 112–124.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.012>

- Wang, C. M., Xu, B. B., Zhang, S. J., & Chen, Y. Q. (2016). Influence of personality and risk propensity on risk perception of Chinese construction project managers. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1294–1304. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.07.004>
- Watson, G. W., Scott, D., Bishop, J., & Turnbeaugh, T. (2005). Dimensions of interpersonal relationships and safety in the steel industry. *Journal of Business and Psychology*, 19(3), 303–318. <https://doi.org/10.1007/s10869-004-2230-2>
- Weber, B. J., & Chapman, G. B. (2005). The combined effects of risk and time on choice: Does uncertainty eliminate the immediacy effect? Does delay eliminate the certainty effect? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96(2), 104–118. <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2005.01.001>
- Weber, E. U., Blais, A. R., & Betz, N. E. (2002). A Domain-specific Risk-attitude Scale: Measuring Risk Perceptions and Risk Behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15(4), 263–290. <https://doi.org/10.1002/bdm.414>
- Weinstein, N. D. (1991). *REVIEW Testing Four Competing Theories of Health-Protective Behavior* (Vol. 12, Issue 4). Wallston & Wallston.
- Wilson, R. S., Zwickle, A., & Walpole, H. (2019). Developing a Broadly Applicable Measure of Risk Perception. *Risk Analysis*, 39(4), 777–791. <https://doi.org/10.1111/risa.13207>
- Wolff, K., Larsen, S., & Øgaard, T. (2019). How to define and measure risk perceptions. *Annals of Tourism Research*, 79(March). <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.102759>
- Yates, J. F., & Stone, E. R. (1992). *The risk construct*. <https://www.researchgate.net/publication/232505306>
- Yazgan, E., Ozkan, N. F., & Ulutas, B. H. (2022). A questionnaire-based musculoskeletal disorder assessment for aircraft maintenance technicians. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 94(2), 240–247. <https://doi.org/10.1108/AEAT-03-2021-0076>
- Yiannakides, D., & Sergiou, C. (2019). Human Factors in Aircraft Maintenance. Dans CRC Press eBooks. <https://doi.org/10.1201/9780429280887>
- Yoshida, M., Iwamoto, S., Okahisa, R., Kishida, S., Sakama, M., & Honda, E. (2020). Knowledge and risk perception of radiation for Japanese nursing students after the Fukushima Nuclear Power Plant disaster. *Nurse Education Today*, 94(July), 104552. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104552>
- Zafiharimalala, H., Robin, D., & Tricot, A. (2014). Why Aircraft Maintenance Technicians Sometimes Do Not Use Their Maintenance Documents: Towards a New Qualitative Perspective. *International Journal of Aviation Psychology*, 24(3). <https://doi.org/10.1080/10508414.2014.918444>
- Zhang, Y., Sun, Y., Chen, Y., & Rong, M. (2017). Hazards taxonomy and identification methods in civil aviation risk management. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes*

in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10274 LNCS, 288–301.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-58524-6_24

Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications.

Journal of Applied Psychology, 65(1), 96–102. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.65.1.96>

Zwetsloot, G. I. J. M., & Perttula, P. (2016). *The value of safety and safety as a value*.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15582.84805>

Annexes

Annexe 1 - Questionnaire utilisé pour l'étude de la perception des risques

Voici le questionnaire, créé avec LimeSurvey, auquel les mécaniciens participants ont dû répondre. Ce questionnaire comporte uniquement la tâche "Oxygène" afin d'illustrer les questions posées (qui sont identiques pour les trois tâches, seuls les risques changent).

*** Quel âge avez-vous ?**

*** Indiquez votre genre.**

Féminin Masculin

*** Combien d'années d'expérience avez-vous en tant que mécanicien aéronautique ? (Que ce soit sans ou avec licence)**
Ne pas considérer stage ou alternance

*** Combien d'années d'expérience avez-vous sur A320 au total ?**
Ne pas considérer stage ou alternance

*** Dans quelle entreprise travaillez-vous actuellement ?**

***Avez-vous bénéficié de la loi "Grand père" ?**

Si vous ne savez pas, répondez "non".

<input checked="" type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non
---	------------------------------

***Avez-vous un bac professionnel aéronautique ?**

<input checked="" type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non
---	------------------------------

Si oui à la question "Avez-vous un bac professionnel aéronautique ?"	Si non à la question "Avez-vous un bac professionnel aéronautique ?"
<p>*Quelle option avez-vous choisie ?</p> <p>? Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.</p> <p><input type="radio"/> Avionique</p> <p><input type="radio"/> Structure</p> <p><input type="radio"/> Système</p> <p><input type="radio"/> Autre : <input type="text"/></p>	<p>*Quelle formation avez-vous reçue ?</p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p>
<p>*Avez-vous obtenu le bac professionnel dans un organisme certifié Part 147 ?</p> <p>? Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.</p> <p><input type="radio"/> Oui</p> <p><input type="radio"/> Non</p> <p><input type="radio"/> En Validation des Acquis de l'Expérience</p> <p><input type="radio"/> Je ne sais pas</p>	

***Possédez-vous une ou plusieurs catégories de licences aéronautiques Part 66 complètes (B1, B2, C, etc.) ?**

<input checked="" type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non
---	------------------------------

Si oui à la question “Possédez-vous une ou plusieurs catégories de licences aéronautiques Part 66 complètes (B1, B2, C, etc.) ?”

***Depuis combien d'années exercez-vous en tant que mécanicien sous licence Part 66 ?**

***Indiquez la ou les catégories de licences aéronautiques Part 66 complètes que vous possédez aujourd'hui.**

👉 Cochez tout ce qui s'applique.

A1

A2

A3

A4

B1.1

B1.2

B1.3

B1.4

B2

B3

C

Autre :

*Etes-vous en cours de formation pour obtenir une catégorie de licence aéronautique Part 66 (supplémentaire ou non) ?

Oui

Non

*Quelle est la catégorie de licence que vous tentez d'obtenir ?

*Avez-vous passé une "General familiarisation" sur A320 ?

Oui

Non

*Quelles sont vos qualifications de type actuelles actives ? (Exemple : A320, A330, ...)

Si aucune, indiquez : "Aucune"

*Décrivez-vous des APRS ?

Oui

Non

*Indiquez vos expériences passées en tant que mécanicien reconnu par l'autorité.

Pour chaque expérience cochée, indiquez le nombre d'années dans la partie de droite et en vous servant de l'échelle suivante :

<1 ans

1 - 5 ans

>6 ans

Ajoutez un commentaire seulement si vous sélectionnez la réponse.

<input type="checkbox"/> Aucune	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Chez un constructeur aéronautique	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Chez un équipementier	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans un micro centre de maintenance (<10 employés)	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans un petit centre de maintenance (<50 employés)	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans un centre de maintenance moyen (<250 employés)	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans un grand centre de maintenance (>250 employés)	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans le militaire	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> En maintenance en ligne	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> En maintenance en base	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans le shop avionique d'un organisme de maintenance	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans le shop structure d'un organisme de maintenance	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Dans le shop système d'un organisme de maintenance	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> A l'étranger	<input type="text"/>
<hr/>	
<input type="checkbox"/> Sur avions ultra légers	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Sur avions légers	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Sur avions d'affaires	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Sur avions de ligne	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Sur hélicoptères	<input type="text"/>
Autre : <input type="text"/>	<input type="text"/>

***Indiquez les formations/recyclages/sensibilisations que vous avez reçu il y a moins de 6 mois**

 Cochez tout ce qui s'applique.

- Aucune
- L'Electrical Wiring Interconnection System (EWIS)
- Les Facteurs humains
- Fuel tank safety ou CDCCL
- Part 145
- Système de gestion de la sécurité (SGS)
- Le travail en hauteur
- Les gestes et postures
- Le travail sur composés électriques
- L'exposition à des agents chimiques
- L'exposition à des risques dus aux vibrations mécaniques
- L'exposition au bruit
- L'exposition aux champs électromagnétiques
- L'exposition à des agents cancérigène
- La conduite d'engins de levage
- L'exposition à des agents biologiques
- L'exposition à des matériaux composites
- L'exposition à des agents/atmosphères explosives
- L'hyperbarie Sol et Avion
- Les espaces confinés
- Autre :

*Avez-vous récemment reçu une information, un rappel ou une alerte concernant la sécurité dans le cadre de votre activité ?



Oui



Non

*A quel risque faisait référence cette information, rappel ou alerte de sécurité ?

*Quel était le format par lequel l'information, le rappel ou alerte a été communiqué ?

📌 Cochez tout ce qui s'applique.

Par mail

Sur une affiche

Communication orale de la part d'un professionnel

Communication orale de la part de mon management

Autre :

Tache installation de la bouteille à oxygène

Voici un exemple du questionnaire pour la tâche d'installation de la bouteille à oxygène. Les questions sont les mêmes et présentées dans le même ordre pour les deux autres tâches. Seuls les risques fluctuent.

* Dans cette tâche, quels sont les dangers ?

* Dans la réalisation de cette tâche, quelle est la probabilité que chaque situation ait des conséquences sur votre santé.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Très improbable	Improbable	Probable	Très probable
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	<input type="radio"/>				
Avoir les mains et outils sales	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	<input type="radio"/>				
Travailler en hauteur	<input type="radio"/>				

* Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être sévères pour votre santé.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Sévérité mineure	Sévérité majeure	Très forte sévérité	Extrême sévérité
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	<input type="radio"/>				
Avoir les mains et outils sales	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	<input type="radio"/>				
Travailler en hauteur	<input type="radio"/>				

*Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être immédiates pour votre santé.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Immédiat	A court terme	A long terme	A très long terme
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	<input type="radio"/>				
Avoir les mains et outils sales	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	<input type="radio"/>				
Travailler en hauteur	<input type="radio"/>				

*Dans la réalisation de cette tâche, quelle est la probabilité que chaque situation ait des conséquences sur la navigabilité de l'avion.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Très improbable	Improbable	Probable	Très probable
Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille	<input type="radio"/>				

*Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être sévères pour la navigabilité de l'avion.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Sévérité mineure	Sévérité majeure	Très forte sévérité	Extrême sévérité
Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille	<input type="radio"/>				

*Dans la réalisation de cette tâche et pour chaque situation, dans quelle mesure les conséquences peuvent être immédiates pour la navigabilité de l'avion.

Si vous ne savez pas, ou ne connaissez pas ce danger, cochez "Je ne sais pas".

	Je ne sais pas	Immédiat	A court terme	A long terme	A très long terme
Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille	<input type="radio"/>				

*** Pour cette tâche, classez les mesures de sécurité en fonction de leur importance.**

De la mesure la plus importante à appliquer pour assurer la sécurité à la moins importante à appliquer.

🕒 Effectuez un double-clic ou glissez/déposez le/les élément(s) de la liste de gauche vers la liste de droite.
Veuillez sélectionner 7 réponses maximum

Articles disponibles

S'assurer de l'absence d'hydrocarbures aux alentours
Avoir les mains/outils propres
Porter des gants, vêtements de protection
Porter des lunettes de protection
S'assurer d'avoir un flux d'air suffisant
Porter un masque
S'assurer que la vanne manuelle de la bouteille d'oxygène est ouverte entièrement

Votre classement

--

***Avez-vous déjà réaliser la tâche ?**

<input checked="" type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non
---	------------------------------

***A quelle fréquence effectuez-vous la tâche ?**

👉 Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- Rarement (Une à deux fois/an)
- Parfois (Plusieurs fois/an)
- Souvent (Plusieurs fois/mois)
- Toujours (Plusieurs fois/sem)

***Quand avez vous réalisé la tâche pour la dernière fois ?**

👉 Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- Dans la semaine
- Dans le mois
- Entre 2 et 6 mois
- Entre 6 mois et 1 an
- Plus d'un an

***De manière générale (pas forcément dans cette tâche), est ce que ces situations ont déjà eu des conséquences sur votre santé ?**

Si oui, indiquez le niveau de sévérité le plus élevé.

Si non, cochez "Aucun".

	Aucun	Sévérité mineure	Sévérité majeure	Très forte sévérité	Extrême sévérité
Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué	<input type="radio"/>				
Avoir les mains et outils sales	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "oil base Grease" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "oil base Grease"	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" sur la peau	<input type="radio"/>				
Avoir du "Leak detector" dans les yeux	<input type="radio"/>				
Ingérer du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Respirer les vapeurs du "Leak detector"	<input type="radio"/>				
Manipuler la bouteille d'oxygène (poids 12Kg)	<input type="radio"/>				
Travailler en hauteur	<input type="radio"/>				

*De manière générale (pas forcément dans cette tâche), est-ce que ces situations ont déjà eu des conséquences sur la navigabilité de l'avion ?

Si oui, indiquez le niveau de sévérité le plus élevé.

Si non, cochez "Aucun".

	Aucun	Sévérité mineure	Sévérité majeure	Très forte sévérité	Extrême sévérité
Ne pas ouvrir complètement la vanne manuelle de la bouteille	<input type="radio"/>				

Exposition aux dangers

*Durant votre activité quotidienne, à quelle fréquence pensez-vous :

	Jamais	Rarement (Une à deux fois/an)	Parfois (Plusieurs fois/an)	Souvent (Plusieurs fois/mois)	Toujours (Tous les jours)
Travailler avec des liquides, solides, gaz toxiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler avec des liquides, solides, gaz inflammables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler avec des liquides, solides, gaz corrosifs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler avec des liquides, solides, gaz explosifs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler avec des liquides, solides, gaz radioactifs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler avec des liquides, solides, gaz contaminés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler sur des systèmes, air, liquide chauds	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailler sur des éléments vibrants	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Annexe 2 - Analyse des réponses “Je ne sais pas”

L'analyse des réponses “Je ne sais pas” avait pour objectif d'étudier les raisons pour lesquelles les mécaniciens aéronautiques n'avaient pas la capacité de percevoir les risques. En effet, nous avons souhaité comprendre si ce type de réponse était associé à des risques spécifiques et cohérents pour toutes les caractéristiques du risque. Par exemple est ce qu'un risque pour lequel un mécanicien a répondu “Je ne sais pas” sur la perception de probabilité l'a également fait pour la perception de la sévérité et de l'immédiateté. Pour ce faire, nous avons réalisé une analyse en trois étapes : “Analyse globale” qui permet d'identifier sur chaque caractéristique du risque les proportions de réponses “Je ne sais pas” ; “Analyse par tâche” qui permet d'identifier si les réponses “Je ne sais pas” sont associées à une tâche spécifique ; et une “Analyse par risque” qui permet d'identifier les risques qui sont le plus associés à des réponses “Je ne sais pas”. Un bilan et une conclusion seront également effectués.

Analyse globale

Voici, sur la figure 1 la proportion des réponses “Je ne sais pas” pour chaque caractéristique du risque (Probabilité, Sévérité et Immédiateté).

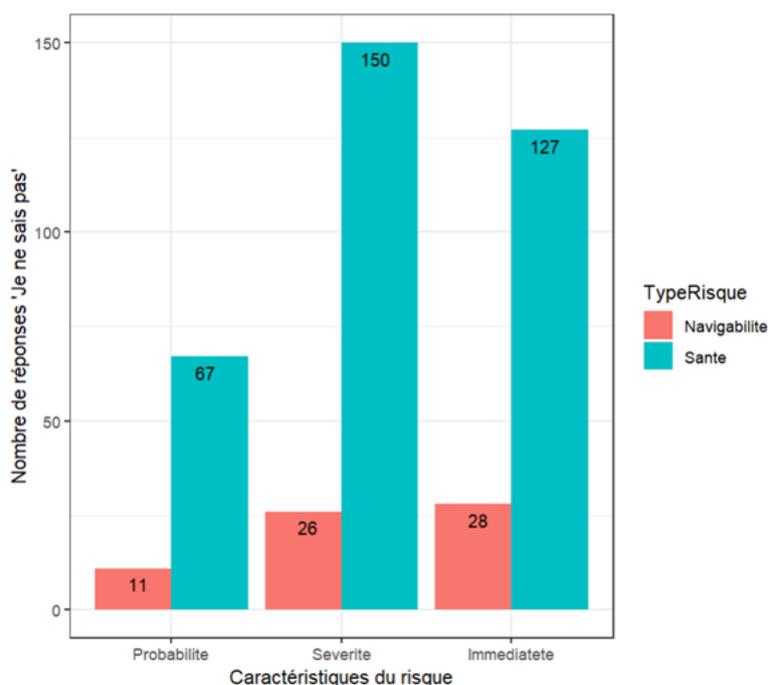


Figure 1 : Nombre de réponses “Je ne sais pas” par caractéristique du risque et pour chaque type de risque (Santé ou Navigabilité) pour chaque catégorie de l'échelle d'immédiateté. (N_{Total}=1269, N_{Santé} = 1026, N_{Navigabilité} = 243).

La figure 1 nous indique que les mécaniciens ont en grande majorité évalué les risques sur les échelles de probabilité, sévérité et immédiateté du fait que la proportion de réponses “Je ne sais pas” n'excède pas 15%. Cependant, malgré la faible proportion de réponse “Je ne sais pas”, certains mécaniciens pour certains risques, n'ont pas souhaité ou n'ont pas été en capacité de percevoir les risques. De plus, nous observons que les mécaniciens aéronautiques ont répondu, en proportion, plus souvent “Je ne

sais pas” pour les risques de type “Santé” que les risques de type “Navigabilité”. Également, nous remarquons, pour les deux types de risque, que le nombre de réponses “Je ne sais pas” fluctue suivant la caractéristique du risque. En d’autres termes, il y a des risques pour lesquels des mécaniciens ont été en mesure de percevoir les risques concernant la probabilité qu’ils impactent leur santé. Alors que pour ces mêmes risques, les mécaniciens ont indiqué “Je ne sais pas” pour la sévérité des conséquences et/ou l’immédiateté des conséquences. En effet, nous observons un nombre de réponses plus important pour les caractéristiques du risque “Sévérité” et “Immédiateté” que pour la caractéristique du risque “Probabilité”.

Analyse par tâche

Perception de la probabilité

Il s’agit maintenant de présenter le nombre et la répartition des réponses “Je ne sais pas” pour chaque tâche sur la perception de la probabilité (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre et répartition des réponses “Je ne sais pas” sur la perception de la probabilité en fonction de la tâche et du type de risque. “N” : Nombre de risques pour lesquels des réponses “Je ne sais pas” ont été identifiées pour chaque type de risque.

Tâche	Type de risque (N)	Nombre de réponses totales (N*27)	Réponses “Je ne sais pas”	
			Nombre	Pourcentage
Fuel	Santé (13)	351	22	6%
	Navigabilité (4)	108	9	12%
Oxygène	Santé (12)	324	28	8%
	Navigabilité (1)	27	1	4%
VHF	Santé (13)	351	17	5%
	Navigabilité (4)	108	1	<1%

Concernant le type de risque “Santé”, nous remarquons sur le tableau 1 que la tâche qui enregistre la plus grande proportion de réponses “Je ne sais pas” est l’installation d’une bouteille à oxygène (“Oxygène”). Les deux autres tâches (“Fuel” et “VHF”) ont une proportion à peu près égale de réponses “Je ne sais pas”.

Concernant le type de risque “Navigabilité”, nous remarquons sur le tableau 1 que l’installation d’une pompe à carburant est associée avec une proportion de réponses “Je ne sais pas” 3 fois supérieure à la tâche “Oxygène” et 12 fois supérieure à la tâche “VHF”. Nous remarquons également que les participants ont en proportion plus de réponses “Je ne sais pas” concernant les risques ayant un impact

sur la santé que la navigabilité de l'avion pour les tâches "Oxygènes" et "VHF". Cependant, les résultats montrent des résultats opposés pour la tâche "Fuel".

Perception de la sévérité

Il s'agit maintenant de présenter le nombre et la répartition des réponses "Je ne sais pas" pour chaque tâche sur la perception de la sévérité (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de réponses "Je ne sais pas" sur la perception de la sévérité en fonction de la tâche et du type de risque. "N" : Nombre de risques pour lesquels des réponses "Je ne sais pas" ont été identifiées pour chaque type de risque.

Tâche	Type de risque (N)	Nombre de réponses totales (N*27)	Réponses "Je ne sais pas"	
			Nombre	Pourcentage
Fuel	Santé (13)	351	45	13%
	Navigabilité (4)	108	16	15%
Oxygène	Santé (12)	324	71	22%
	Navigabilité (1)	27	0	0
VHF	Santé (13)	351	34	9%
	Navigabilité (4)	108	10	9%

Concernant le type de risque "Santé", nous remarquons sur le tableau 2 que la tâche qui possède la proportion la plus grande de réponses "Je ne sais pas" est l'installation d'une bouteille à oxygène ("Oxygène"). Vient ensuite la tâche "Fuel" avec 13% de réponses "Je ne sais pas" et la tâche "VHF" avec 9%.

Concernant le type de risque "Navigabilité", nous remarquons sur le tableau 2 que l'installation d'une pompe à carburant est associée avec une proportion de réponses "Je ne sais pas" la plus grande. Vient ensuite la tâche "VHF" puis la tâche "Oxygène" qui ne contient aucune réponse "Je ne sais pas".

Nous remarquons également que les participants ont en proportion plus de réponses "Je ne sais pas" pour le type de risque "Santé" que pour le type de risque "Navigabilité" pour la tâche "Oxygène". Le tableau montre des résultats opposés pour la tâche "Fuel" même si la différence n'est pas très importante. Concernant la tâche "VHF", aucune différence n'a été identifiée.

Perception de l'immédiateté

Concernant l'immédiateté des conséquences, voici le Tableau 3 qui présente le nombre et la répartition des réponses "Je ne sais pas" pour chaque tâche.

Tableau 3 : Nombre de réponses "Je ne sais pas" sur la perception de l'immédiateté en fonction de la tâche et du type de risque. "N" : Nombre de risques pour lesquels des réponses "Je ne sais pas" ont été identifiées pour chaque type de risque.

Tâche	Type de risque (N)	Nombre de réponses totales (N*27)	Réponses "Je ne sais pas"	
			Nombre	Pourcentage
Fuel	Santé (13)	351	56	16%
	Navigabilité (4)	108	16	15%
Oxygène	Santé (12)	324	52	16%
	Navigabilité (1)	27	3	11%
VHF	Santé (13)	351	19	5%
	Navigabilité (4)	108	9	8%

Concernant le type de risque "Santé", nous remarquons sur le tableau 3 que les tâches "Fuel" et "Oxygène" ont une proportion de réponses "Je ne sais pas" égale et un peu plus de 3 fois supérieure à la tâche "VHF".

Concernant le type de risque "Navigabilité", nous remarquons sur le tableau 3 que l'installation d'une pompe à carburant est associée avec une proportion de réponses "Je ne sais pas" la plus grande. Vient ensuite la tâche "Oxygène" avec 11% puis la tâche "VHF" avec 8% de réponses "Je ne sais pas".

Nous remarquons également que les participants ont en proportion plus de réponses "Je ne sais pas" concernant les risques ayant un impact sur la santé que la navigabilité de l'avion uniquement pour la tâche "Oxygène". Le tableau montre des résultats opposés pour la tâche "VHF". Concernant la tâche "Fuel", la différence est seulement de 1%.

Analyse par risque

Il s'agit maintenant d'identifier les risques pour lesquels il y a le plus de réponses "Je ne sais pas". Pour des raisons de clarté, les résultats seront présentés pour chaque tâche et chaque caractéristique du risque.

Perception de la probabilité

Fuel

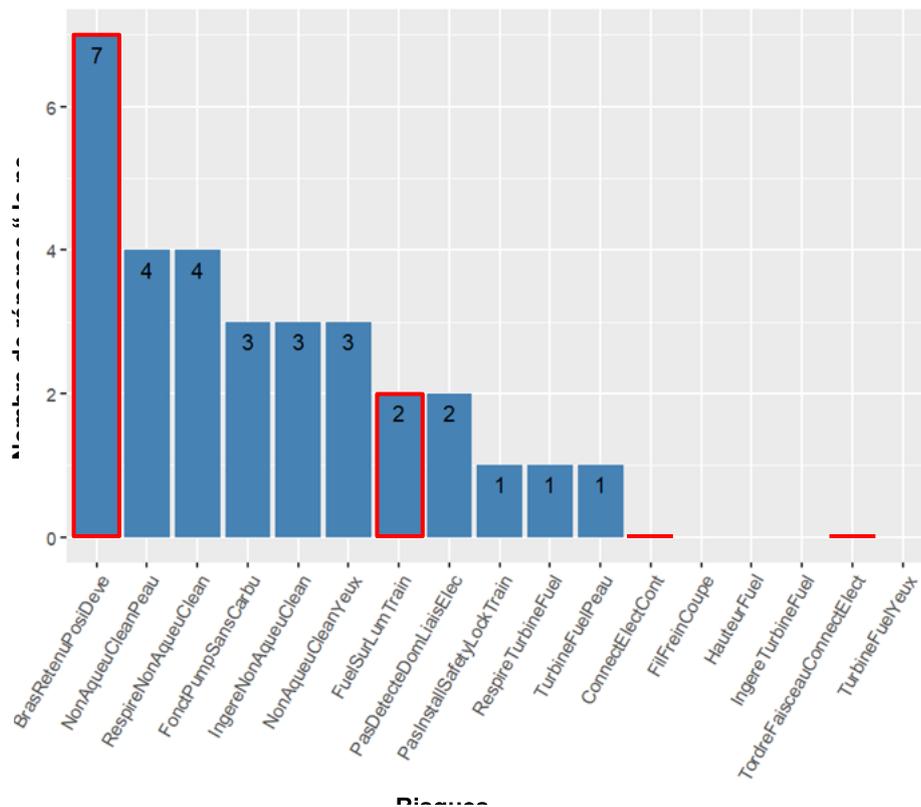


Figure 2 : Nombre de réponses “Je ne sais pas” pour chaque risque de la tâche “Fuel” sur la perception de la probabilité (N=31). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l’avion.

La figure 2 nous indique que malgré la présence de 31 réponses “Je ne sais pas”, les mécaniciens ont en grande majorité (74% pour le risque “Travailler avec le bras de retenue (retainer baulk arm) en position déverrouillé”) été en mesure de percevoir les risques concernant la probabilité d’impact du risque. Le risque “Travailler avec le bras de retenue (retainer baulk arm) en position déverrouillée” est celui qui est associé au plus grand nombre de réponses “Je ne sais pas”. En deuxième et troisième position, on retrouve les risques “Avoir du “non aqueous cleaner” sur la peau” et “Respirer les vapeurs du “non aqueous cleaner” (qui fait partie des risques avec la plus grande variance).

Oxygène

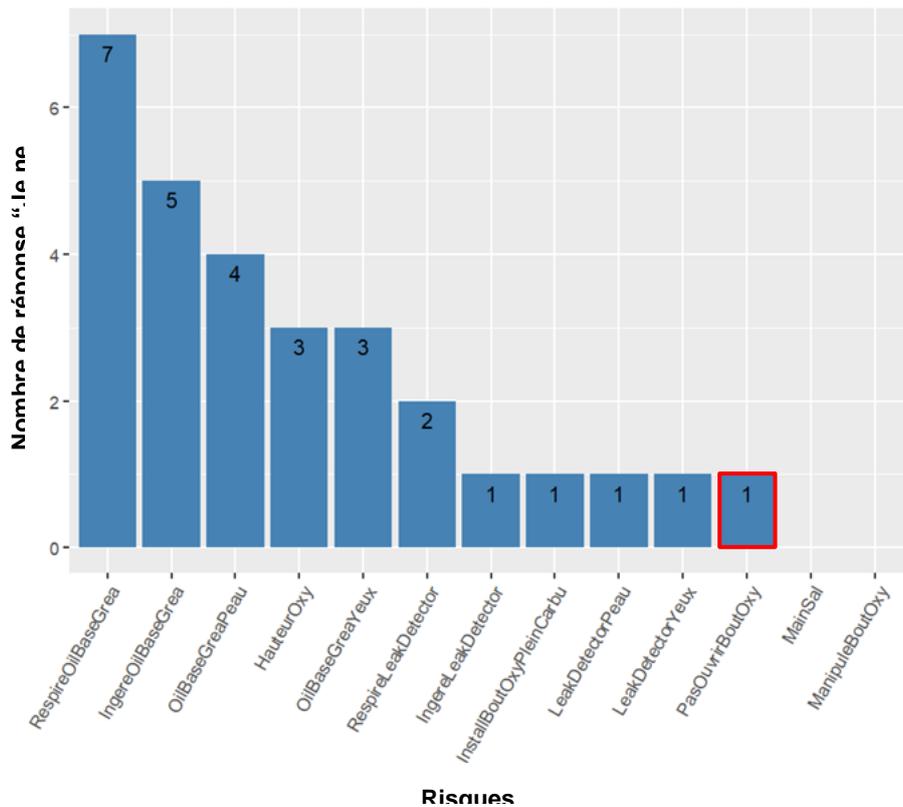


Figure 3 : Nombre de réponses “je ne sais pas” pour chaque risque de la tâche “Oxygène” sur la perception de la probabilité (N=29). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l’avion.

La figure 3 nous indique que malgré la présence de 29 réponses “Je ne sais pas”, les mécaniciens ont en grande majorité (74% pour le risque “Respirer les vapeurs du produit “Oil Base Grease”) été en mesure de percevoir les risques concernant la probabilité d’impact du risque. Le deuxième et troisième risque sont toujours liés au produit chimique “Oil base grease” qui sont “Ingérer du “oil base Grease”” et “Avoir du “oil base Grease” sur la peau”.

VHF

Répartition des réponses "Je ne sais pas"

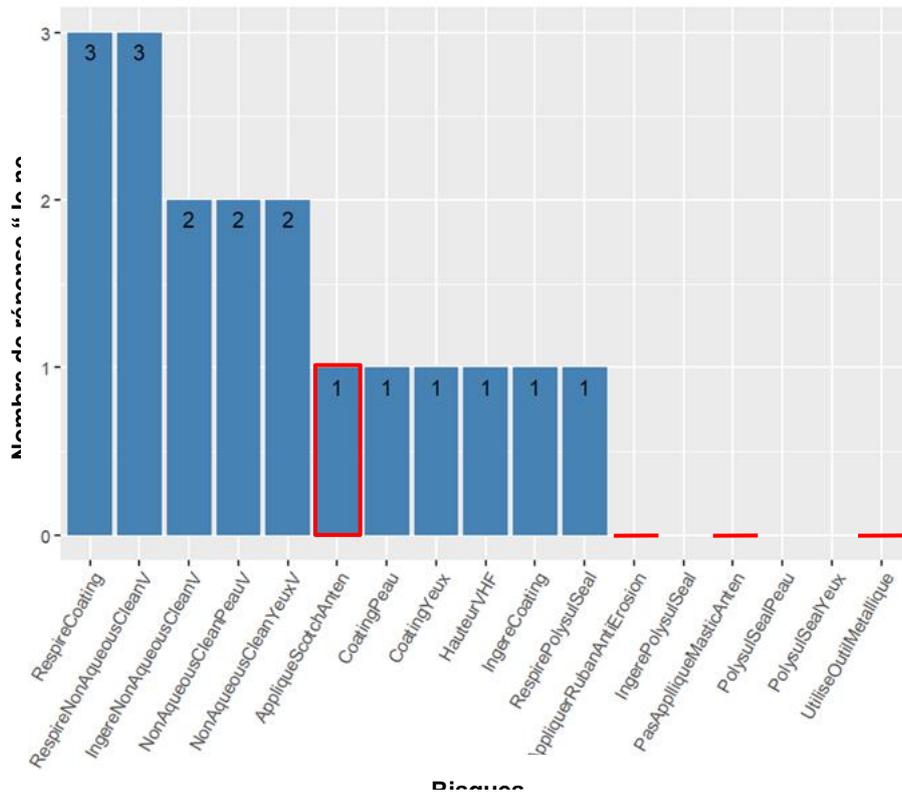


Figure 4 : Nombre de réponses "Je ne sais pas" pour chaque risque de la tâche "VHF" sur la perception de la probabilité (N=18). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion.

La figure 4 nous indique que malgré la présence de 18 réponses "Je ne sais pas", les mécaniciens ont en grande majorité (89% pour le risque "Respirer les vapeurs du "coating"") été en mesure de percevoir les risques concernant la probabilité d'impact du risque. Plus précisément, on remarque que les risques qui sont associés au plus grand nombre de réponses "Je ne sais pas" sont en lien avec le fait de respirer les vapeurs des produits "Coating" et "Non Aqueous Cleaner". On retrouve également les risques "Ingérer du "non aqueous cleaner"", "Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau" et "Avoir du "non aqueous cleaner" dans les yeux" en troisième, quatrième et cinquième position.

Perception de la sévérité

Fuel

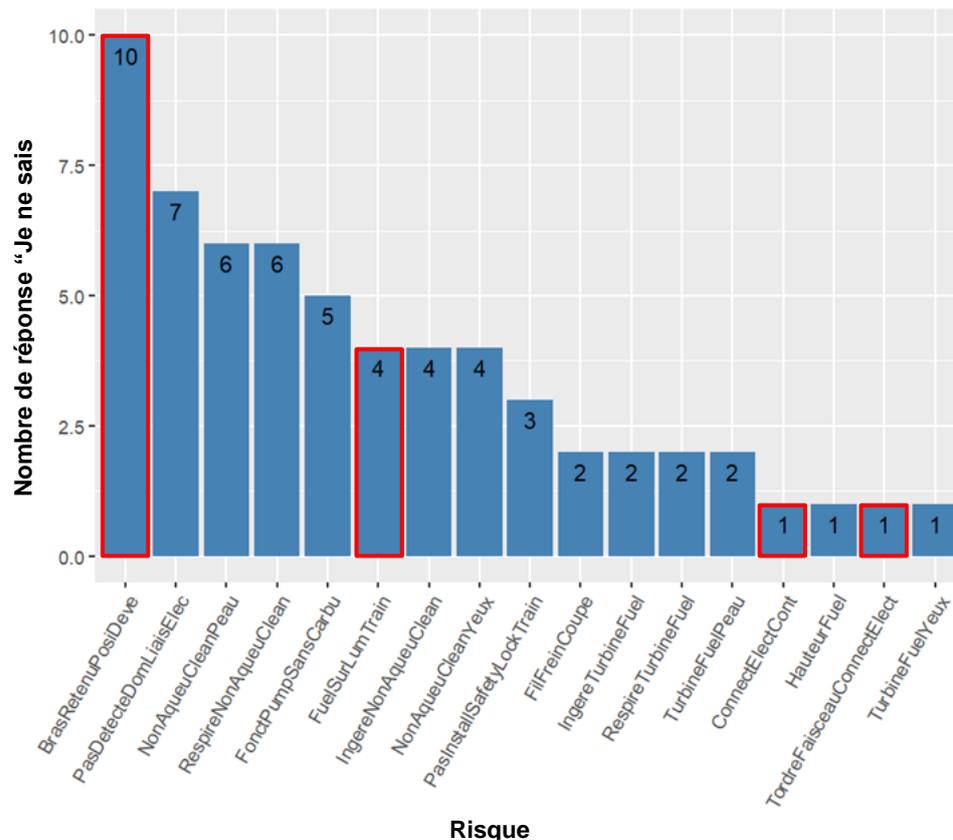


Figure 5 : Nombre de réponses "Je ne sais pas" pour chaque risque de la tâche "Fuel" sur la perception de la sévérité (N=61). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion.

La figure 5 nous indique que malgré la présence de 61 réponses "Je ne sais pas", les mécaniciens ont en grande majorité (63% pour le risque "Travailler avec le bras de retenue (retainer baulk arm) en position déverrouillé") été en mesure de percevoir les risques concernant la sévérité des conséquences. En deuxième position, le risque "Ne pas détecter un dommage de la liaison électrique entre la pompe à carburant et la structure de l'aile" puis en troisième et quatrième position les risques "Avoir du "non aqueous cleaner" sur la peau" et "Respirer les vapeurs du "non aqueous cleaner"" qui sont également associés avec le plus de réponses "Je ne sais pas" sur la perception de la probabilité.

Oxygène

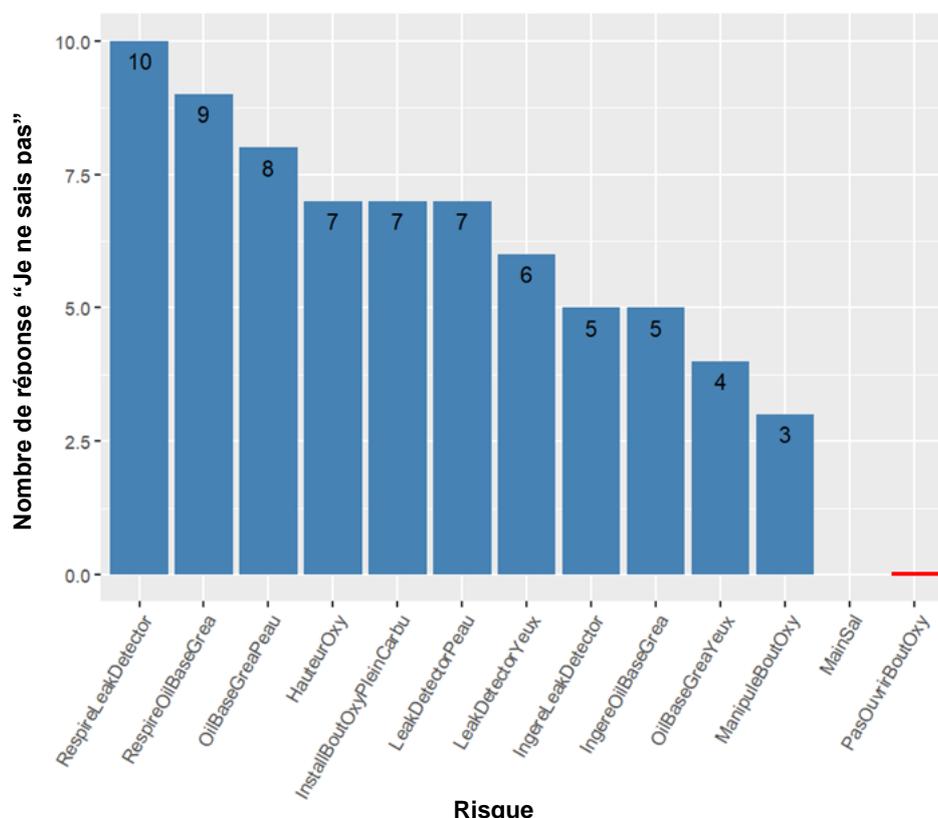


Figure 6 : Nombre de réponses "je ne sais pas" pour chaque risque de la tâche "Oxygène" sur la perception de la sévérité (N=71). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion.

La figure 6 nous indique que, malgré la présence de 71 réponses "Je ne sais pas", les mécaniciens ont en grande majorité (63% pour le risque "Respirer les vapeurs du "Leak detector"") été en mesure de percevoir les risques concernant la sévérité des conséquences. En deuxième et troisième position, nous retrouvons les risques "Respirer les vapeurs du "oil base Grease"" et "Avoir du "oil base Grease" sur la peau".

VHF

Répartition des réponses “Je ne sais pas”

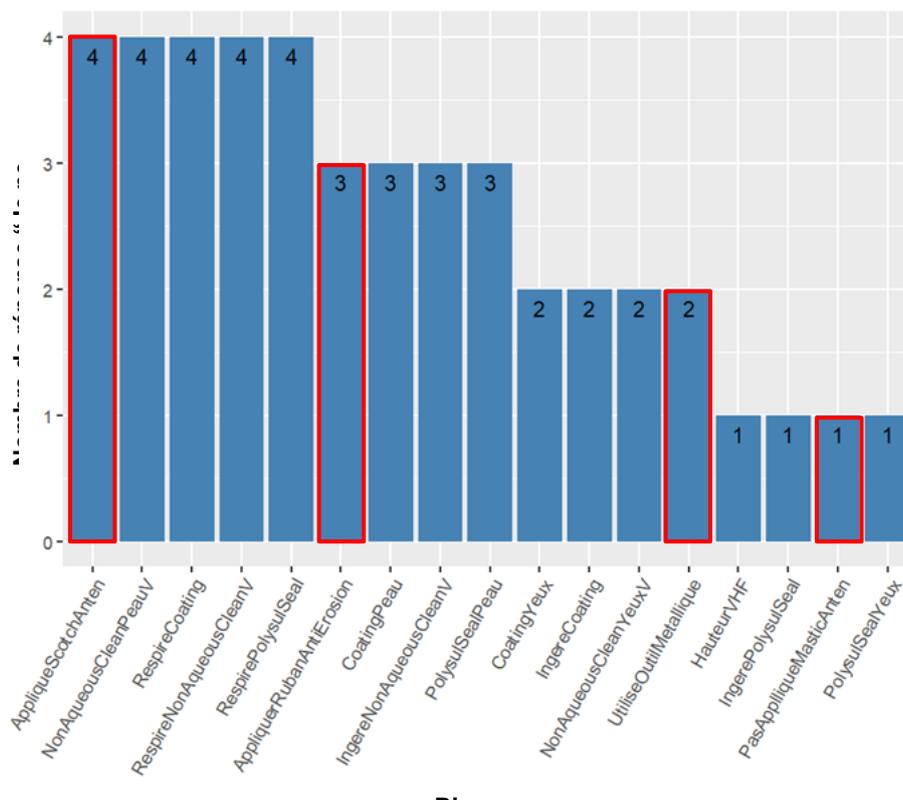


Figure 7 : Nombre de réponses “Je ne sais pas” pour chaque risque de la tâche “VHF” sur la perception de la sévérité (N=44). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l’avion.

La figure 7 nous indique que malgré la présence de 44 réponses “Je ne sais pas”, les mécaniciens ont en grande majorité (85% pour le risque “Appliquer du scotch sur l'antenne”) été en mesure de percevoir les risques concernant la sévérité des conséquences. D’autres risques apparaissent et qui sont liés à la manipulation des produits chimiques “Non Aqueous Cleaner”, “Coating” et “Polysulfide Sealant”.

Perception de l'immédiateté

Fuel

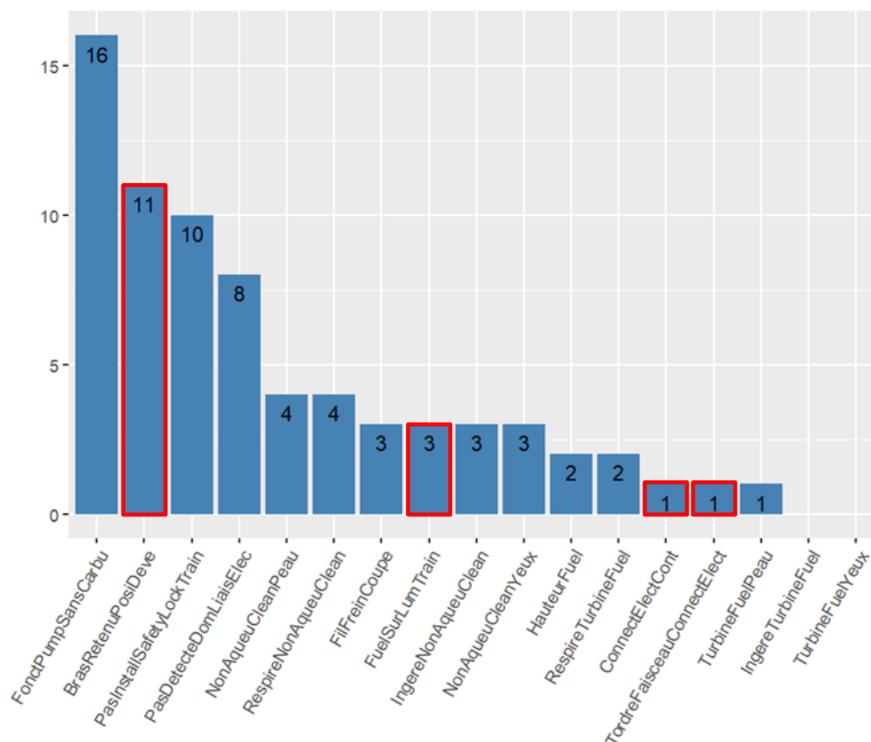


Figure 8 : Nombre de réponses "Je ne sais pas" pour chaque risque de la tâche "Fuel" sur la perception de l'immédiateté (N=72). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l'avion.

La figure 8 nous indique que malgré la présence de 72 réponses "Je ne sais pas", les mécaniciens ont en grande majorité perçu les risques concernant l'immédiateté des conséquences. Sauf pour le risque "Faire fonctionner la pompe carburant sans carburant" pour lequel 60% des 27 réponses correspondent à "Je ne sais pas". Les deux risques suivants qui sont "Travailler avec le bras de retenue (retainer baulk arm) en position déverrouillé" et "Ne pas installer les safety-lock sur le train d'atterrissage" correspondent à 41% et 37% de réponses "Je ne sais pas".

Oxygène

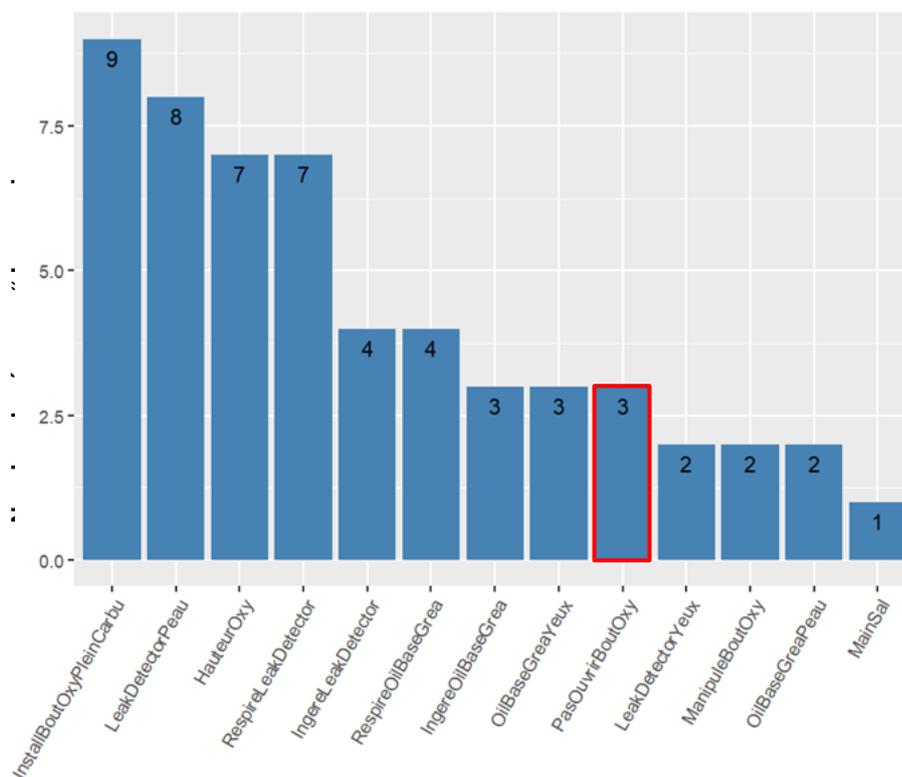


Figure 9 : Nombre de réponses “Je ne sais pas” pour chaque risque de la tâche “Oxygène” sur la perception de l’immédiateté (N=55). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l’avion.

La figure 9 nous indique que malgré la présence de 55 réponses “Je ne sais pas”, les mécaniciens ont en grande majorité (77% pour le risque “Installer la bouteille à oxygène pendant qu'un plein carburant est effectué”) été en mesure de percevoir les risques concernant l’immédiateté des conséquences. Les trois risques suivants sont : “Avoir du “Leak detector” sur la peau”, “Travail en hauteur” et “Respirer les vapeurs du “Leak detector””.

VHF

Répartition des réponses “Je ne sais pas”

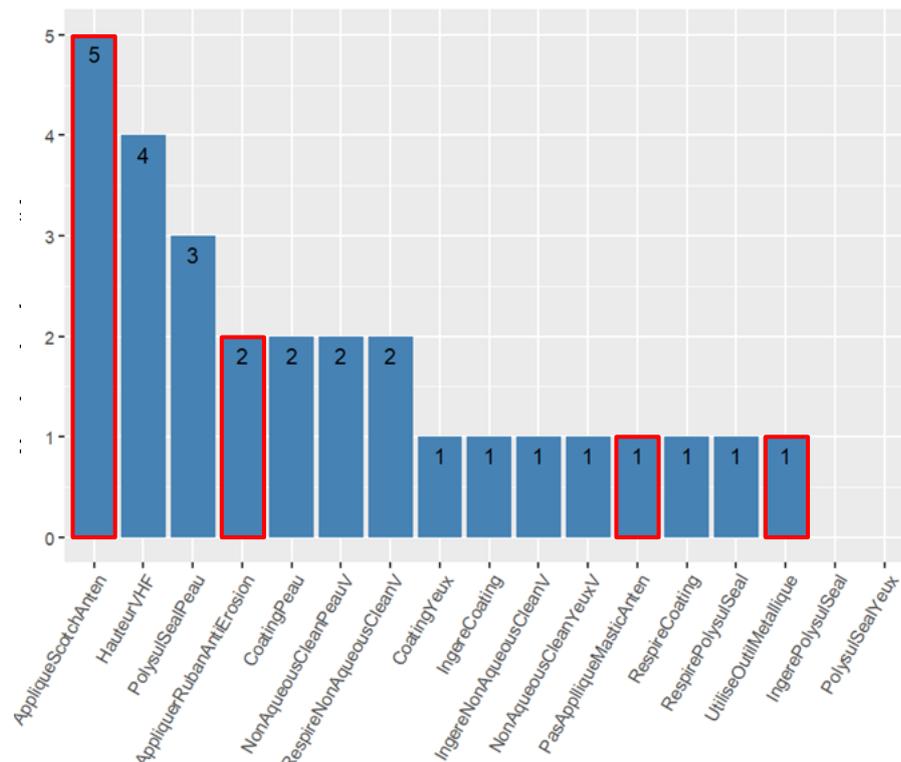


Figure 10 : Nombre de réponses “Je ne sais pas” pour chaque risque de la tâche “VHF” sur la perception de l’immédiateté (N=28). **Barres bleues** : Risques ayant un impact sur la santé des mécaniciens. **Barres bleues avec cadre rouge** : Risques ayant un impact sur la navigabilité de l’avion.

La figure 10 nous indique que malgré la présence de 28 réponses “Je ne sais pas”, les mécaniciens ont en grande majorité (82% pour le risque “Appliquer du scotch sur l'antenne”) été en mesure de percevoir les risques concernant l’immédiateté des conséquences. Les deux risques suivants sont “Travail en hauteur” et “Avoir du "polysulfide Sealant" sur la peau”.

Bilan et conclusion

Analyse globale

Concernant les réponses “Je ne sais pas”, voici les principaux résultats :

- Le nombre de réponses “Je ne sais pas” est plus important pour la perception de la sévérité puis pour la perception de l’immédiateté et enfin pour la perception de probabilité. Cela pour les deux types de risques. En d’autres termes, il y a des risques pour lesquels des mécaniciens ont été en mesure de percevoir les risques concernant la probabilité qu’ils impactent la santé des mécaniciens alors que pour ces mêmes risques, les mécaniciens ont indiqué “Je ne sais pas” pour la sévérité des conséquences ou encore l’immédiateté des conséquences.
- Les proportions de réponses “Je ne sais pas” sont plus importantes pour le type de risque “Santé” que pour le type de risque “Navigabilité” sur la perception de la probabilité, de sévérité et d’immédiateté. En d’autres termes, les mécaniciens ont eu moins de difficultés à percevoir les risques qui ont un impact sur la “Navigabilité” que ceux qui ont un impact sur la santé des mécaniciens.

Analyse par tâche

Concernant les réponses “Je ne sais pas”, voici les principaux résultats :

- Sur les trois caractéristiques du risque, la tâche “Oxygène” pour le type de risque “Santé” est celle qui possède le plus de réponses “Je ne sais pas”.
- Sur les trois caractéristiques du risque, la tâche “Fuel” pour le type de risque “Navigabilité” est celle qui possède le plus de réponses “Je ne sais pas”.
- Il y a systématiquement plus de réponses “Je ne sais pas” pour le type de risque de risque “Santé” en comparaison avec le type de risque “Navigabilité”. Cela pour les trois tâches de maintenance et pour les trois caractéristiques du risque.

Analyse par risque

Concernant les réponses “Je ne sais pas”, voici les principaux résultats :

- Les risques qui sont associés avec des réponses “Je ne sais pas”, ne sont pas nécessairement les mêmes pour les trois caractéristiques du risque.
- Le nombre de réponses “Je ne sais pas” pour un même risque diffère suivant la perception de la probabilité, de la sévérité ou d’immédiateté.

Annexe 3 - Détail des effets et des variances expliquées

Le travail présenté dans la section “8.2 Analyse des questions de recherche 2 et 3” (cf. p. 240) nous a permis d'identifier les facteurs qui expliquent le plus la perception des risques sur les trois caractéristiques du risque. Pour ce faire, nous avons étudié pour chacun des 47 risques les facteurs qui expliquaient une part significative de la variance de la perception des risques des mécaniciens. Pour des raisons de clarté, nous avons choisi de présenter le détail des résultats en annexe.

Perception de la probabilité

Voici le détail des facteurs qui influencent de manière significative la perception de probabilité d'impact des risques sur la santé des mécaniciens et la navigabilité de l'avion.

<p>Risque IngereLeakDetector</p> <p>Modèle retenu (Oxy/S) ProbaIngereLeakDetector ~ ActiviteEntreprise</p> <p>Statistique du modèle retenu $F(1, 24) = 4.76, p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.13$.</p> <p>Shapiro test $W = 0.89723, p\text{-value} = 0.01358$</p> <p>Breusch-Pagan test $BP = 0.5307, df = 1, p\text{-value} = 0.4663$</p> <p>Variables explicatives dont l'effet est significatif ActiviteEntreprise</p> <ul style="list-style-type: none">- Effet significatif positif ($F(1, 24) = 4.76, p = 0.04 < .05$)- Variance expliquée est de 13%
<p>Risque RespireLeakDetector</p> <p>Modèle retenu ProbaRespireLeakDetector ~ BacPro.1 + Certifications + ClassMesRespireLeakDetector + ExpoToxique</p> <p>Statistique du modèle retenu $F(4, 20) = 3.90, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.32$.</p> <p>Shapiro test $W = 0.96926, p\text{-value} = 0.6264$</p> <p>Breusch-Pagan test $BP = 4.6196, df = 4, p\text{-value} = 0.3286$</p> <p>Variables explicatives dont l'effet est significatif Certifications</p>

- Effet significatif positif ($F(1, 24) = 4.52, p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

Risque

ManipuleBoutOxy

Modèle retenu

ProbaManipuleBoutOxy ~ GenFam.1 + ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Certifications + FormationGeste + ExpoObjetsLourd

Statistique du modèle retenu

$F(7, 19) = 6.73, p = 0.0004 < .05$ avec $R^2 = 0.60$.

Shapiro test

W = 0.95995, p-value = 0.3686

Breusch-Pagan test

BP = 5.7498, df = 7, p-value = 0.5692

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 10.58, p = 0.004 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

BacPro

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 5.27, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

Risque

PasInstallSafetyLockTrain

Modèle retenu (Fuel)

ProbaPasInstallSafetyLockTrain ~ GenFam.1 + ExpertiseFuel + ActiviteEntreprise + FormationFH + ClassMesPasInstallSafetyLockTrain

Statistique du modèle retenu

$F(5, 20) = 7.26, p = 0.0005 < .05$ avec $R^2 = 0.56$.

Shapiro test

W = 0.98883, p-value = 0.9904

Breusch-Pagan test

BP = 5.4585, df = 5, p-value = 0.3625

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 13.6, p = 0.001 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

ClassMesPasInstallSafetyLockTrain

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 8.93, p = 0.007 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

Risque

NonAqueuCleanPeau

Modèle retenu (Fuel)

ProbaNonAqueuCleanPeau ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 +
Experience + Certifications + ClassMesNonAqueuCleanPeau

Statistique du modèle retenu

F(6,16) = 3.38, p = 0.02 < .05 avec R² = 0.39.

Shapiro test

W = 0.9037, p-value = 0.03016

Breusch-Pagan test

BP = 7.3831, df = 6, p-value = 0.2869

Variables explicatives dont l'effet est significatif

Experience

- Effet significatif négatif (F(1, 16) = 8.05, p = 0.01 < .05)
- Variance expliquée est de 21%

Risque

NonAqueuCleanYeux

Modèle retenu (Fuel)

ProbaNonAqueuCleanYeux ~ AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience +
Certifications

Statistique du modèle retenu

F(4,19) = 3.87, p = 0.02 < .05 avec R² = 0.33.

Shapiro test

W = 0.96443, p-value = 0.5336

Breusch-Pagan test

BP = 4.1417, df = 4, p-value = 0.3872

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif (F(1, 19) = 6.46, p = 0.02 < .05)
- Variance expliquée est de 19%

Risque

IngereNonAqueuClean

Modèle retenu (Fuel)

ProbaIngereNonAqueuClean ~ AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 +
Experience + Certifications + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

F(5,18) = 3.05, p = 0.03 < .05 avec R² = 0.31.

Shapiro test

W = 0.93155, p-value = 0.1056

Breusch-Pagan test

BP = 3.8255, df = 5, p-value = 0.5748

Variables explicatives dont l'effet est significatif

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 18) = 4.49, p = 0.048 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Risque

RespireNonAqueuClean

Modèle retenu (Fuel)

ProbaRespireNonAqueuClean ~ AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 +
Experience + Certifications + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(5,17) = 3.53, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.36$.

Shapiro test

W = 0.91084, p-value = 0.04255

Breusch-Pagan test

BP = 3.8413, df = 5, p-value = 0.5725

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 4.80, p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 6.29, p = 0.02 < .05$)
- Plus le mécanicien possède une expérience élevée, plus l'impact du risque sur la santé du mécanicien est perçu comme très improbable.
- Variance expliquée est de 15%

Certifications

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 5.15, p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Risque

TurbineFuelYeux

Modèle retenu (Fuel)

ProbaTurbineFuelYeux ~ GenFam.1 + ExpertiseFuel + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + PersoExpeTurbineFuelYeux

Statistique du modèle retenu

$F(6,20) = 3.38$, $p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.35$.

Shapiro test

$W = 0.9267$, $p\text{-value} = 0.05738$

Breusch-Pagan test

$BP = 5.9524$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.4285$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseFuel

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.56$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 15%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 5.34$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Risque

FilFreinCoupe

Modèle retenu (Fuel)

ProbaFilFreinCoupe ~ AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise

Statistique du modèle retenu

$F(2,24) = 4.07$, $p = 0.03 < .05$ avec $R^2 = 0.19$.

Shapiro test

$W = 0.98297$, $p\text{-value} = 0.9224$

Breusch-Pagan test

$BP = 2.0093$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.3662$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 24) = 5.06$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

Risque

FuelSurLumTrain

Modèle retenu (Fuel/Nav)

ProbaFuelSurLumTrain ~ GenFam.1 + ExpertiseFuel + Experience + FormationCDCCL + ClassMesFuelSurLumTrain

Statistique du modèle retenu

$F(5,19) = 4.07$, $p = 0.03 < .05$ avec $R^2 = 0.32$.

Shapiro test

$W = 0.96162$, $p\text{-value} = 0.4476$

Breusch-Pagan test

$BP = 3.8398$, $df = 5$, $p\text{-value} = 0.5727$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseFuel

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 5$, $p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 9.74$, $p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

ClassMesFuelSurLumTrain

- Effet significatif positif ($F(1, 19) = 6.78$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 15%

Risque

TordreFaisceauConnectElect

Modèle retenu (Fuel/Nav)

$\text{ProbaTordreFaisceauConnectElect} \sim \text{ExpertiseFuel} + \text{AnneeExpSansLicence.1} + \text{ActiviteEntreprise} + \text{Certifications}$

Statistique du modèle retenu

$F(4,22) = 5.28$, $p = 0.003 < .05$ avec $R^2 = 0.40$.

Shapiro test

$W = 0.9279$, $p\text{-value} = 0.0614$

Breusch-Pagan test

$BP = 7.4288$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.1149$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 22) = 4.6$, $p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

RespireCoating

Modèle retenu (VHF/S)

$\text{ProbaRespireCoating} \sim \text{ExpertiseVHF} + \text{ClassMesRespireCoating}$

Statistique du modèle retenu

$F(2,21) = 3.65$, $p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.18$.

Shapiro test

W = 0.96346, p-value = 0.5119

Breusch-Pagan test

BP = 1.888, df = 2, p-value = 0.3891

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ClassMesRespireCoating

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 5.57, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 19%

Risque

Risque

HauteurVHF

Modèle retenu (VHF/S)

ProbaHauteurVHF ~ GenFam.1 + BacPro.1 + Certifications + FormationHauteur + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(5, 20) = 5.04, p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.44$.

Shapiro test

W = 0.89336, p-value = 0.01116

Breusch-Pagan test

BP = 3.1717, df = 5, p-value = 0.6735

Variables explicatives dont l'effet est significatif

BacPro

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 8.29, p = 0.009 < .05$)
- Variance expliquée est de 20%

Risque

PasApplliqueMasticAnten

Modèle retenu (VHF/Nav)

ProbaPasApplliqueMasticAnten ~ GenFam.1 + ExpertiseVHF + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + Experience + PersoExpePasApplliqueMasticAnten

Statistique du modèle retenu

$F(7, 19) = 3.81, p = 0.009 < .05$ avec $R^2 = 0.43$.

Shapiro test

W = 0.98184, p-value = 0.9014

Breusch-Pagan test

BP = 5.2343, df = 7, p-value = 0.6314

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif positif ($F(1, 19) = 8.93, p = 0.007 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

ExpertiseVHF

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 8.61, p = 0.008 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

BacPro

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 5.56, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 7%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 5.56, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 7%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 19) = 11.71, p = 0.003 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

PersoExpePasAppliqueMasticAnten

- Effet significatif positif ($F(1, 19) = 10.42, p = 0.004 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

Risque

UtiliseOutilMetallique

Modèle retenu (VHF/Nav)

ProbaUtiliseOutilMetallique ~ ExpertiseVHF + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + FormationFH

Statistique du modèle retenu

$F(5, 21) = 5, p = 0.003 < .05$ avec $R^2 = 0.43$.

Shapiro test

$W = 0.96634, p\text{-value} = 0.5086$

Breusch-Pagan test

$BP = 15.284, df = 5, p\text{-value} = 0.009214$. Cependant en regardant le graph homogénéité ok.

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 7.36, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

BacPro

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 6.54, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

FormationFH

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 6.05, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

AppliquerRubanAntiErosion

Modèle retenu (VHF/Nav)

ProbaAppliquerRubanAntiErosion ~ AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1

Statistique du modèle retenu

F(2,24) =6.44, p = 0.005 < .05 avec R² = 0.43.

Shapiro test

W = 0.9642, p-value = 0.4582

Breusch-Pagan test

BP = 2.5258, df = 2, p-value = 0.2828

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif (F(1, 21) = 8.44, p = 0.007 < .05)
- Variance expliquée est de 21%

BacPro

- Effet significatif négatif (F(1, 21) = 7.44, p = 0.01 < .05)
- Variance expliquée est de 18%

Perception de la sévérité

Voici le détail des facteurs qui influencent de manière significative la perception de la sévérité des conséquences des risques sur la santé des mécaniciens et la navigabilité de l'avion.

Risque

MainSal

Modèle retenu (Oxy/Sante)

SeveMainSal ~ ActiviteEntreprise + ExpoExplosif

Statistique du modèle retenu

F(2,24) =3.70, p = 0.04 < .05 avec R² = 0.17.

Shapiro test

W = 0.97435, p-value = 0.7189

Breusch-Pagan test

BP = 8.627, df = 2, p-value = 0.01339. Mais graph ok

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif (F(1, 24) = 6.30, p = 0.02 < .05)
- Variance expliquée est de 18%

Risque

OilBaseGreaPeau

Modèle retenu (Oxy/Sante)

SeveOilBaseGreaPeau ~ GenFam.1 + ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience + Certifications + ClassMesOilBaseGreaPeau + PersoExpeOilBaseGreaPeau + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(9,9) = 3.33$, $p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.54$.

Shapiro test

$W = 0.95713$, $p\text{-value} = 0.5173$

Breusch-Pagan test

$BP = 12.765$, $df = 9$, $p\text{-value} = 0.1735$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 9) = 5.22$, $p = 0.048 < .05$)
- Variance expliquée est de 9%

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 9) = 7.97$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 9) = 5.34$, $p = 0.046 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Certifications

- Effet significatif positif ($F(1, 9) = 11.84$, $p = 0.007 < .05$)
- Variance expliquée est de 21%

ClassMesOilBaseGreaPeau

- Effet significatif négatif ($F(1, 9) = 5.31$, $p = 0.046 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Risque

OilBaseGreaYeux

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$SeveOilBaseGreaYeux \sim$ ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 +
Experience + Certifications + FormationChim + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(6,16) = 3.79$, $p = 0.046 < .05$ avec $R^2 = 0.32$.

Shapiro test

$W = 0.96714$, $p\text{-value} = 0.621$

Breusch-Pagan test

$BP = 12.347$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.05465$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseOxy

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 5.32$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

FormationChim

- Effet significatif négatif ($F(1, 16) = 4.54, p = 0.046 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Risque

IngereOilBaseGrea

Modèle retenu (Oxy/Sante)

SeveIngereOilBaseGrea \sim GenFam.1 + Certifications

Statistique du modèle retenu

$F(2,19) = 9.27, p = 0.001 < .05$ avec $R^2 = 0.44$.

Shapiro test

W = 0.91547, p-value = 0.06129

Breusch-Pagan test

BP = 5.3034, df = 2, p-value = 0.07053

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 19) = 7.48, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 21%

Certifications

- Effet significatif positif ($F(1, 19) = 9.66, p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 27%

Risque

RespireOilBaseGrea

Modèle retenu (Oxy/Sante)

SeveRespireOilBaseGrea \sim GenFam.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(4,13) = 3.72, p = 0.03 < .05$ avec $R^2 = 0.39$.

Shapiro test

W = 0.96214, p-value = 0.6434

Breusch-Pagan test

BP = 5.3034, df = 2, p-value = 0.07053

Variables explicatives dont l'effet est significatif

BacPro

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 8.35, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 26%

Risque

SeveLeakDetectorPeau

Modèle retenu (Oxy/Sante)

SeveLeakDetectorPeau \sim ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + Experience + ClassMesLeakDetectorYeux +

ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(7,12) = 6.85$, $p = 0.002 < .05$ avec $R^2 = 0.68$.

Shapiro test

$W = 0.96164$, $p\text{-value} = 0.577$

Breusch-Pagan test

$BP = 9.0632$, $df = 7$, $p\text{-value} = 0.2482$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 20.86$, $p = 0.0006 < .05$)
- Variance expliquée est de 37%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 5.57$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Expo Toxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 5.25$, $p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 9%

Risque

LeakDetectorYeux

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$SeveLeakDetectorYeux \sim GenFam.1 + ExpertiseOxy + ExpoToxique$

Statistique du modèle retenu

$F(3,17) = 9.79$, $p = 0.0005 < .05$ avec $R^2 = 0.57$.

Shapiro test

$W = 0.94203$, $p\text{-value} = 0.2389$

Breusch-Pagan test

$BP = 11.855$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.007897$ mais graphique ok

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 7.45$, $p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

ExpertiseOxy

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 16.54$, $p = 0.0008 < .05$)
- Variance expliquée est de 38%

Risque

IngereLeakDetector

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$SeveIngereLeakDetector \sim GenFam.1 + ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 +$
 $ActiviteEntreprise + Experience + Certifications + ClassMesIngereLeakDetector +$
 $ExpoToxique$

Statistique du modèle retenu

$F(8,13) = 3.51, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.49$.

Shapiro test

$W = 0.95893, p\text{-value} = 0.468$

Breusch-Pagan test

$BP = 11.283, df = 8, p\text{-value} = 0.1862$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseOxy

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 4.86, p = 0.045 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 7.65, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%
-

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 7.78, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

Risque

RespireLeakDetector

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$\text{SeveRespireLeakDetector} \sim \text{ExpertiseOxy} + \text{ClassMesRespireLeakDetector} + \text{ExpoToxique}$

Statistique du modèle retenu

$F(3,13) = 12.78, p = 0.003 < .05$ avec $R^2 = 0.69$.

Shapiro test

$W = 0.91753, p\text{-value} = 0.1341$

Breusch-Pagan test

$BP = 11.013, df = 3, p\text{-value} = 0.01166$ mais graph ok

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseOxy

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 24.17, p = 0.0002 < .05$)
- Variance expliquée est de 50%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 7.86, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

Risque

ManipuleBoutOxy

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$\text{SeveManipuleBoutOxy} \sim \text{ActiviteEntreprise} + \text{Experience} + \text{FormationGeste}$

Statistique du modèle retenu

$F(3,20) = 15.27$, $p = 2.117e-05 < .05$ avec $R^2 = 0.65$.

Shapiro test

$W = 0.87006$, $p\text{-value} = 0.005275$

Breusch-Pagan test

$BP = 0.62238$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.8913$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 28.25$, $p = 3.34e-05 < .05$)
- Variance expliquée est de 34%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 11.75$, $p = 2.65e-03 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

FormationGeste

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 22.70$, $p = 1.18e-04 < .05$)
- Variance expliquée est de 27%

Risque

SeveHauteurOxy

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$SeveHauteurOxy \sim ActiviteEntreprise + FormationHauteur$

Statistique du modèle retenu

$F(2,17) = 5.95$, $p = 0.01 < .05$ avec $R^2 = 0.34$.

Shapiro test

$W = 0.9464$, $p\text{-value} = 0.3157$

Breusch-Pagan test

$BP = 6.1521$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.04614$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 6.67$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 19%

FormationHauteur

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 10.71$, $p = 0.004 < .05$)
- Variance expliquée est de 31%

Risque

SeveNonAqueuCleanPeau

Modèle retenu (Fuel/Sante)

$SeveNonAqueuCleanPeau \sim GenFam.1 + ExpertiseFuel + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience + PersoExpeNonAqueuCleanPeau + ExpoToxique$

Statistique du modèle retenu

$F(7,13) = 3.47$, $p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.46$.

Shapiro test

$W = 0.98902$, $p\text{-value} = 0.996$

Breusch-Pagan test

$BP = 11.227$, $df = 7$, $p\text{-value} = 0.129$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

BacPro

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 5.09$, $p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 6.53$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 15.62$, $p = 0.002 < .05$)
- Variance expliquée est de 31%

Risque

SeveNonAqueuCleanYeux

Modèle retenu (Fuel/Sante)

$SeveNonAqueuCleanYeux \sim AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise +$
Certifications + NewIdDangeNonAqueuCleanYeux + PersoExpeNonAqueuCleanYeux
+
ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(7,15) = 6.04$, $p = 0.001 < .05$ avec $R^2 = 0.61$.

Shapiro test

$W = 0.94255$, $p\text{-value} = 0.2037$

Breusch-Pagan test

$BP = 4.4412$, $df = 7$, $p\text{-value} = 0.7278$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

PersoExpeNonAqueuCleanYeux

- Effet significatif positif ($F(1, 15) = 13.99$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 19.54$, $p = 0.0005 < .05$)
- Variance expliquée est de 31%

Risque

TurbineFuelYeux

Modèle retenu (Fuel/Sante)

SeveTurbineFuelYeux ~ GenFam.1 + BacPro.1 + Experience + ExpoToxique+ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

F(4,21) =3.95, p = 0.01< .05 avec R² = 0.32.

Shapiro test

W = 0.97063, p-value = 0.6396

Breusch-Pagan test

BP = 6.9378, df = 4, p-value = 0.1392

Variables explicatives dont l'effet est significatif

Experience

- Effet significatif négatif (F(1, 21) = 6.59, p = 0.01< .05)
- Variance expliquée est de 14%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif (F(1, 21) = 12.38, p = 0.002< .05)
- Variance expliquée est de 26%

Risque

IngereTurbineFuel

Modèle retenu (Fuel/Sante)

SeveIngereTurbineFuel ~ AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + Experience + Certifications + ClassMesIngereTurbineFuel +ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

F(7,17) =3.95, p = 0.02< .05 avec R² = 0.39.

Shapiro test

W = 0.93817, p-value = 0.1343

Breusch-Pagan test

BP = 10.276, df = 7, p-value = 0.1734

Variables explicatives dont l'effet est significatif

Experience

- Effet significatif négatif (F(1, 17) = 5.59, p = 0.03< .05)
- Variance expliquée est de 14%

Risque

ConnectElectCont

Modèle retenu (Fuel/Nav)

SeveConnectElectCont ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience

Statistique du modèle retenu

F(4,21) =4.43, p = 0.009< .05 avec R² = 0.35.

Shapiro test

W = 0.98357, p-value = 0.9392

Breusch-Pagan test

BP = 4.1288, df = 4, p-value = 0.3889

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 6.70$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 17) = 4.93$, $p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

PolysulSealYeux

Modèle retenu (VHF/Sante)

SevePolysulSealYeux ~ AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise +
FormationChim + ClassMesPolysulSealYeux + PersoExpePolysulSealYeux

Statistique du modèle retenu

$F(5, 20) = 3.38$, $p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.32$.

Shapiro test

W = 0.97909, p-value = 0.8541

Breusch-Pagan test

BP = 4.7035, df = 5, p-value = 0.4531

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.04$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 14%

ClassMesPolysulSealYeux

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.79$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

PersoExpePolysulSealYeux

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 5.06$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Risque

HauteurVHF

Modèle retenu (VHF/Sante)

SeveHauteurVHF ~ GenFam.1 + ExpertiseVHF + ActiviteEntreprise + FormationHauteur

Statistique du modèle retenu

$F(4, 21) = 3.13$, $p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.25$.

Shapiro test

W = 0.96082, p-value = 0.4079

Breusch-Pagan test

BP = 3.5005, df = 4, p-value = 0.4778

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 9.54, p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 24%

Risque

PasAppliqueMasticAnten

Modèle retenu (VHF/Nav)

SevePasAppliqueMasticAnten ~ ExpertiseVHF + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience + PersoExpePasAppliqueMasticAnten

Statistique du modèle retenu

$F(5,20) = 4, p = 0.01 < .05$ avec $R^2 = 0.37$.

Shapiro test

W = 0.93049, p-value = 0.07961

Breusch-Pagan test

BP = 2.4094, df = 5, p-value = 0.7901

Variables explicatives dont l'effet est significatif

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.31, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

PersoExpePasAppliqueMasticAnten

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 14, p = 0.001 < .05$)
- Variance expliquée est de 29%

Risque

AppliquerRubanAntiErosion

Modèle retenu (VHF/Nav)

SeveAppliquerRubanAntiErosion ~ BacPro.1 + Certifications + PersoExpeUtiliseOutilMetallique

Statistique du modèle retenu

$F(3,20) = 4.29, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.30$.

Shapiro test

W = 0.96984, p-value = 0.663

Breusch-Pagan test

BP = 4.7573, df = 3, p-value = 0.1905

Variables explicatives dont l'effet est significatif

BacPro

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 7.40, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

Risque

AppliqueScotchAnten

Modèle retenu (VHF/Nav)

SeveAppliqueScotchAnten ~ ActiviteEntreprise + FormationFH

Statistique du modèle retenu

$F(2,20) = 5.12$, $p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.27$.

Shapiro test

$W = 0.96746$, $p\text{-value} = 0.6285$

Breusch-Pagan test

$BP = 0.84144$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6566$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 9.04$, $p = 0.006 < .05$)
- Variance expliquée est de 29%

Perception de l'immédiateté

Voici le détail des facteurs qui influencent de manière significative la perception de l'immédiateté des conséquences des risques sur la santé des mécaniciens et la navigabilité de l'avion.

Risque

InstallBoutOxyPleinCarbu

Modèle retenu (Oxy/Sante)

ImmInstallBoutOxyPleinCarbu ~ ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience + ExpoExplosif

Statistique du modèle retenu

$F(5,12) = 3.14$, $p = 0.048 < .05$ avec $R^2 = 0.38$.

Shapiro test

$W = 0.97289$, $p\text{-value} = 0.8499$

Breusch-Pagan test

$BP = 10.591$, $df = 5$, $p\text{-value} = 0.06012$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.63$, $p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 8.69$, $p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 21%

ExpoExplosif

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 7.14, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

Risque

MainSal

Modèle retenu (Oxy/Sante)

ImmMainSal ~ FormationExplosion + PersoExpeMainSal

Statistique du modèle retenu

$F(2,23) = 7.33, p = 0.003 < .05$ avec $R^2 = 0.33$.

Shapiro test

W = 0.68332, p-value = 3.161e-06

Breusch-Pagan test

BP = 4.0933, df = 2, p-value = 0.1292

Variables explicatives dont l'effet est significatif

FormationExplosion

- Effet significatif positif ($F(1, 23) = 7.88, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 23%

Risque

IngereOilBaseGrea

Modèle retenu (Oxy/Sante)

ImmIngereOilBaseGrea ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Certifications + FormationChim + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(6,17) = 3.34, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.38$.

Shapiro test

W = 0.94592, p-value = 0.2207

Breusch-Pagan test

BP = 9.2489, df = 6, p-value = 0.1601

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 17) = 12.13, p = 0.002 < .05$)
- Variance expliquée est de 28%

Risque

LeakDetectorPeau

Modèle retenu (Oxy/Sante)

ImmLeakDetectorPeau ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise + ClassMesLeakDetectorPeau

Statistique du modèle retenu

$F(4,13) = 7.96$, $p = 0.001 < .05$ avec $R^2 = 0.61$.

Shapiro test

$W = 0.94093$, $p\text{-value} = 0.2741$

Breusch-Pagan test

$BP = 3.9946$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.4067$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 24.98$, $p = 0.0002 < .05$)
- Variance expliquée est de 45%

ClassMesLeakDetectorPeau

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 5.91$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

Risque

LeakDetectorYeux

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$\text{ImmLeakDetectorYeux} \sim \text{ExpertiseOxy} + \text{ActiviteEntreprise} + \text{ExpoToxique}$

Statistique du modèle retenu

$F(3,21) = 5.41$, $p = 0.006 < .05$ avec $R^2 = 0.35$.

Shapiro test

$W = 0.88115$, $p\text{-value} = 0.0073$

Breusch-Pagan test

$BP = 7.4232$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.05957$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 10.31$, $p = 0.004 < .05$)
- Variance expliquée est de 26%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 5.17$, $p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

IngereLeakDetector

Modèle retenu (Oxy/Sante)

$\text{ImmIngereLeakDetector} \sim \text{GenFam.1} + \text{AnneeExpSansLicence.1} + \text{BacPro.1} + \text{ActiviteEntreprise} + \text{PersoExpelIngereLeakDetector} + \text{ExpoToxique}$

Statistique du modèle retenu

$F(6,16) = 4.58$, $p = 0.006 < .05$ avec $R^2 = 0.49$.

Shapiro test

$W = 0.93849$, $p\text{-value} = 0.1668$

Breusch-Pagan test

BP = 8.6591, df = 6, p-value = 0.1937

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 16) = 9.28, p = 0.007 < .05$)
- Variance expliquée est de 18%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 4.68, p = 0.045 < .05$)
- Variance expliquée est de 9%

PersoExpelngereLeakDetector

- Effet significatif négatif ($F(1, 16) = 6.36, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

ExpoToxique

- Effet significatif négatif ($F(1, 16) = 9.84, p = 0.006 < .05$)
- Variance expliquée est de 20%

Risque

RespireLeakDetector

Modèle retenu (Oxy/Sante)

ImmRespireLeakDetector ~ GenFam.1 + ExpertiseOxy + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + Experience + Certifications + FormationChim

Statistique du modèle retenu

$F(7,12) = 5.71, p = 0.004 < .05$ avec $R^2 = 0.63$.

Shapiro test

W = 0.98184, p-value = 0.9555

Breusch-Pagan test

BP = 11.819, df = 7, p-value = 0.1067

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 12) = 5.64, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 8%

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 12) = 6.65, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

BacPro

- Effet significatif positif ($F(1, 12) = 16.74, p = 0.001 < .05$)
- Variance expliquée est de 25%

Experience

- Effet significatif positif ($F(1, 12) = 5.51, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 8%

Certifications

- Effet significatif négatif ($F(1, 12) = 6.29, p = 0.027 < .05$)
- Variance expliquée est de 9%

FormationChim

- Effet significatif négatif ($F(1, 12) = 11.31, p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

Risque

ManipuleBoutOxy

Modèle retenu (Oxy/Sante)ImmManipuleBoutOxy ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 +
ActiviteEntreprise + FormationGeste**Statistique du modèle retenu** $F(5,19) = 3.31, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.32$.**Shapiro test**

W = 0.97096, p-value = 0.6694

Breusch-Pagan test

BP = 6.55, df = 5, p-value = 0.2563

Variables explicatives dont l'effet est significatif

FormationGeste

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 9.70, p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 24%

Risque

PasInstallSafetyLockTrain

Modèle retenu (Fuel/Sante)ImmPasInstallSafetyLockTrain ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 +
BacPro.1 + ActiviteEntreprise + Certifications + FormationFH +
ClassMesPasInstallSafetyLockTrain + ExpoObjetsMobiles**Statistique du modèle retenu** $F(8,8) = 19.56, p = 0.0002 < .05$ avec $R^2 = 0.90$.**Shapiro test**

W = 0.9035, p-value = 0.07775

Breusch-Pagan test

BP = 6.6606, df = 8, p-value = 0.5737

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 11.68, p = 9.11e-03 < .05$)
- Variance expliquée est de 5%

BacPro

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 8.59, p = 1.89e-02 < .05$)
- Variance expliquée est de 4%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 30.33, p = 5.68e-04 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Certifications

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 27.78, p = 7.54e-04 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

FormationFH

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 82.65, p = 72e-05 < .05$)
- Variance expliquée est de 35%

ClassMesPasInstallSafetyLockTrain

- Effet significatif positif ($F(1, 16) = 24.22, p = 1.161440e-03 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

ExpoObjetsMobiles

- Effet significatif négatif ($F(1, 16) = 36.04, p = 3.21e-04 < .05$)
- Variance expliquée est de 15%

Risque

NonAqueuCleanPeau

Modèle retenu (Fuel/Sante)

ImmNonAqueuCleanPeau ~ GenFam.1 + ExpertiseFuel + AnneeExpSansLicence.1 +
Certifications + FormationChim + ClassMesNonAqueuCleanPeau +
PersoExpeNonAqueuCleanPeau + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(8,14) = 4.85, p = 0.004 < .05$ avec $R^2 = 0.58$.

Shapiro test

$W = 0.97828, p\text{-value} = 0.8749$

Breusch-Pagan test

$BP = 13.404, df = 8, p\text{-value} = 0.09867$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 14) = 20.96, p = 0.0004 < .05$)
- Variance expliquée est de 30%

Certifications

- Effet significatif négatif ($F(1, 14) = 7.93, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

ClassMesNonAqueuCleanPeau

- Effet significatif positif ($F(1, 14) = 8.22, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

PersoExpeNonAqueuCleanPeau

- Effet significatif positif ($F(1, 14) = 7.04, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

Risque

RespireNonAqueuClean

Modèle retenu (Fuel/Sante)

ImmRespireNonAqueuClean ~ AnneeExpSansLicence.1 + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(2,20) = 6.02, p = 0.008 < .05$ avec $R^2 = 0.31$.

Shapiro test

W = 0.95677, p-value = 0.4013

Breusch-Pagan test

BP = 2.8031, df = 2, p-value = 0.2462

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 9.90, p = 0.005 < .05$)
- Variance expliquée est de 30%

Risque

PasDetecteDomLiaisElec

Modèle retenu (Fuel/Sante)

ImmPasDetecteDomLiaisElec ~ GenFam.1 + ExpertiseFuel + AnneeExpSansLicence.1 +
ActiviteEntreprise + ExpInflammable

Statistique du modèle retenu

$F(5, 13) = 6.17, p = 0.003 < .05$ avec $R^2 = 0.59$.

Shapiro test

W = 0.96065, p-value = 0.5853

Breusch-Pagan test

BP = 9.2936, df = 5, p-value = 0.09791

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 13) = 12.67, p = 0.003 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

ExpInflammable

- Effet significatif négatif ($F(1, 13) = 20.53, p = 0.0003 < .05$)
- Variance expliquée est de 35%

Risque

ConnectElectCon

Modèle retenu (Fuel/Nav)

ImmConnectElectCont ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise +
Certifications

Statistique du modèle retenu

$F(4, 21) = 8.18, p = 0.0004 < .05$ avec $R^2 = 0.53$.

Shapiro test

W = 0.98201, p-value = 0.9134

Breusch-Pagan test

BP = 3.2216, df = 4, p-value = 0.5215

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 1.77, p = 4.03e-02 < .05$)
- Variance expliquée est de 8%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 9.98, p = 4.72e-03 < .05$)
- Variance expliquée est de 16%

Certifications

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 24.03, p = 7.55e-05 < .05$)
- Variance expliquée est de 39%

Risque

TordreFaisceauConnectElect

Modèle retenu (Fuel/Nav)
$$\text{ImmTordreFaisceauConnectElect} \sim \text{AnneeExpSansLicence.1} + \text{Experience} + \\ \text{ClassMesTordreFaisceauConnectElect} + \text{PersoExpeConnectElectCont}$$
Statistique du modèle retenu $F(4, 21) = 2.92, p = 0.045 < .05$ avec $R^2 = 0.23$.**Shapiro test** $W = 0.9503, p\text{-value} = 0.2357$ **Breusch-Pagan test** $BP = 6.4539, df = 4, p\text{-value} = 0.1677$ **Variables explicatives dont l'effet est significatif**

ClassMesTordreFaisceauConnectElect

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 7.50, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 20%

Risque

NonAqueousCleanPeauV

Modèle retenu (VHF/Sante)
$$\text{ImmNonAqueousCleanPeauV} \sim \text{GenFam.1} + \text{AnneeExpSansLicence.1} + \\ \text{ActiviteEntreprise} + \text{ClassMesNonAqueousCleanPeauV} + \\ \text{NewIdDangeNonAqueuCleanPeau} + \\ \text{ExpoToxique}$$
Statistique du modèle retenu $F(6, 18) = 7.06, p = 0.0005 < .05$ avec $R^2 = 0.60$.**Shapiro test** $W = 0.96878, p\text{-value} = 0.6142$ **Breusch-Pagan test** $BP = 4.0018, df = 6, p\text{-value} = 0.6764$ **Variables explicatives dont l'effet est significatif**

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 18) = 6.09, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 9%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 18) = 12.35, p = 0.002 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

ClassMesNonAqueousCleanPeauV

- Effet significatif négatif ($F(1, 18) = 7.53, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 10%

NewIdDangeNonAqueuCleanPeau

Effet significatif positif ($F(1, 18) = 20.42, p = 0.0002 < .05$)

- Variance expliquée est de 29%

Risque

NonAqueousCleanYeuxV

Modèle retenu (VHF/Sante)

$ImmNonAqueousCleanYeuxV \sim ActiviteEntreprise + Experience + NewIdDangeNonAqueuCleanYeux$

Statistique du modèle retenu

$F(3, 22) = 4.08, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.26$.

Shapiro test

$W = 0.81146, p\text{-value} = 0.0002776$

Breusch-Pagan test

$BP = 16.962, df = 3, p\text{-value} = 0.0007194$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 22) = 10.46, p = 0.003 < .05$)
- Variance expliquée est de 27%

Risque

IngereNonAqueousCleanV

Modèle retenu (VHF/Sante)

$ImmIngereNonAqueousCleanV \sim GenFam.1 + Experience + ExpoToxique$

Statistique du modèle retenu

$F(3, 22) = 4.03, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.27$.

Shapiro test

$W = 0.92795, p\text{-value} = 0.06925$

Breusch-Pagan test

$BP = 8.1505, df = 3, p\text{-value} = 0.043$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 22) = 5.30, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 15%

Risque

RespireNonAqueousCleanV

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmRespireNonAqueousCleanV ~ AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise +
Certifications + PersoExpeRespireNonAqueuCleanV

Statistique du modèle retenu

$F(4, 20) = 3.71, p = 0.02 < .05$ avec $R^2 = 0.31$.

Shapiro test

W = 0.97378, p-value = 0.7413

Breusch-Pagan test

BP = 2.3588, df = 4, p-value = 0.6701

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 7.72, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 21%

Risque

PolysulSealPeau

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmPolysulSealPeau ~ ExpertiseVHF + AnneeExpSansLicence.1 + ActiviteEntreprise +
Certifications + FormationChim + ClassMesPolysulSealPeau +
NewIdDangePolysulSealPeau

Statistique du modèle retenu

$F(8, 15) = 3.71, p = 0.01 < .05$ avec $R^2 = 0.48$.

Shapiro test

W = 0.95454, p-value = 0.3387

Breusch-Pagan test

BP = 9.8243, df = 8, p-value = 0.2776

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 5.10, p = 0.040 < .05$)
- Variance expliquée est de 11%

Risque

PolysulSealYeux

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmPolysulSealYeux ~ ExpertiseVHF + BacPro.1 + ActiviteEntreprise +

Experience

Statistique du modèle retenu

$F(4, 22) = 2.95, p = 0.04 < .05$ avec $R^2 = 0.23$.

Shapiro test

$W = 0.92153, p\text{-value} = 0.04297$

Breusch-Pagan test

$BP = 10.155, df = 4, p\text{-value} = 0.03789$ (graph ok)

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 20) = 7.42, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 20%

Risque

IngerePolysulSeal

Modèle retenu (VHF/Sante)

$\text{ImmIngerePolysulSeal} \sim \text{GenFam.1} + \text{Experience} + \text{ExpoToxique}$

Statistique du modèle retenu

$F(3, 23) = 4.52, p = 0.01 < .05$ avec $R^2 = 0.29$.

Shapiro test

$W = 0.87276, p\text{-value} = 0.003364$

Breusch-Pagan test

$BP = 6.3136, df = 3, p\text{-value} = 0.09731$

Variables explicatives dont l'effet est significatif

GenFam

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 6.38, p = 0.02 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 20) = 5.04, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

CoatingPeau

Modèle retenu (VHF/Sante)

$\text{ImmCoatingPeau} \sim \text{ActiviteEntreprise} + \text{FormationChim} + \text{ClassMesCoatingPeau}$

Statistique du modèle retenu

$F(3, 21) = 5.07, p = 0.008 < .05$ avec $R^2 = 0.34$.

Shapiro test

$W = 0.9444, p\text{-value} = 0.1869$

Breusch-Pagan test

BP = 1.5817, df = 3, p-value = 0.6636

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 5.00, p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 17%

Risque

CoatingYeux

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmCoatingYeux ~ ActiviteEntreprise + Experience + ClassMesCoatingYeux + ExpoToxique

Statistique du modèle retenu

$F(4, 21) = 3.30, p = 0.03 < .05$ avec $R^2 = 0.27$.

Shapiro test

W = 0.87598, p-value = 0.004741

Breusch-Pagan test

BP = 13.161, df = 4, p-value = 0.01051

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif ($F(1, 21) = 7.98, p = 0.01 < .05$)
- Variance expliquée est de 19%

Experience

- Effet significatif négatif ($F(1, 21) = 5.46, p = 0.03 < .05$)
- Variance expliquée est de 13%

Risque

IngereCoating

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmIngereCoating ~ GenFam.1 + AnneeExpSansLicence.1 + Certifications

Statistique du modèle retenu

$F(3, 22) = 4.82, p = 0.001 < .05$ avec $R^2 = 0.31$.

Shapiro test

W = 0.94179, p-value = 0.1482

Breusch-Pagan test

BP = 8.4525, df = 3, p-value = 0.03753 (graph ok)

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif ($F(1, 22) = 4.53, p = 0.04 < .05$)
- Variance expliquée est de 12%

Certifications

- Effet significatif négatif ($F(1, 22) = 8.39, p = 0.008 < .05$)
- Variance expliquée est de 22%

Risque

ImmRespireCoating

Modèle retenu (VHF/Sante)

ImmRespireCoating ~ ExpertiseVHF + ActiviteEntreprise + Experience +
NewIdDangeRespireCoating + PersoExpeRespireCoating

Statistique du modèle retenu

F(6, 19) = 3, p = 0.03 < .05 avec R² = 0.32.

Shapiro test**Breusch-Pagan test**

BP = 8.4525, df = 3, p-value = 0.03753 (graph ok)

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ExpertiseVHF

- Effet significatif négatif (F(1, 22) = 5.09, p = 0.04 < .05)
- Variance expliquée est de 12%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif (F(1, 22) = 8.26, p = 0.009 < .05)
- Variance expliquée est de 19%

PersoExpeRespireCoating

- Effet significatif positif (F(1, 22) = 4.56, p = 0.045 < .05)
- Variance expliquée est de 10%

Risque

PasApplliqueMasticAnten

Modèle retenu (VHF/Nav)

ImmPasApplliqueMasticAnten ~ AnneeExpSansLicence.1 + Experience

Statistique du modèle retenu

F(2, 23) = 3.71, p = 0.04 < .05 avec R² = 0.18.

Shapiro test

W = 0.9607, p-value = 0.4056

Breusch-Pagan test

BP = 1.0957, df = 2, p-value = 0.5782

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif négatif (F(1, 23) = 6.40, p = 0.02 < .05)
- Variance expliquée est de 20%

Risque

AppliquerRubanAntiErosion

Modèle retenu (VHF/Nav)

ImmAppliquerRubanAntiErosion ~ ActiviteEntreprise + Experience

Statistique du modèle retenu

F(2, 22) = 6.06, p = 0.008 < .05 avec R² = 0.30.

Shapiro test

W = 0.94588, p-value = 0.2021

Breusch-Pagan test

BP = 3.4957, df = 2, p-value = 0.1741

Variables explicatives dont l'effet est significatif

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif (F(1, 22) = 9.59, p = 0.005 < .05)
- Variance expliquée est de 27%

Experience

- Effet significatif négatif (F(1, 22) = 5.21, p = 0.03 < .05)
- Variance expliquée est de 14%

Risque

AppliqueScotchAnten

Modèle retenu (VHF/Nav)

ImmAppliqueScotchAnten ~ ExpertiseVHF + AnneeExpSansLicence.1 + BacPro.1 + ActiviteEntreprise + Certifications + FormationFH + PersoExpeAppliquerRubanAntiErosion

Statistique du modèle retenu

F(7, 14) = 4.89, p = 0.006 < .05 avec R² = 0.56.

Shapiro test

W = 0.98031, p-value = 0.9207

Breusch-Pagan test

BP = 3.4957, df = 2, BP = 4.812, df = 7, p-value = 0.6829

Variables explicatives dont l'effet est significatif

AnneeExpSansLicence

- Effet significatif positif (F(1, 14) = 5.32 p = 0.03 < .05)
- Variance expliquée est de 9%

BacPro

- Effet significatif négatif (F(1, 14) = 5.20, p = 0.04 < .05)
- Variance expliquée est de 9%

ActiviteEntreprise

- Effet significatif positif (F(1, 22) = 18.67, p = 0.0007 < .05)
- Variance expliquée est de 31%

PersoExpeAppliquerRubanAntiErosion

- Effet significatif positif (F(1, 22) = 6.53, p = 0.02 < .05)
- Variance expliquée est de 11%