



HAL
open science

Étude des conditions et des contraintes de l'instruction en cours au sol sur simulateurs de procédure

Philippe Bonnet

► **To cite this version:**

Philippe Bonnet. Étude des conditions et des contraintes de l'instruction en cours au sol sur simulateurs de procédure: approche didactique des formations de qualifications de type sur hélicoptère. Education. Aix Marseille Université (AMU), 2022. Français. NNT: . tel-03894141v2

HAL Id: tel-03894141

<https://theses.hal.science/tel-03894141v2>

Submitted on 21 Mar 2024

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 DE DOCTORAT

Soutenue à Aix-Marseille Université
le 24 novembre 2022 par

Philippe Bonnet

**Étude des conditions et des contraintes de l’instruction
en cours au sol sur simulateurs de procédure :
approche didactique des formations de qualifications de
type sur hélicoptère.**

Discipline

Sciences de l’Éducation et de la Formation

École doctorale

ED356 : Cognition, Langage, Éducation

Laboratoire

UR 4671 : Apprentissage, Didactique,
Évaluation, Formation (ADEF)

Dans le cadre d’une **CIFRE N°0122/2018**
du 3 avril 2018 (ANRT)

Entreprise d’accueil de la CIFRE

Airbus Helicopters Training Academy France
Aéroport international Marseille-Provence,
13700 Marignane

• Composition du jury

• **Stéphane SIMONIAN**

• Professeur des universités

• Université Lumière Lyon 2

• **Jacques AUDRAN**

• Professeur des universités

• INSA - Strasbourg

• **Jean-Michel PEREZ**

• Professeur des universités

• Université de Lorraine

• **Jean RAVESTEIN**

• Professeur émérite des universités

• Aix-Marseille Université

• **Caroline LADAGE**

• Professeure des universités

• Aix-Marseille Université

Président du jury

Rapporteur du jury

Rapporteur du jury

Membre du jury

Directrice de thèse

Affidavit

Je soussigné, Philippe Bonnet, déclare par la présente que le travail présenté dans ce manuscrit est mon propre travail, réalisé sous la direction scientifique de Caroline Ladage, dans le respect des principes d'honnêteté, d'intégrité et de responsabilité inhérents à la mission de recherche. Les travaux de recherche et la rédaction de ce manuscrit ont été réalisés dans le respect à la fois de la charte nationale de déontologie des métiers de la recherche et de la charte d'Aix-Marseille Université relative à la lutte contre le plagiat.

Ce travail n'a pas été précédemment soumis en France ou à l'étranger dans une version identique ou similaire à un organisme examinateur.

Fait à Marseille, le 21 septembre 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Bonnet', written on a light-colored rectangular background.

Liste de publications et participation aux conférences

- Liste des publications¹ réalisées dans le cadre du projet de thèse :
 1. Bonnet, P. & Ladage, C. (article en cours). Study of the conditions and constraints of ground school instruction on procedure simulators: didactic approach to helicopter type rating training.
- ...
- Participation aux conférences² et écoles d'été au cours de la période de thèse :
- Colloque SFERE-Provence (FED4238)/AMPIRIC Apprentissages, stratégies et politiques éducatives. Quelles interdisciplinarités, méthodologies et perspectives internationales ? Présentation de poster.
- Contribution aux tables rondes de la journée SiForIA du 26 mars 2020 à l'EALAT du Cannet-des-Maures, organisé par Safe Cluster.

¹ Cette liste comprend les articles publiés, les articles soumis à publication et les articles en préparation ainsi que les livres, chapitres de livre et/ou toutes formes de valorisation des résultats des travaux propres à la discipline du projet de thèse. La référence aux publications doit suivre les règles standards de bibliographie et doit être conforme à la charte des publications d'AMU.

² Le terme « conférence » est générique. Il désigne à la fois « conférence », « congrès », « workshop », « colloques », « rencontres nationales et/ou internationales » ... etc.

Indiquer si vous avez fait une présentation orale ou sous forme de poster.

Résumé

Cette recherche doctorale se situe dans un contexte aéronautico-industriel et la convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), qui s'y rattache, a été contractée avec un organisme de formation, affilié à un constructeur d'hélicoptères, proposant des formations au vol et à la maintenance.

Le secteur de la formation aéronautique est empreint d'enjeux économiques et réglementaires, et de transformations digitales permanentes dans lesquelles les pratiques pédagogiques doivent s'adapter en permanence au milieu d'un grand nombre d'outils numériques prescrits par les institutions avant même une réflexion didactique et pédagogique. La question de leur utilisation, de leur utilité, de leur statut dans la formation, du rapport aux objets numériques dans une situation d'apprentissage déterminée ainsi que des contraintes institutionnelles fortes constitue un enjeu majeur.

Nous avons fait le choix dans ce travail de thèse de nous appuyer sur une approche didactique de la formation, aussi bien anthropologique que professionnelle, afin de guider la recherche et les actions attendues dans le cadre d'une CIFRE, dans laquelle est consignée l'amélioration de la connaissance et la compréhension du fonctionnement actuel du service de la formation aux prises avec le numérique, la professionnalisation des instructeurs ainsi que la contribution de l'enrichissement de la recherche en didactique en milieu professionnel sur simulateurs.

Le contrat doctoral, qui a été conclu pour la réalisation d'une recherche en sciences de l'éducation et de la formation, prend appui sur le cadre de référence théorique du champ de la didactique, plus particulièrement dans une approche anthropologique du didactique. L'un des objectifs majeurs de cette approche est de fournir un cadre pour la recherche exploratoire et compréhensive qui a été menée pour l'étude des conditions et contraintes pouvant déterminer le fonctionnement des formations au pilotage d'hélicoptères et à leur maintenance lors d'instructions instrumentées par le numérique.

Les questions de recherche interrogent les conditions de réalisation des formations dans un environnement hautement instrumenté et à teneur technologique élevée, et les conditions de faisabilité d'expérimentations d'instructions instrumentées ainsi que l'identification de l'accompagnement nécessaire à la mise en œuvre de dispositifs de formation par les instructeurs maîtrisant au mieux les conditions de l'écologie didactique dans lesquelles ils doivent avoir lieu.

Pour y répondre, nous avons monté différents dispositifs de recherche centrés

sur l'observation et l'enquête (par entretien et par questionnaire) et mettant en œuvre une sélection d'expérimentations auprès de la population enseignante, dans le respect et les limites du contexte fortement règlementé du secteur de l'aéronautique.

Les résultats mettent en lumière un grand nombre de conditions spécifiques et de contraintes fortes du point de vue de la sécurité aérienne et de la haute teneur technologique qui caractérisent la formation aéronautique devant œuvrer dans un milieu très règlementé et institutionnalisé. Les instructeurs ont peu de marge de manœuvre dans leur pratique pédagogique face à un public de cultures et de niveaux hétérogènes et hautement exigeants, et au milieu d'une multitude d'outils pédagogiques dont l'évolutivité importante génère des rapports aux savoirs et au numérique hétérogènes qui impactent le fonctionnement des systèmes didactiques.

L'articulation entre la recherche en sciences de l'éducation et de la formation et les acteurs du monde professionnel aux prises avec l'évolution de la formation en aéronautique prend tout son sens pour accompagner la transition numérique de la formation professionnelle, en attirant l'attention sur l'importance d'interroger le type et la pertinence du recours au numérique et à la simulation, par un accompagnement collectif et personnalisé de la population enseignante.

Mots-Clés

Didactique en milieu professionnel – Simulation en formation – Formation en aéronautique – Transition numérique – Instruction sur hélicoptère

Abstract

This doctoral research identifies with an aeronautical-industrial context and the industrial convention of training by research (CIFRE), which is related to it, was contracted with a training organisation, affiliated with a helicopter manufacturer, intend to do flight and maintenance training.

The aeronautical training sector is committed by economic and regulatory stakes, and by permanent digital transformations in which pedagogical practices must be permanently adapted during many digital tools prescribed by the institutions even before didactics and pedagogical reflection. The question of their use, their usefulness, their status in training, the relationship to digital objects in each learning situation as well as the strong institutional constraints constitute a major issue.

We have chosen in this thesis to rely on a didactic approach to training, both anthropological and professional, in order to guide the research and actions expected in the framework of a CIFRE, in which is recorded in the improvement of knowledge and understanding of the present organisation of the training department in the face of digital technology, the professionalisation of instructors as well as the contribution of the enrichment of research in didactics in a professional environment on simulators.

The doctoral contract, which was concluded for the realisation of research in education and training sciences, is based on the theoretical frame of reference in the field of didactics, more particularly in an anthropological approach of didactics. One of the major objectives of this approach is to provide a framework for the exploratory and comprehensive research that has been conducted to study the conditions and constraints that can determine the operation of helicopter pilot training and maintenance during instructions equipped with digital tools.

The research questions question first the conditions of realisation of the training in a highly instrumental environment and with highly technological content, then the conditions of feasibility of experimentations of instructions equipped with digital tools as well as the identification of the necessary accompaniment to the implementation of training devices by the instructors to master the conditions of the didactic ecology in which they must unfold.

To answer this question, we have set up different research devices centred on observation and survey (by interview and by questionnaire) and implementing a selection of experiments with the community of teachers, in the respect and the limits of the highly regulated context of the aeronautical sector.

The results highlight many specific conditions and strong constraints from the

point of view of air safety and highly technological content that characterise aeronautical training that must operate in a highly regulated and institutionalised environment. Instructors have little leeway in their pedagogical practice when faced with a highly demanding training actors suffused with heterogeneous cultures and levels, and during a multitude of pedagogical tools whose significant scalability generates heterogeneous relationships with knowledge and to the digital world, which has an impact on the operating of didactic systems.

The articulation between research in education and training sciences and the actors of the professional world who are confronted with the evolution of training in aeronautics, takes on its full meaning to accompany the digital transition of vocational training, by drawing attention to the importance of questioning the type and relevance of the use of digital technology and simulation, through a collective and personalised support of the trainees.

Keywords

Didactics in professional environment, Simulation in training, aeronautical training, digital transition, helicopter instruction

Page laissée intentionnellement vide

À force de sacrifier l'essentiel pour l'urgence, on finit par oublier l'urgence de l'essentiel.

La Méthode, Éthique (2004) de Edgar Morin

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier chaleureusement ma directrice de thèse, Caroline Ladage, Professeure des universités en sciences de l'éducation et de la formation, qui m'accompagne depuis mon retour aux études. J'aimerais lui dire ma reconnaissance et ma gratitude pour son aide, ses conseils pertinents, la réactivité et l'investissement qu'elle a fait montre à mon égard durant la réalisation de cette thèse et bien plus encore. Je voudrais surtout la remercier de la confiance qu'elle m'a témoignée en m'invitant à participer au projet de partenariat avec Airbus qui n'aurait pas existé sans elle.

J'associe en priorité à ces premiers remerciements concernant la genèse de cette recherche, Jérôme Échinard, ingénieur des opérations, de la gestion de la sécurité aérienne et de la formation, – le référent scientifique de la CIFRE au sein de l'entreprise – pour son soutien, son aide, nos échanges durant ces trois ans et le suivi pas à pas de cette thèse ; Christophe Marchal, ex-directeur des formations pilotes, à l'initiative du projet de partenariat et Yann Guérin, actuel directeur des formations pilotes qui a repris le flambeau de cette collaboration avec l'implication et l'investissement nécessaire au bon déroulement de cette thèse.

Je tiens ensuite à remercier tout le personnel d'Airbus Helicopters Training Academy pour leur accueil : le comité de direction d'AHTS et d'AHTA, signataire de la convention initiale et de sa prolongation, et toute l'équipe des instructeurs-pilotes. En premier lieu, les instructeurs au sol : Jean-Luc Gaultier, Chief Theoretical Knowledge Instructors, Albane, Jean-Pierre, Guillaume, Marc, Pascal, Raphaël, Luc, Éric, Serge, Bruno et John. Puis, les instructeurs au vol : William Pasquon, ex-Chief of Flight Instructors (CFI) et Alexandre Bellet, actuel CFI, Marc, Thierry, Raphaël, Gilbert, Patrick, Éric et bien sûr nos assistantes : Marie-Laurence, Alexandra et Nathalie. Et toutes les équipes d'instructeurs-techniciens, sous la responsabilité d'Hervé Fischer, Directeur de la formation des techniciens, et tous ceux qui m'ont aidé dans mes expérimentations, mes échanges et ma recherche. Ils sont nombreux.

J'aimerais aussi cordialement exprimer toute ma reconnaissance à tous les enseignants-chercheurs du département des sciences de l'éducation et de la formation d'Aix-Marseille université et du laboratoire ADEF et particulièrement du programme DECAP, qui ont tous à leur niveau apporté une pierre à mon édifice épistémique, en pensant tout particulièrement à Jean Ravestein et Jean-Louis Boutte. J'y associe aussi tous mes collègues-doctorants et étudiants.

Enfin, je veux adresser toute mon affection à Valérie, mon épouse, pour la patience, la compréhension, l'engagement et le soutien qu'elle m'a exprimés tout au long de ces années de retour aux études. Elle a vécu au quotidien mes enthousiasmes, mes doutes, mes déceptions, et mon égocentrisme, tout en étant toujours présente.

À feu, mon père, à ma mère.

Table des matières

Avant-propos.....	14
Introduction générale.....	17
1. L'enquête sur l'écologie didactique des objets techniques dans la formation aéronautique	20
2. L'échelle de niveaux de codétermination du didactique comme outil de structuration de la recherche.....	24
3. Le dispositif CIFRE comme cadre de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation.....	28
4. La structure de la thèse.....	33
Partie 1. La formation aéronautique	34
Chapitre 1. Le milieu de la formation aéronautique	35
1. Introduction.....	35
2. Le contexte et l'histoire de l'hélicoptère dans le milieu aéronautique	35
2.1. La particularité technique d'un hélicoptère.....	36
2.2. L'usage de l'hélicoptère.....	37
2.3. L'histoire de la formation aéronautique industrielle.....	39
3. L'organisation réglementaire de la formation aéronautique	42
3.1. Les autorités de l'aéronautique.....	42
3.2. La réglementation européenne.....	46
3.3. La réglementation des organismes de formation des pilotes (ATO)	49
3.4. La réglementation des organismes de formation en maintenance (MTO).....	51
4. Conclusion du premier chapitre.....	52
Chapitre 2. Le contexte de la formation aéronautique non <i>ab initio</i> sur hélicoptère	54
1. Le contexte industriel.....	54
1.1. Le groupe Airbus Helicopters.....	54
1.2. L'entreprise d'accueil de la CIFRE : AHTS/AHTA France.....	56
2. Les licences, certifications et qualifications aéronautiques.....	57
2.1. Les licences.....	57
2.2. Les certifications	58
2.3. Les qualifications	59
2.4. Les délivrances des qualifications.....	59
3. La qualification de type.....	60
3.1. Définition	60
3.2. Le contenu de la qualification de type	60
3.3. L'organisation de la formation au sein d'AHTA.....	62
3.4. Conception d'un cours type.....	65
4. Les outils numériques de formation dans le contexte aéronautique	66
4.1. Les outils numériques référencés par l'EASA.....	66
4.2. Les autres dispositifs de formation	72
4.3. Les outils numériques de formation utilisés en cours au sol chez AHTA	75
5. Questionner les conditions et contraintes pesant sur les formations aéronautiques industrielles.....	77
Partie 2. La recherche sur la simulation en formation, problématisation et cadre théorique de référence ...	80
Chapitre 3. La simulation en formation professionnelle.....	81
1. Introduction.....	81
2. La simulation en formation	82
2.1. Définitions de la simulation en formation.....	82

2.2. Notions de fidélité et de validité.....	83
2.3. La pratique professionnelle par la simulation.....	85
2.4. Les raisons didactiques de l'usage de la simulation.....	86
3. La didactique professionnelle et la transposition didactique de l'activité.....	88
3.1. L'analyse de l'activité pour la formation professionnelle.....	88
3.2. La psychologie du développement au sens d'une conceptualisation du travail.....	89
3.3. L'ergonomie cognitive pour comprendre le développement des compétences.....	91
3.4. La didactique des disciplines et la question des savoirs de référence en didactique professionnelle.....	93
4. La situation didactique dans la simulation.....	97
4.1. Les différentes approches.....	97
4.2. Le briefing : le temps de la construction et des consignes.....	101
4.3. La simulation : le temps de l'action.....	101
4.4. Le débriefing : le temps de la méta-analyse et de l'autoconfrontation.....	102
Chapitre 4. L'approche anthropologique du didactique comme cadre théorique de référence.....	106
1. Introduction.....	106
2. Origines de l'approche en didactique et théorisations fondamentales.....	108
3. La théorie du rapport au savoir dans l'approche didactique.....	111
4. L'analyse didactique et l'analyse praxéologique.....	114
5. Mise en perspective didactique et problématisation du contexte de la formation en aéronautique.....	116
5.1. Étude des conditions et contraintes.....	117
5.2. Les conditions et contraintes des formations aéronautiques industrielles.....	121
5.3. Problématisation : tensions entre pratique et expansion des outils numériques.....	126
Partie 3. Méthodologie de la recherche.....	128
Chapitre 5. Approches méthodologiques et méthodes de recueil de données.....	129
1. Introduction.....	129
1.1. Un recueil de données basé sur un travail d'enquêtes.....	131
1.2. L'étude du milieu de la formation instrumentée au sein du Training Academy.....	133
2. Enquête exploratoire des documents officiels et réglementaires.....	137
3. Enquête exploratoire par entretiens.....	138
3.1. L'objectif scientifique.....	138
3.2. La population.....	139
3.3. Le dispositif des entretiens.....	142
3.4. La grille d'entretien.....	144
4. Enquête par observations des pratiques professionnelles des instructeurs.....	147
4.1. Introduction.....	147
4.2. Cadre juridique.....	148
4.3. Préparation du terrain.....	148
4.4. Captation vidéo et enregistrement.....	149
4.5. Agencement du dispositif de captation.....	150
5. Dispositif expérimental de groupes d'analyse de pratiques professionnelles (GAPP).....	153
5.1. Introduction.....	153
5.2. Définition.....	154
5.3. Le dispositif.....	156
6. Enquête par questionnaire.....	158
6.1. Introduction.....	158
6.2. La population.....	159
6.3. La taille de l'échantillon.....	161
6.4. Outil de conception et de diffusion.....	163
6.5. Les questions.....	164
7. Conclusion.....	174

Chapitre 6. Les résultats de la recherche.....	175
1. Introduction.....	175
2. Les méthodes d'analyse des différents dispositifs de recherche	175
2.1. Méthode d'analyse des entretiens.....	175
2.2. Méthodes d'analyse des questionnaires.....	177
2.3. Méthode d'analyse des observations et du dispositif des GAPP.....	178
3. Résultats.....	179
3.1. Résultats de l'enquête par entretiens.....	179
3.2. Résultats des dispositifs GAPP.....	188
3.3. Résultats de l'enquête par questionnaires.....	195
Chapitre 7. Discussion et perspectives	217
1. Discussion des résultats.....	217
2. Perspectives scientifiques et professionnelles.....	219
Chapitre 8. Conclusion générale.....	223
Références bibliographiques	229
Table des graphiques	239
Table des tableaux	240
Glossaire des sigles et acronymes	241
Annexes	Erreur ! Signet non défini.
A. Les entretiens.....	Erreur ! Signet non défini.
B. Documents relatifs aux entretiens	Erreur ! Signet non défini.
C. Les questionnaires.....	Erreur ! Signet non défini.
D. Données brutes des questionnaires	Erreur ! Signet non défini.
E. Documents relatifs aux GAPP.....	Erreur ! Signet non défini.
F. Attestation de présence au colloque.....	Erreur ! Signet non défini.
G. Présentation du poster.....	Erreur ! Signet non défini.
H. Mise en place de la formation à distance.....	Erreur ! Signet non défini.

Avant-propos

Le cheminement d'une reconversion professionnelle vers une construction scientifique

Un processus de reconversion professionnelle

Cette thèse tire son origine d'une décision volontaire et personnelle de reconversion professionnelle suivie de l'opportunité d'une recherche scientifique. Ainsi, en 2013, après un parcours professionnel de plus de vingt ans dans le commerce et l'ingénierie informatiques, j'émets le désir de partager mon expertise en me dirigeant vers les métiers de la formation. Et afin de vérifier mes intentions, j'effectue d'abord un bilan de compétences homologuant, à priori, mon aptitude à exercer des métiers dans ce champ. Puis, je travaille pour le Greta en tant que formateur vacataire en vente et en bureautique. Néanmoins, ces prétentions et cette courte expérience professionnelle, fût-elle fructueuse, ne suffisaient pas de mon point de vue à la justification d'une certaine reconnaissance professionnelle. Il m'a fallu les légitimer. D'après Gueguen (2014)³, une légitimité professionnelle passe d'abord par un processus de reconnaissance sociale. Et cette reconnaissance réclame d'une certaine manière l'acquisition de connaissances et de compétences pour améliorer sa pratique, mais requiert me semblait-il avant tout et particulièrement en France, une valorisation par qualification, voire au mieux par diplomation, même si en 2018 une étude de Pôle Emploi⁴ montre que le diplôme joue un rôle important seulement dans les activités financières et d'assurances, les activités informatiques et les activités scientifiques et techniques.

De ce fait, pour faire suite à cette conviction, je reprends en parallèle des études en sciences de l'éducation à l'université d'Aix-Marseille, estimant que l'Académie semblait être l'institution enseignante la plus légitime à mes yeux. J'obtiens alors, en juin 2015, un premier diplôme de licence « formation, évaluation et ingénierie en formation d'adultes » proposé par le département des sciences de l'éducation de l'UFR Arts Lettres Sciences humaines et sociales (ALLSH). Puis, sur les conseils de mes enseignants, je continue mes études, dans le même département universitaire, pour

³ Gueguen, H. (2014). Reconnaissance et légitimité. *Vie sociale*(4), 67-82.

⁴ <http://www.pole-emploi.org/statistiques-analyses/entreprises/offres-demploi-et-recrutements/diplomes-competences-techniques.html?type=article>. Dernier repérage 28/09/2022

l'obtention en juin 2016 du master « Responsable de formation et intervenant en organisation ». Dans le cadre de cette formation, j'effectue deux stages. Le premier en participant à un projet de recherche SCOLA (Système de communication ouvert et ludique pour les apprentissages), consacré à l'étude d'une plateforme numérique incluant un jeu sérieux (*Serious Game*) en cours de mathématique au collège, piloté au sein du laboratoire ADEF par Caroline Ladage, professeure des universités, qui était ma directrice de mémoire et deviendra ma directrice de thèse. Et le second, à Kedge Business School dans le cadre de la pédagogie Pro-Act (Projet-Action), une pédagogie par projet basée sur le *learning by doing* au sein de l'école de commerce, qui fera par ailleurs l'objet de mon mémoire de master.

En 2016, je décide de poursuivre mon parcours étudiant vers le chemin de la recherche en commençant par obtenir, en 2017, un master recherche en sciences de l'éducation dans le but de m'engager vers un doctorat dont le thème devait tourner autour des études didactiques sur les environnements numériques en formation. L'objectif de cette poursuite fut double. Le premier était dicté par un besoin de connaissances et le désir de réaliser des travaux de recherche initiés en master. Puis, la visée du second correspondait à ma volonté de professionnalisation et de spécialisation dans le champ de la formation instrumentée par le numérique. Un champ en pleine expansion et irrévocablement tournée vers des outils technologiques pour lesquels les compétences et connaissances professionnelles que j'avais acquises lors de ma précédente carrière, en complément de ma récente formation universitaire, pouvaient m'être utiles à l'appréhension et l'élaboration de cette thèse.

La construction du projet de thèse

Dès lors, après avoir obtenu le diplôme de master « Éducation et formation », dans le parcours recherche au *département des sciences de l'éducation* d'Aix-Marseille université (AMU), j'ai obtenu l'autorisation de m'inscrire en doctorat à la rentrée de 2017 au sein de l'école doctorale ED 356 *Cognition, Langage, Éducation*, et fut accueilli par l'unité de recherche UR 4671 *Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation* (ADEF) en sciences de l'éducation (SCE).

À l'origine, Caroline Ladage, alors directrice de mon mémoire, me proposa, en cours d'année de master, de participer au développement d'un partenariat de recherche avec une industrie qu'elle avait initié en 2013. Au départ cette relation entre une entreprise de formation aéronautique et une formation universitaire en sciences de l'éducation, avait été initiée par le responsable de la formation pilote de l'époque, mais faisait uniquement l'objet d'interventions-conseils et de stages. Durant mon année de master recherche, j'ai ainsi réalisé une série de stages sur le site de formation des pilotes d'hélicoptères d'Airbus à Marignane, ce qui m'a permis de découvrir l'univers de la formation dans le milieu de l'aéronautique (ses modes opératoires, ses règles, ses sigles et acronymes, son vocabulaire, etc.) et de me

familiariser au contexte. Mais pour la mise en place d'actions à plus long terme, cela ne répondait pas aux attentes des deux côtés du partenariat. Après ce constat et plusieurs échanges et discussions réunissant d'un côté des instructeurs⁵ en aéronautique et des décideurs de l'organisme de formation, et de l'autre, différents enseignants-chercheurs d'AMU, sous l'impulsion de Caroline Ladage et du directeur de la formation des pilotes de l'époque, confirmé par son successeur, il fut alors convenu que ce partenariat pouvait se concrétiser sous la forme d'une thèse en sciences de l'éducation dans le cadre d'un dispositif intitulé « Convention industrielle de formation par la recherche » (CIFRE), démarrée le 3 avril 2018.

Ainsi à l'issue des trois années de thèse, l'intérêt du partenariat est pleinement confirmé, ce dont témoignent bien évidemment les travaux menés dans le cadre de la thèse, mais aussi sa pérennisation par la création d'un poste de responsable pédagogique que j'ai eu l'honneur de démarrer à l'issue de la CIFRE en aout 2021 au sein d'*Airbus Helicopters Training Academy*.

⁵ Terminologie d'origine militaire pour désigner les gradés ou officiers chargés d'instruire les recrues, les soldats, et utilisée dans la formation aéronautique.

Introduction générale

Cette recherche doctorale se situe dans un contexte *aéronautico-industriel* et la convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), qui s’y rattache, a été contractée avec un organisme de formation, affilié à un constructeur d’hélicoptères, proposant des formations au vol et à la maintenance à Marignane, au sein de l’aéroport Marseille-Provence, dans le sud de la France. Mais indépendamment du milieu, cette thèse pourrait, nous l’espérons, se transposer sur d’autres terrains de formation et dans d’autres contextes dans lesquels la simulation et l’usage des outils numériques de formation sont présents et peuvent questionner les pratiques de formation.

Cependant, l’un des enjeux du milieu de l’aéronautique, outre la sécurité aérienne, préoccupation fondatrice de tout avionneur et de toute autorité de l’aviation civile et militaire, porte sur l’avènement inéluctable de la transformation numérique du secteur aéronautique et spatial. Cette transformation permanente à haute teneur technologique concerne tous les programmes de la construction d’un aéronef : de la conception dans les bureaux d’études, en passant par la fabrication dans ses usines et la production de l’avionique embarqué dans les cockpits, jusqu’à la formation de ses usagers en centre d’instruction. D’autant que les contraintes de temps, la complexité des systèmes, l’internationalisation des échanges, la forte concurrence industrielle, les exigences institutionnelles du marché de l’aéronautique et des autorités internationales principalement en matière de sécurité aérienne requièrent inexorablement un déploiement numérique toujours innovant pour asseoir une infrastructure à la hauteur de ces enjeux sociétaux. Cette *digitalisation* de l’aéronautique, et par voie de conséquence la numérisation de la formation de ce milieu concerne également les évolutions technologiques et numériques permanentes des outils, transformés ou développés en outils d’enseignement, dans lesquelles les pratiques pédagogiques doivent s’adapter en permanence, quel que soit le milieu.

Ce constat s’amplifie davantage dans le contexte aéronautico-industriel dans lequel l’offre de formation s’impose d’être à la hauteur des fortes attentes de ses clients (compagnies aériennes, exploitants privés, gouvernements militaires ou civils, filiales, etc.). Des attentes qui se justifient, d’abord par la forte valeur marchande d’un aéronef obligeant le constructeur à proposer un service et un support irréprochables à sa clientèle ; ensuite, par l’enjeu de la sécurité aérienne qui conditionne également l’utilisation en formation de la simulation avant le vol ou durant la formation des techniciens ; et enfin, par l’arrivée prégnante de dernières technologies innovantes et attractives telles que la réalité augmentée, la réalité virtuelle, la réalité mixte, l’intelligence artificielle, les simulateurs à haute technicité, les émulateurs de circuits et de systèmes, les applications embarquées sur des supports fixes ou mobiles, les

localisateurs de composants modélisés en 3D, et bien d'autres technologies à venir utilisées de plus en plus dans la production, pouvant avoir belle allure dans les offres de formation pour attirer et séduire la clientèle exigeante de l'industrie aéronautique.

Pour illustrer ce propos introductif, nous proposons d'énoncer quelques exemples. D'abord, lors du salon du Bourget 2019, *Airbus Group* et *Microsoft* ont signé un partenariat de développement de réalité simulée par ordinateur avec des lunettes intelligentes à réalité mixte pour ses bureaux d'études, ses usines et ses centres de formation. L'objectif du constructeur aéronautique était la réduction des erreurs par une meilleure formation et surtout la possibilité d'effectuer des formations sans être devant un appareil physique, sans avoir à mobiliser d'équipements coûteux tout en gardant une certaine mobilité du simulateur. Une autre étude de 2018, celle du Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME)⁶, témoigne de cette tendance en montrant que les enjeux des formations vont devenir critiques dans les prochaines années. Les fortes montées en cadence des rythmes de production (*supply chain*), le manque actuel de certaines compétences clés pour une transformation digitale et le déficit d'attractivité de l'industrie dans son ensemble, en sont les principales causes. Enfin, l'étude de *Industrial and Financial Systems* (IFS) de 2017⁷ confirme que l'industrie aéronautique arriverait en tête dans le déploiement de toutes ces nouvelles technologies parmi toutes autres industries.

De plus, de nombreux facteurs participent à l'accroissement du volume des objets numériques. Les systèmes des avions sont de plus en plus complexes et les avions eux-mêmes de plus en plus automatisés. Et pour autant, afin d'éviter les écarts et les interprétations, la simulation doit être plus précise et plus réaliste, en réduisant les marges entre réalité et simulation. La fidélité de reproduction d'un avion sur un simulateur ne se limite néanmoins pas à la ressemblance physique, comme le disent Nyssen et de Keyser (1998), elle concerne aussi tous les composants d'une situation : l'objectif de la tâche, les instruments, la temporalité, les aspects collectifs (travail en équipage).

Il est donc évident que la question de l'utilisation de ses outils numériques de formation constitue un enjeu majeur. Leur utilité et leur statut, les préoccupations pédagogiques circonvoisines, le rapport aux objets numériques dans une situation d'apprentissage déterminée, ainsi que les rapports institutionnels dus en partie aux pressions lobbyistes, aux injonctions politiques et autres contraintes institutionnelles, demandent certainement à être interrogés. L'avancée technologique se substitue et dépasse très souvent les innovations des pratiques pédagogiques. L'investissement

⁶ Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique. Repéré le 23 juillet 2019 à [https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/aeronautique/2018-12-07-Synt-PIPAME-indust-futur-aeronautique\(1\).pdf](https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/aeronautique/2018-12-07-Synt-PIPAME-indust-futur-aeronautique(1).pdf)

⁷ Enquête IFS - Transformation numérique. Repéré le 29 juillet 2019 <https://www.ifs.com/fr/news-and-events/newsroom/2017/06/01/ifs-research-reveals-major-differences-in-digital-maturity-across-industries-aviation-most-progressive-while-oil-and-gas-lags-behind/>

dans ces nouveaux outils, supports et dispositifs de formation dits « numériques », est souvent confondu avec l'innovation pédagogique dans les discours en faveur du numérique (Betton, 2019).

La spécificité de l'utilisation des outils numériques au sein de la formation en aéronautique s'inscrit ainsi au cœur de la convention de recherche entre Airbus Helicopters Training Academy France et l'Université d'Aix-Marseille, dans laquelle est consignée le désir aussi bien d'améliorer la connaissance et la compréhension du fonctionnement actuel du service de la formation aux prises avec le numérique, que de contribuer à l'enrichissement des méthodes de la recherche en didactique professionnelle sur simulateurs, ainsi qu'à la professionnalisation des instructeurs.

Pour ce faire, les travaux que nous développons dans le cadre de cette convention de recherche s'appuient à la fois sur les aspects anthropologiques des rapports aux savoirs et aux praxéologies en aéronautique, peu étudiés dans le champ de la didactique, et sur les aspects pédagogiques de l'enseignement avec des outils numériques et en environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur (EIAO), en particulier la simulation en formation dans un contexte professionnel.

Ce sont les métiers de l'instruction en aéronautique qui sont visés et leur usage des technologies de l'information et de la communication pour la formation et plus particulièrement ceux des simulateurs qui sont observés, questionnés, analysés et expérimentés. Les milieux professionnels et la littérature scientifique constatent en effet que les environnements numériques, de plus en plus présents dans les parcours de formation, génèrent une multiplicité de questions, exigeant des choix didactiques et pédagogiques souvent inédits et questionnant les modèles de formation existants en fonction du choix des outils et des contenus visés. L'articulation entre la recherche en sciences de l'éducation et de la formation et les acteurs du monde professionnel aux prises avec l'évolution de la formation en aéronautique prend ici tout son sens pour accompagner la transition numérique de la formation professionnelle, en attirant l'attention sur l'importance d'interroger le type et la pertinence du recours au numérique et à la simulation. Nous faisons le choix dans ce travail de thèse de nous appuyer sur une approche didactique de la formation, aussi bien anthropologique que professionnelle, afin de guider la recherche, mais aussi les actions attendues dans le cadre d'une CIFRE. Ce cadre de référence théorique en didactique est à la base de notre travail doctoral dès l'enquête documentaire et de terrain menée dans la phase exploratoire et compréhensive de la recherche, ce qui nous motive d'esquisser à grands traits, dès l'introduction, quelques théories fondatrices de ce travail du didacticien afin d'explicitier la démarche.

1. L'enquête sur l'écologie didactique des objets techniques dans la formation aéronautique

L'un des axes majeurs des travaux de recherche en didactique est de contribuer à l'identification de *modèles praxéologiques de référence* (dans la lignée des travaux de Bosch & Gascón (2005), Ladage (2008) et Ladage & Chevallard (2011)). Nous nous y intéressons ici pour l'étude et la mise en œuvre d'ingénieries de formations sur simulateur, plus particulièrement d'un point de vue didactique et pédagogique depuis la position de l'instructeur en aéronautique que nous accompagnons dans le cadre du contrat doctoral.

Le contrat doctoral a ainsi été conclu pour la réalisation d'une recherche en didactique, plus particulièrement dans une approche anthropologique du didactique telle que développée dans la *théorie anthropologique du didactique* (TAD) par Yves Chevallard (Chevallard, 1999), et que nous expliciterons plus en détail dans la deuxième partie.

Il est toutefois important, dès cette introduction générale, de préciser que l'un des objectifs majeurs de cette approche anthropologique est l'étude des conditions et contraintes pouvant déterminer le fonctionnement et le déroulement des situations d'apprentissages et de façon plus générale, la diffusion des connaissances et des praxéologies dans la société. Le premier moment de notre recherche s'appuie de ce fait sur la présentation du contexte de la formation aéronautique, pour l'enquête sur ce que Chevallard nomme « l'écologie du didactique ».

La société crée des conditions et engendre des contraintes qui vont en partie déterminer l'apparition du didactique ainsi que sa nature, son mode d'être, ses manifestations viables ou au contraire mort-nées ; bref, qui constitueront une partie de ce qu'on nomme l'écologie du didactique susceptible d'apparaître dans une classe scolaire ou ailleurs. (Brasset, 2017)

C'est en ce sens que Chevallard définit la didactique comme « la science des conditions et des contraintes de la diffusion (et de la non-diffusion) des praxéologies au sein des institutions de la société. » (Chevallard, 2010, § 4). Il revient ainsi de façon générale aux professionnels de la formation, l'étude et la compréhension de l'écologie du didactique des praxéologies à enseigner et à apprendre.

Notre premier point d'appui théorique est tout d'abord le couple de notions de *conditions* de la diffusion des connaissances et des praxéologies et de *contraintes* pesant sur cette diffusion. Afin d'affiner l'étude, Chevallard introduit un autre couple de notions, celui de *écologie* et de *économie* du didactique. Retenons à ce stade introductif au sujet des conditions et des contraintes, la définition suivante :

[...] je voudrais situer la didactique en tant que science. Toute science – c'est du moins ce que je soutiendrai – se définit en se donnant pour objet d'étude un certain ensemble de conditions et

de contraintes de la vie des sociétés humaines. Cette définition, qui paraît d'abord n'être appropriée, au mieux, qu'aux sciences « humaines et sociales », vaut en fait – tel est le postulat que je pose – pour toute science : les sciences dites « de la nature », les sciences mathématiques elles-mêmes étudient certains types de conditions et de contraintes de la vie des hommes – pour les connaître et les modifier en les allégeant, en les déplaçant, etc. – et participent à ce titre du même paradigme épistémologique que les sciences humaines et sociales. Cette assertion, au demeurant, se retourne : à l'instar des sciences de la nature, les sciences sociales étudient comme des faits de nature certaines des conditions et contraintes de la vie des sociétés. (Chevallard, 2007, p. 13)

Le type de condition et de contrainte que la didactique en tant que science étudie est tout d'abord celles qui témoignent de la circulation des connaissances et des praxéologies dans la société (leurs naissances, leurs vies, leurs transformations, leurs disparitions, etc.). C'est cette première acception de la didactique qui nous guidera dans la première partie de la thèse. Cependant, Chevallard met en garde que le travail du didacticien ne peut se limiter à ce niveau, qui s'apparente à l'observation de l'existant auquel son travail ne saurait se limiter :

Un problème que toute didactique – de ceci ou de cela – doit affronter : une part essentielle de son objet — que ce soit « les mathématiques », « la biologie », « l'éducation physique et sportive », etc. —, et une part regardée comme définissant sa « spécificité » au sein de la didactique, est prise telle que le didacticien la trouve préconstruite dans l'univers social qu'il étudie, au mépris des principes les plus fondamentaux de toute conceptualisation scientifique. Sans pour autant les ignorer, une science ne saurait en effet se soumettre sans plus de façon aux préconceptions touchant son objet qui imprègnent la culture commune. Encore moins peut-elle les sanctifier ! On voit immédiatement que, dès lors qu'il en est ainsi, la didactique de ceci ou de cela est dominée par la partie du monde institutionnel dont elle reçoit passivement le découpage de son objet, qu'elle adopte parfois pour étendard alors qu'il s'agit d'un donné du monde étudié et non d'un construit de la science qui prétend l'étudier. (p. 14)

La didactique doit ainsi se doter d'outils lui permettant de dépasser les frontières des disciplines telles qu'elles existent aujourd'hui afin d'observer les praxéologies humaines dans toute leur complexité, appelant le plus souvent une pluralité de champs disciplinaires et impliquant de nombreuses pratiques humaines. Il ne saurait donc être question dans notre travail de thèse de simplement parler de « didactique de l'aéronautique » comme si ce champ était constitué et tant ce « champ praxéologique » est complexe et évolutif, que ce soit au niveau technologique qu'au niveau des comportements humains, comme nous le verrons plus loin.

Ensuite au sujet de l'étude de l'écologie et de l'économie du didactique dans les situations d'apprentissage, nous suivrons dans un premier temps la définition que Chevallard en donne en 2019 :

De manière abstraite, une écologie est simplement un ensemble de conditions. L'écologie d'un système d'un type donné, animé ou inanimé, existant dans le monde naturel ou social est l'ensemble des conditions dominantes dans lesquelles ce système vit dans les faits. On dit qu'il s'agit d'une écologie hostile si elle provoque le dysfonctionnement du système ou, à fortiori, sa disparition. Une condition délibérément créée (économie) devient une condition de l'écologie dominante. L'économie de la didactique (si cette dernière est envisageable) étudie les conditions qui, sous l'ensemble des conditions initiales données \mathcal{C} , sont créées par des gestes spécifiques δ . L'écologie, en revanche, étudie quelles conditions sont, sous des conditions

initiales données \mathcal{C} , possibles, difficiles, mais possibles ou simplement impossibles. (Traduction libre de l'entrée «Ecology and economy» du glossaire du livre de Bosch, Chevallard, Javier García, et Monaghan, 2019).

Partant de là nous pouvons préciser que nous nous intéresserons à ce que Chevallard nomme *l'écologie didactique des objets techniques* en éducation et en formation (Chevallard, 1982) ; Chevallard (1992, 1999, 2007, 2010, 2012).

Dans son texte sur l'intégration et la viabilité des objets informatiques dans l'enseignement, Chevallard écrit déjà en 1992 que si « un statut n'est pas rapidement donné [aux objets techniques] en tant qu'éléments entrant dans la relation didactique à propos du savoir enseigné, ils se trouveront vite marginalisés, privés d'existence épistémologique et didactique d'abord, puis matériellement relégués » (Chevallard, 1992, p. 2). Dans l'industrie aéronautique, le statut de certains objets de formation sont en effet mal définis, car d'abord parfois issu de l'ingénierie pour la conception et l'expérimentation des programmes de fabrication et donc initialement désintéressée des aspects didactiques et pédagogiques ; puis fréquemment mis en danger par des choix d'images, d'attractivité, ou de justifications économiques et techniques, qui occultent de facto l'origine essentielle de l'utilité attendue d'un tel outil dans la pratique des transmissions d'un savoir ; ensuite, car certains de ces outils pédagogiques ne sont pas référencés, classifiés et valorisés par les autorités aéronautiques et par voie de conséquence ne possèdent aucun statut qualifiant ou certifiant ; et enfin, il n'existe aucune homogénéité des dispositifs parce qu'ils dépendent essentiellement des moyens mis en œuvre par chaque organisme de formation en fonction des politiques et des économies.

Ajoutons à cela qu'il existe à priori un manque de questionnement d'abord sur les manières d'utiliser ces outils, sur le temps supplémentaire et nécessaire à leur positionnement dans la formation, sur leurs évolutions techniques et technologiques qui peuvent entraîner, si elles n'ont pas été prévues en amont, leur obsolescence puis leur abandon. Ensuite, les couts financiers d'exploitation, les validations techniques de référence des bureaux d'étude et la valorisation des autorités peuvent éventuellement retarder leur utilisation et impacter la formation. Et enfin, il peut exister aussi un manque de questionnement du rapport aux objets numériques des individus apprenants et de ceux qui enseignent. Ces manquements peuvent condamner ces outils avant même leur entrée dans le curriculum de la formation ou du moins peuvent poser des problèmes quant à leur utilisation, leur articulation dans les différents moments des ingénieries de formation et leur intérêt pour les apprentissages.

L'ambition de notre travail de thèse est alors d'enquêter sur l'intégration et l'ingénierie de formation des objets numériques en formation, dans l'objectif d'en comprendre les conditions, autrement dit les rouages et d'en explorer le potentiel tant dans leurs fonctions didactiques que pédagogiques.

Précisons encore qu'en TAD, il n'y a fondamentalement que des conditions

(entendues par exemple comme bonnes ou mauvaises, favorables ou défavorables, existantes ou à créer, etc.), mais on désignera comme contrainte toute condition ne pouvant être modifiée par une personne ou par une institution. Ainsi à titre d'exemple, une contrainte pour instructeur peut être un contenu ou une organisation de cours prescrits et non modifiables, ou alors pour un stagiaire la prescription de méthodes d'apprentissage qui ne sont peut-être pas adaptées à son statut, sa culture ou sa génération.

Les contraintes (et par extension les obstacles) regardées comme telles depuis une certaine position institutionnelle (de l'instructeur par exemple), sont considérées comme les conditions non modifiables, qu'il faudra prendre en compte en acceptant au mieux de les contourner, au pire de s'en accommoder. Bien évidemment, il appartient aux personnes dans l'institution de rechercher les conditions les plus favorables au bon fonctionnement des situations didactiques. À titre d'exemple, le recours à la simulation en formation constitue (entre autres) une réponse à une contrainte de sécurité, mais nous verrons avec les retours du terrain et la littérature scientifique que la contrainte de sécurité ainsi levée dans l'immédiat n'en résoudra pas pour autant toutes les contraintes inhérentes à la situation didactique et nécessite une analyse didactique plus globale, sans parler du fait que la simulation elle-même est également porteuse de son lot de contraintes.

Selon Chevallard (2010), si *la* didactique, au féminin, désigne la didactique comme science, l'objet essentiel de la recherche en didactique est alors *le* didactique. *Le* didactique, au masculin, exprime la « dimension du réel social qui est coextensive à la présence d'une intention, portée par une personne ou, plus généralement, par une institution, de faire *quelque chose* pour que quelqu'un, personne ou institution, "apprenne" *quelque chose* ». Cette deuxième définition précise le travail du chercheur en didactique, qui est donc d'une part l'identification de ce « quelque chose » qui peut être fait afin que « quelque chose » puisse être appris et d'autre part l'étude et l'analyse de ce qui détermine *le* didactique. Autrement dit, ce qui favorise ou ce qui freine cette intention didactique et l'apprentissage qui est visé, et ce sur plusieurs niveaux, comme nous l'expliquons succinctement dans la section qui suit.

2. L'échelle de niveaux de codétermination du didactique comme outil de structuration de la recherche

En nous appuyant sur le modèle de l'échelle de niveaux de codétermination didactique de la TAD telle que représentée dans la figure 1 ci-après (Chevallard, 2010) nous en proposons une adaptation au milieu de la formation en aéronautique.

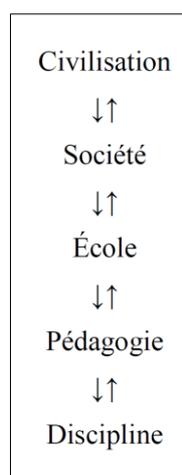


Figure 1 : Exemple de représentation de l'échelle de niveaux de codétermination didactique

(Chevallard, *leçons de didactique, Module 1*, p.8 :
http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=215)

L'objectif de schéma pour Chevallard est de mettre en lumière que l'enseignement d'une discipline, quelle qu'elle soit, se réalise dans certaines conditions et subit des contraintes qui vont déterminer ce qui aura pu être enseigné et appris. Les flèches dans les deux sens désignent le fait qu'en retour ce qui aura pu être enseigné et appris dans une situation d'apprentissage donnée va déterminer les savoirs circulant dans la société, ce qui peut aller jusqu'à contribuer à l'évolution d'éléments civilisationnels.

Pour comprendre la théorisation proposée avec ce schéma de l'échelle, précisons donc que l'étude des conditions et contraintes d'un système didactique particulier doit être observée dans son ensemble, depuis une pluralité de perspectives. En effet, l'analyse didactique ne doit pas, selon Chevallard, se restreindre à la pédagogie et les contenus d'un enseignement ni à l'environnement institutionnel immédiat. Elle doit s'intéresser à l'ensemble des déterminants qui pèsent sur le fonctionnement du système didactique, à tous les niveaux de l'échelle : l'école au sens large (comprenant tout type d'institution de formation), la société, la civilisation, voire l'humanité (Chevallard, 2011).

Ajoutons que la codétermination ne doit pas être regardée uniquement entre deux niveaux proches (ce que le schéma incite à faire), mais entre quelques niveaux que ce soit, parfois directement, sans passer forcément par les niveaux intermédiaires schématisés sur l'échelle de codétermination didactique. Ainsi, des faits de civilisation, tels les enjeux de la sécurité et de la préservation de la vie de l'être humain ou encore l'hétérogénéité éthique et culturelle des pilotes et des techniciens, déterminent directement le déroulement de nombre de situations didactiques.

Sans entrer ici plus en détail dans l'explication de cette théorisation des conditions de diffusion des connaissances et des praxéologies dans la société, nous terminons la présentation de ce cadre par sa transposition dans le contexte de la formation aéronautique : de la *civilisation* au plus haut niveau de l'échelle jusqu'au *sujet* le plus précis faisant l'objet d'une formation, aussi appelé dans l'approche didactique que nous empruntons l'*enjeu didactique*.

Partons du principe que la *pédagogie* concerne l'*instruction* pour la ramener à notre contexte. Elle est impactée à son échelon supérieur par l'*école* (l'organisme de formation) tributaire des politiques imposées par la *société* (ex. les programmes : la conception, la fabrication, la vente, etc.), au sein de laquelle on peut étudier toutes les institutions qui de près ou de loin ont à faire avec ce qui se passe dans les formations en aéronautique. Citons l'exemple des rapports des personnes aux questions de sécurité, qui varient selon les cultures et les autorités internationales de l'aéronautique, citons aussi le tissu socioéconomique, les entreprises (dans notre cas le *constructeur*), et leurs organisations. Il est à noter que le terme *institution* est considéré en TAD comme un terme générique désignant une instance ayant développé (*institué*) des règles de fonctionnement propres, et fonctionnant comme une réalité distincte de l'ensemble des individus qui la composent. L'entreprise *Airbus Helicopters Training Academy* (AHTA) est ainsi étudiée comme une institution, avec ses personnes et ses règles de fonctionnement. À AHTA, par exemple, les instructeurs n'ont pas la possibilité de modifier le support de cours sans autorisation et sans passer par le service « médias » qui a la charge de réaliser toute modification ou rectification. À son échelon supérieur, une autre institution, l'organisme de formation qui conçoit les cours, est lui-même assujéti à la fois par l'usine (la maison mère) au niveau de la *société* qui lui impose la prise en compte de la demande commerciale et des éléments techniques des appareils, et par les autorités aéronautiques qui demandent de respecter la réglementation et de vérifier, négocier, et valider les cours après chaque création et modification, afin qu'ils soient identiques et disponibles à l'ensemble de la communauté internationale, ce qui nous emmène au niveau de la *civilisation*. Dans l'autre sens de l'échelle, la *pédagogie* (ou instruction) est déterminée par la *discipline* et ses éléments constitutifs, que l'on peut assimiler pour notre terrain aux différents types de formations proposées (qualification de type, les cours de familiarisation ou les cours portant sur les différences entre deux types d'aéronef, etc.).

Au sujet des contenus des formations, d'un côté, certaines instances

internationales cherchent avant tout à permettre à tous les organismes de formation de prétendre à un « minimum acceptable de compétences » - *Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM)*⁸ - pour amener leurs apprenants à ne pas se dégager de la sécurité aérienne, mais aussi à niveler les qualifications dans tous les pays du globe en fonction des règles de sécurité internationales et locales, et des connaissances techniques des appareils. Et de l'autre, les industriels tentent de satisfaire leurs clients par une offre de formation séduisante et de standardiser les formations par des moyens numériques homogènes afin de les déployer à l'international et à moindre coût. Cela oblige les autorités et l'industrie à imposer les enjeux didactiques contenus dans la formation de qualifications. Des enjeux essentiellement tournés, à ce jour, vers les connaissances techniques et dont les méthodes pédagogiques issues surtout de l'instruction militaire n'ont pas évolué depuis l'introduction des outils numériques de formation dans les années 2000.

Ce milieu *aéronautique militaro-industriel* requiert de toute évidence une infrastructure pédagogique à forte teneur technologique avec des outils numériques de plus en plus présents, et impose des dispositifs et des méthodes spécifiques au corps enseignant.

Nous précisons que l'un des objectifs majeurs de la CIFRE résultant de l'identification des termes de l'accord entre AHTS et la direction de la thèse était de mieux comprendre les rouages de cet état de fait qui était exprimé par les acteurs du service en ces termes.

En ce sens, les instructeurs doivent acquérir une maîtrise technique regroupant les éléments des hélicoptères pour lesquels ils sont qualifiés afin de maintenir leurs compétences techniques, ce qu'ils font essentiellement. Ils devraient, selon leurs dires, accepter aussi les outils de formation validés par les autorités et prescrits par l'industrie aéronautique sans pour autant questionner l'ingénierie pédagogique, sans penser aux coûts d'exploitation et de lutte contre l'obsolescence, dans la plupart du temps sans trop de concertation préalable avec les acteurs de l'enseignement confrontés aux stagiaires, et surtout sans leur proposer une aide associée.

L'étude des conditions et des contraintes qui déterminent le fonctionnement d'un système didactique se révèle au regard de ces quelques exemples comme un schéma de questionnement structurant et pouvant être réalisé de manière récurrente tout au long de la vie des systèmes didactiques. Elle nécessite différents outils d'enquête et d'analyse que nous avons mis en œuvre tout au long de notre travail de thèse. Le premier moment de l'exploration des conditions et des contraintes que nous avons mené s'est appuyé sur un recensement de l'existant dans une visée exploratoire et compréhensive. Il est basé à la fois sur une enquête documentaire par l'étude des textes de la réglementation aéronautique et des contenus de la formation et sur des entretiens avec des instructeurs, des responsables de la formation et autres acteurs de

⁸ Terminologie utilisée uniquement par l'EASA que nous développerons plus bas.

l'organisation enseignante, ainsi que sur des observations des pratiques enseignantes en salle de cours, en simulateur de vol (FFS), et en vol. C'est à partir de ce premier moment de la recherche et du travail de terrain en tant qu'ingénieur pédagogique au sein d'AHTA, qu'un niveau de compréhension suffisant peut être construit afin de penser et d'accompagner les moments suivants comprenant l'expérimentation et l'accompagnement à la mise en œuvre de dispositifs de formation maîtrisant au mieux les conditions de l'écologie didactique dans lesquels ils doivent avoir lieu.

Il convient à ce stade de l'introduction de notre travail de thèse de situer cette approche dans le contexte spécifique du contrat de thèse.

3. Le dispositif CIFRE comme cadre de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation

Dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), il est important de questionner le positionnement du doctorant dans un dispositif doctoral qui peut paraître peu commun en sciences sociales et dans lequel il est généralement reconnu une certaine « difficulté à bien distinguer ce qui relève de l'intérêt de l'entreprise et de la recherche scientifique nécessaire pour la réalisation de la thèse » (Marcel & Broussal, 2020, pp. 36-37). Ces auteurs ajoutent que :

« C'est particulièrement le cas pour le respect et la rigueur dans la mise en œuvre du dispositif méthodologique exigée par le travail de thèse. On observe parfois des doctorants pris entre deux logiques très différentes : pas seulement scientifique, mais aussi de performance » (p. 37)

Que les dispositifs de recherche soient publics ou privés, les motifs d'engagement des doctorants dans une thèse relèveraient d'un rapport spécifique au savoir et souvent éloigné d'une quelconque stratégie d'insertion professionnelle (Capdevielle-Mougnibas et al., 2004). Selon ces auteurs, l'engagement dans la recherche serait même avant tout une affaire de plaisir et d'attrance épistémique. De plus, les allocations de recherche pèseraient lourdement sur les conditions concrètes de vie et de travail, et sur le mode subjectif d'engagement dans le travail doctoral (Serre, 2015).

Il faut toutefois noter que le dispositif a pu évoluer depuis la dernière décennie et qu'aujourd'hui, il peut être considéré comme un renforcement du lien entre le monde socio-économique d'un côté et l'enseignement supérieur et la recherche de l'autre. Le dispositif tripartite dans lequel nous avons évolué pendant trois ans, – considérant que la troisième partie correspond au doctorant –, a impliqué des obligations professionnelles avec des engagements très encadrés et intéressés, mais a pu, de fait, poser des problèmes ou du moins imposer des conditions quant à la question du positionnement du doctorant-chercheur au centre de ce dispositif, du point de vue des exigences de la recherche scientifique.

C'est l'Association nationale de la recherche et de la technologie (ANRT), sous l'autorité du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), qui anime et gère, les CIFRE, depuis 1981. Ces dispositifs de financement de thèse permettent d'un côté à une entreprise de recruter en CDI ou CDD⁹ un étudiant

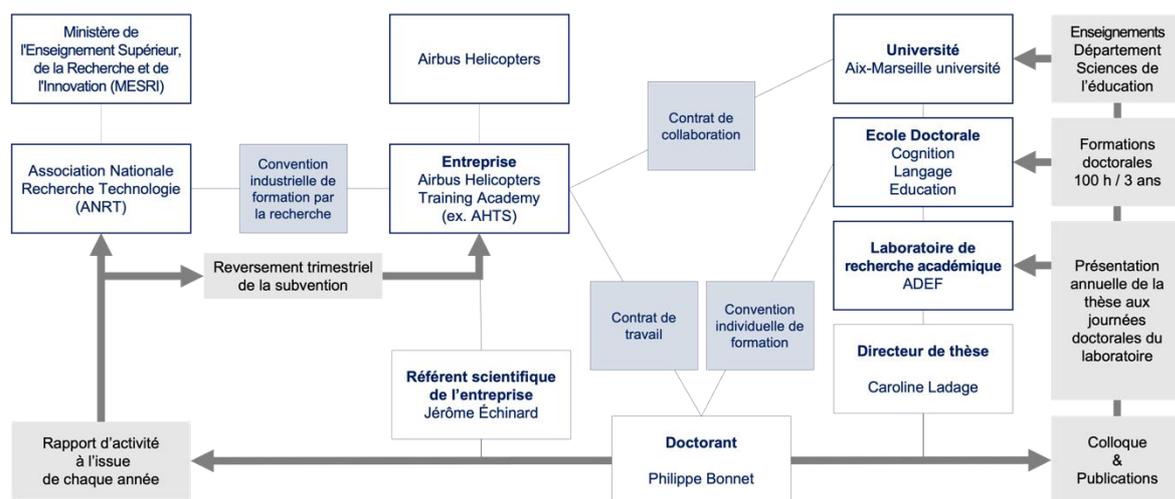
⁹ Le contrat à durée indéterminée (CDI) est la forme normale du contrat de travail, passé entre un employeur et un salarié, sans limitation de durée (Code du Travail, art. L1232-1 et L1233-2)

Un contrat à durée déterminée (CDD) est un contrat de travail par lequel un employeur recrute un salarié pour une durée limitée. Un tel contrat n'est possible que pour l'exécution d'une tâche précise et temporaire et seulement dans les cas énumérés par la loi (Code du Travail, art. L1242-2 et L1242-3).

ayant obtenu un diplôme national de master¹⁰ dans le but de lui confier une mission de recherche stratégique pour son développement socioéconomique en liaison directe avec un laboratoire de recherche académique¹¹. Et de l'autre, ce dispositif permet à un doctorant-chercheur, ne disposant pas de financement émanant d'une école doctorale ou d'un projet de recherche, de financer sa thèse.

Notons que les bourses CIFRE restent souvent ancrées dans une optique de Recherche et Développement (R et D) et se développent peu, en tout cas en sciences sociales (Serre, 2015), même si le nombre total de financements de type CIFRE accordée durant les années 2000 affiche une réelle progression (ANRT, 2018). Néanmoins, ce dispositif résultant d'un financement en partie privé peut poser question quant au respect de l'éthique et de l'objectivité nécessaire à toute recherche. Aussi, toutes les recherches effectuées en entreprise imposent des contreparties et « quelles que soient les exigences associées, travailler pour une entreprise a toujours des conséquences sur le positionnement professionnel des doctorants CIFRE » (Dulaurans, 2015, p. 2). Il en découle l'importance d'être conscient du positionnement très particulier qu'un doctorant occupe durant une CIFRE dans l'entreprise d'accueil d'une part et dans le laboratoire de recherche d'autre part.

La figure 2 ci-après propose le schéma institutionnel du contrat doctoral au sein d'*Airbus Helicopters Training Academy* (AHTA) et du laboratoire de recherche — Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF) de l'université Aix-Marseille. Ce schéma permet de visualiser les différents circuits de communication favorisant le contact entre les institutions et la place centrale du doctorant.



¹⁰ Le diplôme national de master, parfois désigné par le sigle *DNM*, est délivré par un établissement public d'enseignement supérieur comme une université ou une grande école, deux ans après l'obtention du diplôme national de licence (c'est donc un diplôme de niveau Bac+5)

¹¹ Airbus Helicopters Training Services (AHTS), puis AHTA (... Academy) et le laboratoire de recherche - Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF) - sous l'égide d'Aix-Marseille université sont les deux institutions collaboratives de cette CIFRE.

Figure 2 : Dispositif CIFRE - AHTA/Aix-Marseille université - ADEF

Nous soulignons également en référence à ce schéma que même si les acteurs de la CIFRE sont tous investis par un intérêt commun basé sur la production de nouvelles connaissances, la science et l'industrie fonctionnent avec des systèmes d'incitation et de diffusion de ces connaissances organisées de manière, très souvent, diamétralement opposée ou du moins différente (Levy, 2005). Les chercheurs visent la diffusion de connaissances au travers de publications alors que les entreprises, et plus particulièrement les industries et de surcroît celles de l'aérospatiale à la pointe de l'innovation technologique et soumise à une forte concurrence voire au Secret Défense, protègent leurs connaissances à travers des systèmes de brevet. Pour autant, les clauses du contrat de collaboration sont généralement définies sans obligation de formalisme ou de contenu, en se limitant principalement à des questions de confidentialité, de propriété intellectuelle¹² et de répartition du temps entre le laboratoire et l'entreprise, dans lesquelles seuls les encadrants sont concernés *in fine* par la réussite de la CIFRE, mais avec des visions souvent dissemblables.

L'enquête de l'ANRT, effectuée en 2016 (ANRT, 2018) fait apparaître des « retombées » différentes à la sortie de la CIFRE selon le point de vue des *tuteurs scientifiques de l'entreprise* ou celui des *directeurs de thèse*. Quand les premiers citent comme bénéfiques, en majorité, « la création d'un nouveau domaine de compétences » (37 %), « la création ou l'amélioration d'un produit » (44 %) et même « l'émergence de nouveaux sujets de R et D » (46 %) ; les seconds évoquent plutôt « l'émergence de nouveaux sujets de recherche » (60 %) et surtout l'opportunité de nouvelles « publications scientifiques » (93 %). Pour autant, ces deux milieux doivent communiquer et travailler ensemble. Cela dépend de l'implication scientifique des uns et généralement du cursus professionnel des autres. Un directeur de thèse avec une expérience en entreprise sera de toute évidence plus à même d'appréhender l'organisation sociologique et économique d'une industrie qu'un universitaire éloigné du monde des affaires. Néanmoins, toujours selon cette étude (ANRT, 2018) si les directeurs de thèse sont majoritairement favorables à la reconduite d'une autre CIFRE (58 %) indépendamment de leur cursus, la reconduite d'une autre CIFRE selon les entreprises dépend principalement du candidat-doctorant (40 %). Ce qui voudrait dire que la décision finale appartiendrait très souvent à la Direction des ressources humaines.

Quant au doctorant, il joue dans ce dispositif généralement un rôle de médiateur entre l'université et l'entreprise, permettant habituellement l'échange, le transfert et le transcodage des connaissances, et la cohabitation entre les deux partenaires (Levy, 2005).

Cependant, la temporalité et les prises de décision sont généralement

¹² Décret n° 80-900 du 17-11-1980.

asynchrones où d'un côté la recherche de l'opérationnalité est une priorité dans l'entreprise en sollicitant fréquemment le doctorant à lui fournir des préconisations exploitables et des livrables opérationnels avant toute recherche scientifique, et de l'autre, l'épistémologie et le développement des connaissances visées par le laboratoire scientifique demandent au doctorant une réflexion, une distanciation et une méthodologie scientifique nécessaire à l'objectivation de sa recherche. « La réflexion distanciée s'oppose à la rapidité d'analyse tournée vers l'action immédiate en entreprise » (Hellec, 2014). Le lien de subordination et la différence de méthodologie peuvent donc nuire à la liberté et l'autonomie de la recherche et aux échanges entre les institutions.

De fait, nonobstant les diverses tensions relatives aux enjeux sociétaux, économiques et politiques et autres assujettissements qui peuvent exister dans une organisation industrielle, se retrouver au milieu de son terrain de recherche facilite, certes, les échanges et l'immersion, mais « l'immersion prolongée de sa recherche au cœur du terrain étudié lui impose de garantir la scientificité de sa démarche. » (Dulaurans, 2015, p. 2).

Toutefois, la CIFRE contribue aussi à l'acquisition et au développement de différentes compétences transversales pour le doctorant (Dulaurans, 2015). D'abord, des compétences d'adaptation et de conciliation, car le doctorant doit changer de postures en fonction des milieux à la fois complémentaires et partenaires, mais aussi antagonistes de la CIFRE. Puis, des compétences d'autodétermination, car, malgré un dispositif encadré, le doctorant doit faire preuve de motivation au quotidien pour s'affranchir des routines organisationnelles et d'autorégulation dans son travail. Et enfin, des compétences relationnelles développées grâce à l'immersion pendant trois ans au cœur de l'organisation d'une entreprise, en entretenant un rapport privilégié au terrain qui n'a pas d'égal avec aucun autre dispositif de recherche, et qui permet au doctorant de développer un réseau professionnel et de participer à la vie de l'entreprise en multipliant les interactions avec les acteurs en situation. Le travail de médiation qu'évoque Levy (2005) est un travail permanent et n'enlève rien à l'efficacité du dispositif, si et seulement si bien sûr, les règles et conditions sont respectées par toutes les parties.

En conclusion, il nous paraissait indispensable, avant même le développement de cette thèse, d'évoquer le particularisme de ce dispositif de recherche.

À l'évidence, la mise en place du dispositif a causé quelques difficultés quant à la définition des propriétés intellectuelles en sciences humaines, peut-être moins tangibles que pour toute autre science. De plus, les argumentations sur les discussions d'encadrement de la R et D au regard du manuel de Frascati¹³ ont été longuement

¹³ Publié par l'OCDE, le manuel de Frascati est une référence méthodologique internationale pour les études statistiques des activités de recherche et développement (R & D). Ce manuel traite exclusivement de la mesure des ressources humaines et financières consacrées à la recherche et au développement (R & D) qu'il s'agisse de recherche fondamentale, de recherche appliquée ou de développement expérimental.

négociées par le service financier pour justifier de l'investissement de la recherche et de l'embauche d'une personne extérieure.

La CIFRE nous a certes demandé une attention particulière pour garder un équilibre entre deux modes de pensée. Mais, elle a surtout favorisé notre appréhension et notre compréhension d'un nouveau terrain professionnel tant sur un plan technique qu'épistémique en développant des connaissances scientifiques et aéronautiques que seul le dispositif CIFRE, nous aura permis de faire. Sans ce dispositif, cette recherche doctorale n'aurait pas eu lieu ; l'imprégnation du terrain aurait été beaucoup plus difficile, voire impossible compte tenu des règles de sécurité imposées dans ce genre d'institution ; et les interactions entre les acteurs de la formation et les dispositifs mis en place pour la recherche scientifique auraient été malgré tout plus difficiles à organiser.

4. La structure de la thèse

Puisque le premier travail du chercheur est de proposer une description des phénomènes à l'étude (Kite & Whitley, p. 5) dans une visée exploratoire et compréhensive, le premier chapitre de notre travail de thèse décrit, à tous les niveaux, le contexte de la formation aéronautique sur hélicoptère tant sur un plan historique en retraçant l'évolution de la formation aéronautique à travers les âges, que sur un plan technique pour comprendre la complexité des systèmes qui compose un hélicoptère et ses missions associées ; mais également sur un plan réglementaire pour commencer à identifier les assujettissements qui impactent les systèmes didactiques des formations aéronautiques. Ainsi, il nous paraissait indispensable de mettre en perspective ce milieu aéronautique complexe et singulier pour en comprendre l'ensemble de ses enjeux autant pour le chercheur que pour le lecteur avant même de démarrer un travail d'analyse relevant de la recherche en didactique. Il nous a fallu alors interroger les acteurs, les textes et manuscrits relatifs à l'aéronautique pour s'imprégner de cet écosystème particulièrement technique et règlementé. À cet égard, nous dépeignons, dans le deuxième chapitre, d'une part l'organisation des organismes de formations proposant des formations pour l'obtention de licences et de qualifications liées à l'apprentissage sur hélicoptère. Et d'autre part, les dispositifs et outils pédagogiques numériques utilisés dans ces formations, objets centraux de nos observations praxéologiques.

La deuxième partie de ce manuscrit de thèse est consacrée à la problématisation introduite d'abord par la description de l'état de l'art relatif à la simulation en formation au centre des formations instrumentées de l'aéronautique et à la didactique professionnelle caractérisée par l'observation de l'activité professionnelle pour le développement des compétences, puis complétée par la définition et le positionnement de notre cadre théorique basée sur l'approche anthropologique du didactique pour asseoir notre analyse didactique et la situer au sein de la formation professionnelle.

Ensuite, l'identification, la description et l'analyse du fonctionnement des systèmes didactiques feront l'objet de plusieurs méthodes de recherche mis en œuvre par différentes voies d'enquête – observations, entretiens, questionnaires –, sur lesquelles nous reviendrons dans la troisième partie de ce manuscrit consacrée aux méthodologies de la recherche et de recueil de données.

Cette dernière partie présentera aussi les résultats obtenus par les différentes méthodes de recherche employées. Ces résultats seront alors analysés pour identifier des *modèles praxéologiques de référence* dans la formation aéronautique en les mettant en tension avec la didactique professionnelle sur le plan scientifique et en proposant des perspectives en ingénierie de la formation au sein de l'entreprise d'accueil de la CIFRE.

Partie 1. La formation aéronautique

Chapitre 1. Le milieu de la formation aéronautique

La liberté ne peut consister qu'à pouvoir faire ce que l'on doit vouloir et à n'être point contraint de faire ce que l'on ne doit pas vouloir.

L'esprit des lois (1748) de Montesquieu

1. Introduction

Dans ce contexte particulier de la formation professionnelle aéronautique en milieu industriel et de l'hélicoptère, il convient de nous enquérir dans un premier temps de ce terrain spécifique lié à notre convention industrielle de recherche et précisément à la formation des pilotes professionnels et de la maintenance d'hélicoptères et de son environnement pour mieux comprendre les enjeux pédagogiques et didactiques au centre du questionnement de cette thèse.

Dans la section qui suit, nous proposons d'explorer les objets institutionnels relatifs à la formation dans le milieu de l'aéronautique dans le contexte industriel et son environnement interne et externe. Nous explorons ces éléments à tous les niveaux de l'échelle de codétermination didactique dont le cadre a été présenté dans l'introduction générale.

À cet effet, nous commencerons par décrire le contexte de l'aéronautique, son histoire, ses institutions, son organisation formative et les objets d'apprentissage, et plus particulièrement les outils numériques et de simulation, utilisés dans l'instruction aéronautique en cours au sol.

2. Le contexte et l'histoire de l'hélicoptère dans le milieu aéronautique

Nous dressons ci-après un rapide aperçu du particularisme de l'hélicoptère dans le milieu aéronautique, car il nous paraît indispensable d'expliquer sa complexité technique et ses multiples usages opérationnels au sein d'une forte empreinte institutionnelle pour s'enquérir de son milieu et de celui de sa formation et comprendre les enjeux de cette formation singulière.

2.1. La particularité technique d'un hélicoptère

Moins rapide qu'un avion, mais indispensable pour certaines missions et fonctions que nous énumérerons ci-après, l'hélicoptère est capable d'effectuer des manœuvres multidirectionnelles, mais aussi des décollages et des atterrissages verticaux (ADAV)¹⁴ sur des terrains étroits et non préparés. Techniquement, c'est l'accélération de la rotation des pales du disque rotor central situé au sommet de l'hélicoptère qui permet de déclencher l'effet de portance de l'aéronef. Sur un avion, la portance s'exerce sur les ailes par déplacement de l'appareil à l'aide de moteurs à réaction ou à hélice. Sur un hélicoptère, la translation s'effectue par la rotation des pales sur leur axe. Mais lorsque le moteur fait tourner les pales du rotor principal dans un sens, le fuselage bouge dans la direction opposée à la rotation du rotor principal. Afin de garder le fuselage dans un plan constant et de corriger cet effet, le rotor de queue contre cette force en opérant une rotation opposée. Les rotors contrarotatifs – c'est-à-dire deux rotors principaux superposés ou au sommet de chaque côté de l'appareil suivant les modèles, qui émettent des rotations inverses – exercent la même fonction. La boîte de transmission principale (BTP), quant à elle, élément essentiel au bon fonctionnement de ce système et spécifique à l'hélicoptère, située entre le rotor principal et l'aéronef, règle à la fois la réduction de vitesse de rotation du moteur (plusieurs dizaines de milliers de tours par minute pour les moteurs à turbine) vers les rotors (aux alentours de 200 à 400 km/h pour le rotor principal en bout de pale) ; et le renvoi d'angle entre l'axe du rotor principal en position verticale et le rotor de queue en position horizontale.

Avec la complexité intrinsèque de ses ensembles mécaniques et de ses systèmes afin de garantir une sécurité au vol, l'hélicoptère reste un engin particulier à tous égards.

Il a fallu de nombreuses tentatives avant d'arriver à ce résultat. Sur un plan historique, les experts en aéronautique (Le Roy, s. d.) considèrent que les premières références à l'hélicoptère remontent, soit à la vis aérienne de Léonard de Vinci au 15^e siècle, soit à la réalisation en 1784 de la maquette à rotors coaxiaux par arc bandé de Launoy et Bienvenu, soit à l'hélicoptère expérimental d'Enrico Forlanini en 1877, exposé au Musée des sciences et des techniques Léonard de Vinci de Milan, soit encore à celle des petites machines à ressort d'horlogerie de Gustave de Ponton d'Amécourt en 1863, inventeur du mot « hélicoptère » du grec *helikos* (spirale) et *pteron* (aile) (Le Roy, s. d.). Même si l'hélice chinoise, jouet connu en Europe dès le Moyen Âge, fait remonter très loin dans le temps l'invention du rotor sustentateur, d'autres pensent que l'histoire de l'hélicoptère commence le 21 septembre 1907 à l'Académie royale des

¹⁴ ADAV : aéronef à décollage et atterrissage verticaux. En anglais, *Vertical Take-off and Landing aircraft* (VTOL)

sciences lorsque Louis Charles Bréguet et les frères Richet présentent le *gyroplane* : un aéronef expérimental à quatre voilures tournantes avec des ailes flexibles, qui est considéré peut-être comme le plus proche ancêtre de l'hélicoptère (Duhem, 1937). Par la suite, d'autres aéronefs, que l'on peut désigner comme « hélicoptère » au sens moderne du terme, ont vu le jour. Le 18 décembre 1922, George de Bothezat réussit un vol de 1 min 42 s à 1,8 m du sol à bord de son *quadrirotor*. Le 18 avril 1924, un inventeur argentin du nom de Raúl Pateras Pescara établit un premier record validé par la Fédération aéronautique internationale en vol en ligne à bord du *Pescara 2R*, un hélicoptère équipé de deux rotors coaxiaux contrarotatifs.

Mais c'est seulement lors de la Seconde Guerre mondiale que les scientifiques du III^e Reich mettront en service les premiers hélicoptères véritablement opérationnels (COMAERO, 2016) puis d'autres suivront lors des guerres d'Algérie et du Viêtnam. L'arrivée des turbomoteurs – et en particulier dans les années 60, avec l'*Alouette*, le premier hélicoptère commercial à turbomoteur¹⁵ – pousse l'industrie aéronautique civile et militaire à développer de manière intensive la production, et surtout de concevoir des aéronefs plus puissants qui permettent aujourd'hui de transporter des charges plus lourdes, puis, de faciliter et de sécuriser le pilotage et aussi d'aller plus vite et plus loin.

2.2. L'usage de l'hélicoptère

Néanmoins, le milieu de l'hélicoptère appartient à un milieu relativement confidentiel et singulier du monde de l'aéronautique. Le nombre d'hélicoptères en activité dans le monde reste assez faible, comparé à celui des avions. La complexité technique de sa conception et de sa fabrication, nécessitant entre autres l'installation à bord d'un ou deux moteurs bien plus puissants *au pro rata* de ceux d'un avion afin de le soulever du sol, augmente son poids et la complexité de ses systèmes générant *de facto* des coûts de production et de maintenance substantiels. De plus, le nombre important de possibilités de *customisation* limite sa capacité d'emport et d'autonomie énergétique. Ce qui réduit sa production et sa diffusion à des marchés niches. Néanmoins, son particularisme de manœuvrabilité lui confère l'aptitude d'effectuer des vols en translation ou des vols stationnaires, et celui d'atterrir et de décoller dans et depuis des lieux où aucun autre aéronef ne pourrait évoluer (toit d'immeuble, navire, terrain escarpé, etc.), ce qui entraîne des utilisations *sui generis* qui peuvent donc être très variées.

¹⁵ D'après l'union française d'hélicoptère (UFH), l'alouette II est le premier hélicoptère commercial à turbomoteur vendu à plus de 1300 exemplaires qui n'a pas eu de vrai concurrent avant les années soixante. L'Aérospatiale, puis Eurocopter et Airbus, ont construit par la suite de nouveaux prototypes, comme l'Alouette III, l'appareil légendaire des missions de sauvetage, le Puma, la Gazelle, l'Écureuil ou le Super Puma et aujourd'hui l'EC120, l'EC135, l'EC145, l'H175 et le tout dernier H160. Pour aller plus loin, voir le site de l'UFH à l'adresse suivante : <http://www.ufh.fr/lhelicoptere-en-france-la-profondeur-historique-et-lexcelle-nc-mondiale/>.

Voici quelques exemples d'utilisation suivant le cadre institutionnel, géographique et opérationnel¹⁶.

A/ Dans le cadre de missions militaires

- Le combat contre des troupes ou des engins au sol (appui)
- La détection et la destruction de bâtiments de surface ou sous-marins
- La défense aérienne contre d'autres aéronefs (avion, ULM, parapente, drone ou hélicoptère, etc.)
- La reconnaissance militaire
- Les missions d'assaut par projection de troupes (atterrissage, descente par corde lisse ou en rappel) et leur récupération (atterrissage, récupération par grappe ou nacelle)
- Le transport de troupes et de matériel y compris par appontage sur des bâtiments de surface
- Le levage et le transport de charges externes (grue volante)
- L'évacuation sanitaire et la récupération d'équipages abattus au combat
- Le commandement de liaison ou le poste de commandement volant
- La guerre électronique

B/ Dans le cadre de missions gouvernementales civiles

- La recherche et sauvetage en mer, sur terre (ex. en montagne) de jour comme de nuit
- L'assistance aux populations lors de catastrophes naturelles (tremblements de terre, incendies, ouragans, etc.)
- La surveillance des usagers (police, gendarmerie)
- L'assaut par projection et la récupération des forces d'intervention de police et de gendarmerie
- Le soutien des forces de police et de gendarmerie en opération
- Le transport médicalisé d'urgence (SAMU)
- La lutte contre les feux de forêt par largage d'eau, par observation au profit des moyens terrestre ou par coordination et commandement des moyens engagés
- Le transport de passagers (VIP ou gouvernementaux)

C/ Dans un cadre privé, en travail aérien l'hélicoptère

- Le transport de personnel ou de matériel vers ou depuis des zones inaccessibles (montagne, navires, phare ou éolienne offshore, pilote de port)
- Le levage et le transport de charges externes (grue volante)
- L'épandage agricole
- La prise de vue aérienne en particulier lors d'évènements particuliers (Tour de France, rallyes, etc.)
- La surveillance de lignes électrique aérienne
- Les relevés topographiques
- La prospection minière et sismique

D/ Dans un cadre privé, en transport de passagers

- Les transports publics (lignes régulières, industrie pétrolière offshore, etc.)
- Les vols à la demande (touristique, VIP, aviation d'affaires, etc.)

Pour réaliser toutes ces missions, la configuration des hélicoptères s'adapte aux situations de référence par personnalisation, de jour comme de nuit en utilisant de

¹⁶ Cette liste non exhaustive mais relativement complète a été élaborée et discutée par des instructeurs pilotes.

plus en plus souvent des jumelles de vision nocturne (JVN), en vol à vue (VFR)¹⁷ ou en conditions météorologiques dégradées par la technique de vol aux instruments (IFR)¹⁸. Des équipements particuliers peuvent être ainsi mis en œuvre pour atteindre l'objectif fixé par la mission (capteur thermique, treuil, élingue, corde lisse, nacelle, système d'arme, caméras équipées de diverses technologies, rétroviseurs, etc.), dans un contexte de travail en équipage et en coordination avec les autres moyens engagés.

Les hélicoptères servent bien évidemment aussi à la formation, et à la mise à niveau et en conformité des qualifications et des compétences métiers afin que leurs usagers (personnels navigants et techniciens au sol) soient en mesure de réaliser toutes ces missions avec leurs options ainsi que leurs maintenances associées dans les meilleures conditions de travail et de sécurité et sous la responsabilité des autorités aéronautiques internationales.

Néanmoins, le nombre standard de types et de variantes des modèles d'aéronef, et la possible *customisation* de ces appareils en fonction des types de missions opérationnelles, a d'une part pour conséquence d'augmenter de manière substantielle le nombre de formations proposées tant pour les formations initiales que pour leurs mises à niveau et les qualifications correspondant au type d'appareil ; et d'autre part, le coût d'un hélicoptère ou d'un avion, et le risque lié à son utilisation ne permettant pas toujours d'utiliser l'aéronef en tant qu'objet d'apprentissage, oblige sa substitution par des simulateurs qui sont au centre des formations instrumentées par le numérique de l'aéronautique.

Nous proposons de développer cet aspect de la formation avec des simulateurs qui sont au cœur de notre thèse, dans une prochaine partie après avoir exposé l'ensemble de la formation en contexte aéronautique.

2.3. L'histoire de la formation aéronautique industrielle

Commençons par un peu d'histoire. La formation aéronautique fut intimement liée dans un premier temps à l'armée. Les besoins militaires ont généré la création d'écoles pour le pilotage et le maintien des aéronefs. Puis, le début des contrats commerciaux initialement avec les compagnies pétrolières offshore a permis de développer le marché d'hélicoptères civils et le besoin de former les pilotes en exploitation des clients.

2.3.1. Une histoire peu documentée

Si les recueils, les sources documentaires, et les médias relatifs au domaine aérien sont pléthoriques, la formation en aéronautique et particulièrement celle des

¹⁷ Visual Flight Rules.

¹⁸ Instrument Flight Rules.

appareils à voilure tournante semble très peu évoquée dans les ouvrages, hormis quelques revues ou sites Internet très spécialisés. Le comité pour l'histoire de l'aéronautique (COMAERO) a néanmoins réuni dans une collection d'ouvrages, des témoignages et des expériences relatives à la formation aéronautique et à l'histoire des hélicoptères (COMAERO, 2013, 2014a, 2014 b, 2016), rédigés par des ingénieurs d'études ou des ingénieurs d'essais, des directeurs de programme ou des chefs de service de la Direction générale de l'armement (DGA) et de l'industrie, autour de l'ensemble du domaine aéronautique sur un plan historique, technique et éducatif dans un contexte militaro-industriel.

Dans cette collection de 23 tomes, trois ouvrages ont été consacrés spécifiquement à la formation :

- « La formation : Tome 1 - Contexte général - La formation au sein des directions aéronautiques »
 - « La formation : Tome 2 — L'apport de l'industrie aérospatiale »
 - « La formation : Tome 3 - La DGA et la formation par la recherche - Le dialogue État — Industrie »
- (COMAERO, 2013, 2014a, 2014b).

Leurs auteurs racontent qu'au cours de ces deux derniers siècles, le monde de la construction aéronautique a connu une profonde mutation. L'évolution des techniques et des technologies, la mondialisation de l'économie et des médias, la croissance du marché civil, la consolidation de l'industrie, la préoccupation financière relative aux incertitudes des crises économiques, et en particulier celle du pétrole, l'importance du rapport à la clientèle en conservant une image innovante, fiable et sûre face à une concurrence exacerbée, et enfin la médiatisation des informations, des connaissances et des incidents diffusée plus rapidement et sur une plus grande échelle par l'intermédiaire d'Internet (COMAERO, 2013), ont entraîné un important changement de perspective. L'industrialisation de l'aviation dans son ensemble a obligé la communauté aéronautique à structurer, standardiser, innover ses méthodes pédagogiques et son approche formative.

2.3.2. De l'armement à l'industrialisation

Cela a commencé pendant la Première Guerre mondiale lorsque des écoles sont ouvertes en 1915 pour unifier la formation. Dès lors, les autorités françaises créent en mai 1916 une Inspection générale des écoles pour répondre à la demande du personnel volant face aux avancées des belligérants. Du 1^{er} janvier 1917 au 11 novembre 1918, 12 518 brevets sont d'ailleurs délivrés, soit plus de 65 % du total d'élèves formés sur les cinq années de guerre. En 1918, l'industriel aéronautique français consacre 12 % de ses productions aux écoles, soit presque autant que pour le bombardement (Champonnois, 2017).

En parallèle, la formation du personnel au sol apparaît inadaptée et insuffisante. Les écoles de mécaniciens n'existent pas encore. Les dépôts envoient, directement dans les escadrilles, les mécaniciens des établissements d'aviation ou d'automobile

qu'ils parviennent à recruter. Deux brevets sont alors remis aux stagiaires-techniciens à l'issue de leur formation : le brevet de mécanicien de moteurs d'aéroplanes et celui de mécanicien-monteur d'aéroplanes.

Lors de la Deuxième Guerre mondiale et avec l'expérience de la première, l'État français et les industriels ressentent le besoin de mettre en place des dispositifs de formation aux métiers de l'aéronautique pour accompagner cette industrie aéronautique. Et pendant cette guerre, des bureaux d'études de l'aéronautique préparent, dans la clandestinité, le futur. Ils élaborent alors des avions de transport et de combat pour maintenir les connaissances des ingénieurs, des pilotes, et des techniciens à un niveau suffisant afin de préparer l'après-guerre. Puis, après la guerre, les responsables de l'État français et de nombreux ingénieurs bénéficient des apports américains, britanniques et allemands qui avaient connu, pour armer leur troupe, des développements technologiques substantiels et sans précédent pour l'aéronautique (COMAERO, 2013). C'est ainsi que de jeunes ingénieurs et pilotes français ont été formés aux États-Unis et en Grande-Bretagne, et que de nombreux ingénieurs allemands sont venus travailler en France, à l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA).

C'est en 1946, après la Deuxième Guerre mondiale, que fut créée en France la première école de pilotes impliquées dans les vols d'essai : l'école du personnel navigant d'essais et de réception (EPNER) (COMAERO, 2013, p. 180). Elle était destinée aux personnels navigants d'essais et de réception pour les besoins de l'État et de l'industrie et pour la réception des aéronefs de série destinés aux Armées.

Par la suite, à partir des années 80 en France et pour les autres pilotes professionnels, grâce à la signature de gros contrats *offshore*, militaires, et de sécurité civile internationale, l'Aérospatiale donne un essor considérable à l'activité « formation » dans sa fonction support, c'est-à-dire comme service complémentaire à la vente d'un hélicoptère (COMAERO, 2014a). Dans les années 90, la direction d'*Eurocopter*, filiale de l'Aérospatiale, que nous dépeindrons plus loin, décide alors de développer son site de *formation client* qu'elle nomme à l'époque *Campus*. Elle implante de nouveaux outils pédagogiques, sous la forme d'enseignement assisté par ordinateur (EAO) - en anglais *Computer Based Training* (CBT) - développé en coopération avec la direction du service formation du groupe Aérospatiale, et avec l'introduction de simulateurs statiques. Les formations techniques sont alors assurées soit en interne par les ingénieurs du groupe, soit en externe par des intervenants détachés auprès des fournisseurs-équipementiers de l'Aérospatiale afin que les qualifications délivrées soient respectueuses de la réglementation aéronautique en vigueur de l'époque. Quant aux formations pratiques, elles se déroulent sur tous les types d'hélicoptères réels, devenus maquettes après déclassement, pour être affectés au *Campus*, avec l'utilisation de la documentation des appareils et des outillages de maintenance. D'autres auteurs de COMAERO nous précisent également qu'au début, le service des essais en vol de l'Aérospatiale détache au *Campus* seulement cinq pilotes

instructeurs pour assurer la qualification en vol des pilotes clients lors de la livraison de leurs hélicoptères. Les connaissances techniques sont alors dispensées en cours au sol par des techniciens. Cette activité se développe de façon exponentielle dans les années 2000, avec l'embauche de cent-cinquante formateurs-instructeurs, puis l'apport d'importants investissements pédagogiques dont les simulateurs de vol de pleine échelle mis à disposition et gérés par la société Helisim, filiale de l'*Aérospatiale*, puis d'*Airbus*, qui fut créée en 2000 en partenariat avec *Thales AVC*, manufacturier de simulateur et la société *Défense conseil international* (DCI) spécialisée dans la formation opérationnelle des forces armées, et également, au travers des services officiels aéronautiques de plusieurs pays qui délivrèrent à *Eurocopter* les homologations nécessaires (COMAERO, 2013).

Ainsi depuis cinquante ans, la France, comme le reste du monde, est confrontée à une véritable explosion du transport aérien. Les avancées technologiques permettent de transporter plus de passagers, de façon plus sûre et de plus en plus loin. Cependant, un transport aérien sûr exige des cadres de référence et du personnel qualifié. Il nécessite aussi une harmonisation des différents secteurs du monde de l'aviation et, par conséquent, une meilleure connaissance réciproque de ceux qui œuvrent dans chacun de ces secteurs. C'est face à ces exigences que des organisations internationales ont été créées pour prendre le relai organisationnel.

3. L'organisation réglementaire de la formation aéronautique

3.1. Les autorités de l'aéronautique

Il existe trois niveaux d'autorités internationales et nationales de l'aviation civile qui gèrent et valident les qualifications et les agréments. Cette initiative d'uniformisation des règles aéronautiques, pour permettre de voler en toute sécurité dans toutes les parties du monde, a pris forme initialement au niveau de l'Organisation des Nations unies (ONU), puis auprès des autorités régionales, et pour certains pays, des autorités nationales. Nous avons schématisé, ci-dessous, cette organisation pour une meilleure compréhension des liens qui existent entre les différents niveaux d'autorité de l'aéronautique mondiale. Nous observons, dans le schéma qui suit, la dépendance hiérarchique de la prise de décision des autorités aéronautiques et la multiplicité de ces organisations en fonction de leur lieu géographique.

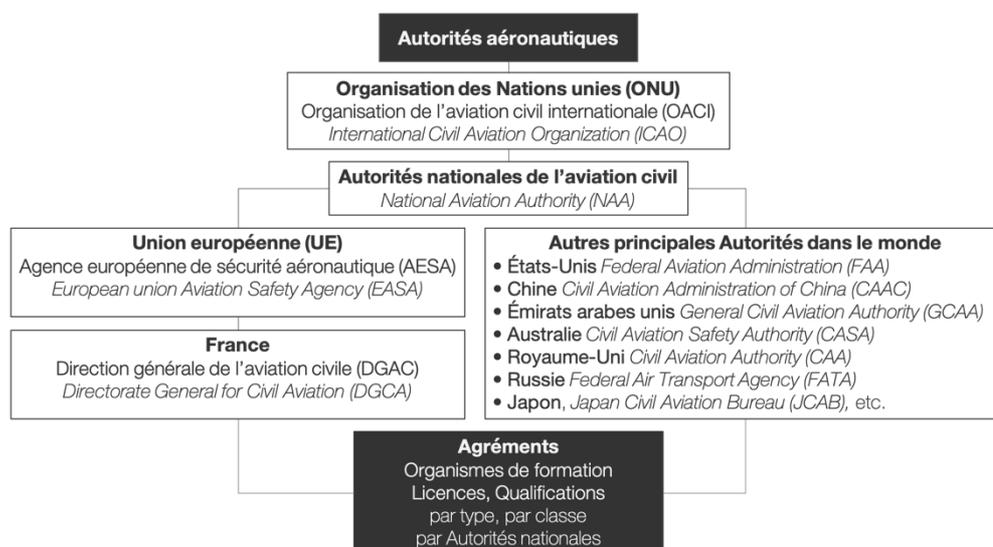


Figure 3 : Organisation des Autorités de l'Aviation civile internationale.

3.1.1. L'Autorité historique issue de l'Organisation des Nations unies

La première d'entre-elles à l'origine de cette volonté de régulation de l'aviation civile est l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)¹⁹. L'*International Civil Aviation Organization (ICAO)*, en anglais, constitue l'une des institutions spécialisées et dépendantes de l'ONU. Elle fut créée le 7 décembre 1944 par 52 États concernés de l'époque, et ratifiée le 4 avril 1947 par les 26 États signataires. Elle est composée d'une assemblée, d'un conseil, de comités et de commissions pour gérer et administrer la Convention relative à l'aviation civile internationale, dite *Convention de Chicago* (Doc 7300). Cette dernière stipule en premier lieu la totale primauté des États membres en matière de régulation du transport aérien, puis établit les règles de l'air, les règles d'immatriculation des aéronefs, et les règles de la sécurité aérienne, et enfin précise les droits et devoirs des pays signataires en matière de droit aérien relatif au transport international par aéronef (IACO, 1944).

Extrait : **Article 40**

Validité des certificats et des licences annotés

Aucun aéronef ou membre du personnel dont le certificat ou la licence a été ainsi annoté ne peut participer à la navigation internationale si ce n'est avec la permission de l'État ou des États sur le territoire desquels il pénètre. L'immatriculation ou l'emploi d'un tel aéronef ou d'un élément certifié d'aéronef dans un État autre que celui où il a été certifié à l'origine est laissé à la discrétion de l'État dans lequel cet aéronef ou élément est importé (IACO, 1944, p. 18).

Son principal rôle est de participer à l'élaboration des normes qui permettent la standardisation du transport aérien international afin de promouvoir le développement sûr et ordonné de l'aviation civile. En ce qui concerne la formation, son

¹⁹ *International Civil Aviation Organization (ICAO)*

annexe 1 relative aux licences du personnel regroupe les normes et les pratiques recommandées (SARP)²⁰ qui régissent la délivrance des licences aux membres d'équipage de conduite (pilotes, mécaniciens navigants et navigateurs), et exige que les organismes de formation approuvés mettent en œuvre un système de gestion de la sécurité²¹.

Les fonctions essentielles du service national de délivrance des licences du personnel sont notamment les suivantes :

- a) Rédaction et amendement des règles relatives à la formation et aux licences du personnel aéronautique ;
- b) Évaluation et approbation des demandes de licences et qualifications, et délivrance des licences et qualifications ;
- c) Exécution d'évaluations d'aptitude physique et mentale compte tenu des conditions de délivrance des licences ;
- d) Validation de licences et qualifications délivrées par d'autres États contractants ;
- e) Approbation, désignation et supervision de personnes ou organismes chargés de tâches expresses pour le compte du service de délivrance des licences du personnel

(OACI, 2006, pp. 3-15)

Cette annexe comprend aussi les procédures pour les services de navigation aérienne (PANS)²², les manuels techniques et les circulaires, en indiquant aux 193 États membres actuels de l'ONU, l'ampleur et le niveau des programmes d'étude que doivent suivre tous ces spécialistes pour que la sécurité de la navigation aérienne réponde aux objectifs de la Convention et à ses annexes.

L'application et l'homogénéité des règles communes de sécurité sont mises en œuvre et gérées par des agences régionales de l'autorité et de la réglementation de la sécurité de l'aviation civile réparties dans le monde entier. Les principales agences mondiales - les Autorités nationales de l'aviation civile appelées : *National Aviation Authority* (NAA) - sont habilitées à certifier les nouveaux aéronefs, les équipements et les formations de l'aviation civile. Voici une liste non exhaustive des principales autorités régissant leur région respective :

- *Federal Aviation Administration* (FAA) pour les États-Unis
- *Civil Aviation Administration of China* (CAAC) pour la Chine
- *General Civil Aviation Authority* (GCAA) pour les Émirats arabes unis
- *Transport Canada's Civil Aviation* (TCCA) pour le Canada
- *Civil Aviation Safety Authority* (CASA) pour l'Australie
- *General of Civil Aviation* (DGCA) pour l'Inde
- *Civil Aviation Authority* (CAA) pour le Royaume-Uni
- *Federal Air Transport Agency* (FATA) pour la Russie

²⁰ *Standards and Recommended Practices* (SARP).

²¹ Référence : *Safety Management SARPs – Annex 1 – Personnel Licensing – Appendix 2 Approved Training Organization*.

²² *Procedures for Air Navigation Services* (PANS)

– *Japan Civil Aviation Bureau* (JCAB) pour le Japon, etc.

Celle qui régit la France et tous les pays de l'Union européenne (UE) est l'*European Union Aviation Safety Agency* (EASA) – en français : l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) –.

3.1.2. L'Autorité de tutelle pour l'Union européenne

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) – pour la suite, nous utiliserons plutôt le terme anglophone d'EASA plus fréquemment employé dans le milieu aéronautique – basée à Cologne, en Allemagne, a été créée le 12 juillet 2002, d'abord, pour veiller à la sécurité et à la protection de l'environnement dans les transports aériens en Europe ; puis, pour faciliter la libre circulation des biens, des personnes et des services ; ensuite, pour favoriser la rentabilisation des processus réglementaires et de certification, et promouvoir au niveau mondial les vues qu'elle défend quant aux normes de sécurité à appliquer dans l'aviation civile ; et enfin pour aider les 27 États membres de l'UE en incluant l'Islande, le Liechtenstein, la Norvège et la Suisse²³ à remplir sur une base commune les obligations que leur impose l'OACI. Elle est également chargée d'harmoniser les réglementations ; de développer le marché unique du transport aérien européen ; d'élaborer des règles techniques dans le domaine de l'aviation ; de délivrer des certifications de type des aéronefs et leurs composants ; de superviser la sécurité et d'apporter un soutien aux pays de l'UE (en matière notamment d'opérations aériennes et de gestion du trafic aérien) ; de promouvoir les normes de sécurité européennes et mondiales ; de collaborer avec les acteurs internationaux pour améliorer la sécurité en Europe ; et enfin, pour ce qui nous concerne, d'approuver les entreprises qui conçoivent, fabriquent et assurent l'entretien et la formation de produits aéronautiques en déléguant auprès des autorités locales la délivrance des certifications des organismes de formations.

3.1.3. L'Autorité française de l'Aviation civile

La Direction générale de l'Aviation civile (DGAC) qui dépend aujourd'hui du ministère de la Transition écologique a, quant à elle, pour mission de garantir la sécurité et la sûreté du transport aérien et des infrastructures aéronautiques en France et regroupe l'ensemble des composantes de l'aviation civile : le développement durable, la sécurité, la sûreté du contrôle aérien, la régulation économique, le soutien à la construction aéronautique, l'aviation générale, et bien sûr la formation aéronautique.

La réglementation européenne de l'EASA sur l'aviation civile impose d'agréeer les qualifications des aéronefs, que nous expliquerons ci-après, et de certifier les

²³ Repéré le 19 mai 2020 sur le site de l'Union européenne : https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/easa_fr

organismes de formation qui dispensent et délivrent ces qualifications. La documentation proposée par la DGAC vise à expliquer la démarche de certification et de surveillance, à accompagner les organismes pour la mise en conformité et fournit les documents utiles à la création d'un organisme de formation, à son agrément ou à celui d'un examinateur. De plus, la DGAC joue aussi un rôle formateur avec l'École Nationale de l'Aviation civile (ENAC), qui a pour mission d'assurer la formation initiale et le perfectionnement des cadres et des principaux acteurs de l'aviation civile. Enfin, la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC/PN/FOR), service à compétence nationale rattaché à la DGAC est chargée de veiller au respect des normes internationales applicables au domaine de l'aviation civile, des réglementations communautaires et des dispositions législatives et réglementaires nationales, en matière de sécurité, de sûreté et d'environnement.

3.2. La réglementation européenne

Nous limitons notre étude à la réglementation européenne directement liée à notre terrain de recherche. Chaque région dépend de sa propre autorité de tutelle et impose sa propre réglementation. Chaque qualification de navigabilité ou de maintenance et chaque certification d'organisme de formation doivent être validées pour chaque lieu d'exploitation.

3.2.1. Organisation de la réglementation

La réglementation de l'EASA (*Basic regulations*) comporte onze domaines d'intervention : la navigabilité initiale, la maintenance, les équipages aériens, les opérations aériennes, les opérateurs des pays tiers, les besoins communs des services de la navigation aérienne, la surveillance de la sécurité de la gestion du trafic aérien, les licences concernant le contrôle de la circulation aérienne, les exigences relatives à l'utilisation de l'espace aérien, les règles européennes de normalisation de l'air, et enfin les aérodromes. Elle est subdivisée en trois grandes sections : les opérations aériennes, le personnel navigant et les règles de l'air européennes normalisées. Chaque section est subdivisée en sous-parties (Part) comme le montre l'organigramme ci-après.

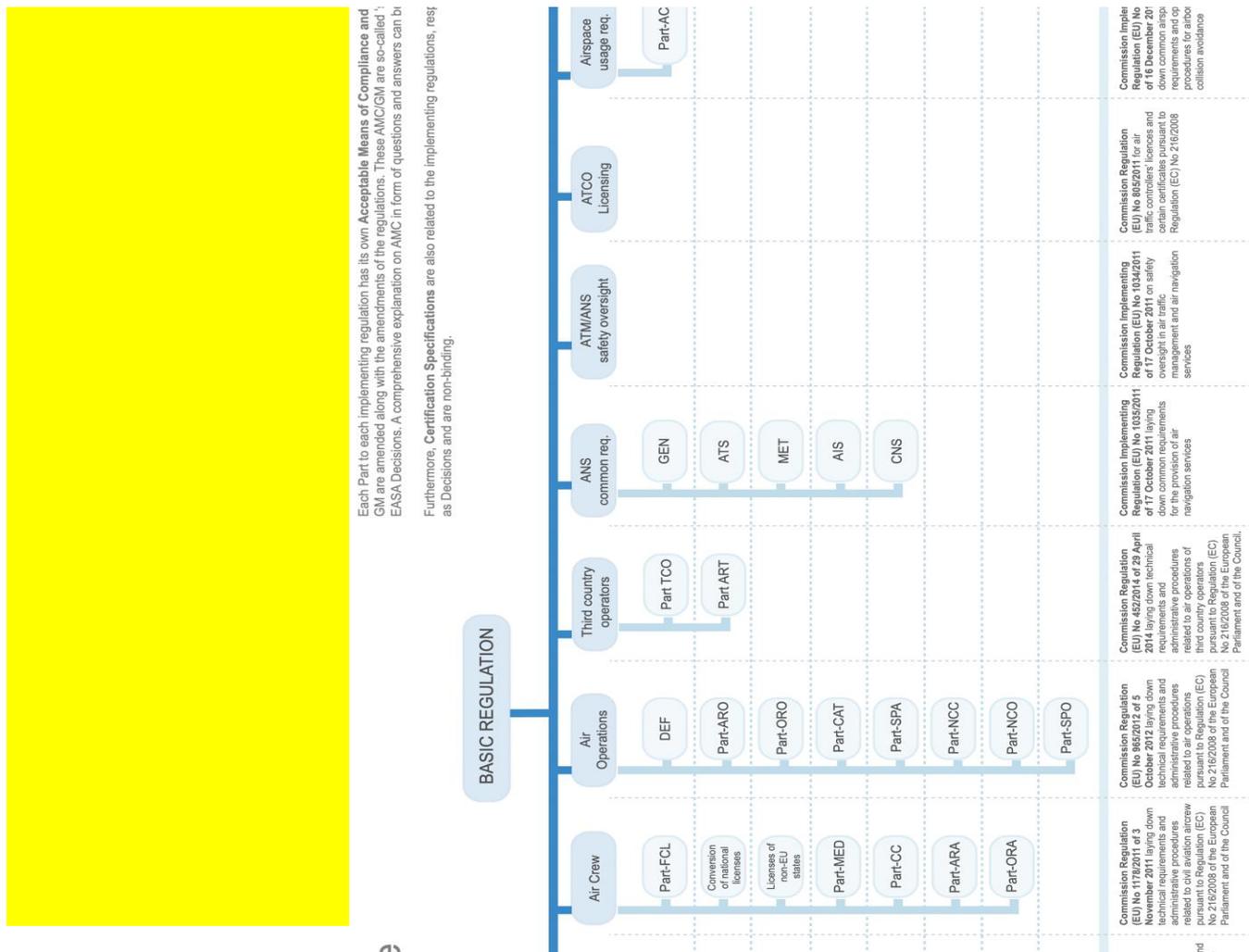


Figure 4 : Organisation de la réglementation de l'EASA

Nous présentons sur la page précédente le schéma de la structure règlementaire proposée par l'EASA²⁴, dans lequel nous avons pointé avec des pastilles les domaines qui concernent spécifiquement la formation des techniciens en jaune et ceux des pilotes en bleu. Nous détaillerons et expliquerons ces parties ci-après.

Chaque règlement définit donc des exigences. Chaque partie de chaque règlement de mise en œuvre possède des moyens acceptables de conformité « *Acceptable Means of Compliance* » (AMC) qui présentent les moyens pour être conformes aux exigences du règlement et des guides « *Guidance Material* » (GM) dont le but est d'aider à leur application. Les AMC/GM sont, selon l'EASA, des normes non contraignantes adoptées par l'Agence pour illustrer des moyens permettant d'établir la conformité avec le Règlement (CE) n° 216/2008 du Parlement européen et du Conseil du 20 février 2008 qui concerne les règles de base communes (*Basic Regulation*) et leurs modalités d'exécution, c'est-à-dire les règles de mise en œuvre (*Implementing Rules*) dans le domaine de l'aviation civile et qui institue une Agence européenne de la sécurité

²⁴ Repéré le 22 janvier 2020 à https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/regulations_structure-12062014.pdf

aérienne en remplacement du règlement (CE) n° 1592/2002.

L'annexe III de ce règlement définit les exigences essentielles relatives aux licences des pilotes et à leur formation que nous détaillerons ci-après. Pour illustrer notre propos, nous présentons, ci-dessous, un schéma explicatif de l'organisation de la réglementation européenne concernant l'aéronautique.

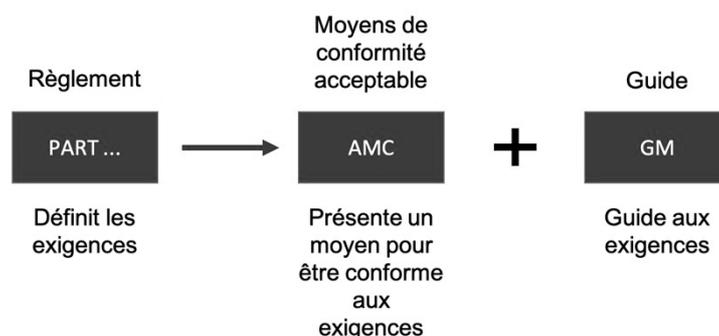


Figure 5 : Schéma de l'organisation des règlements de l'AESA

3.2.2. Les annexes relatives à la formation des pilotes

Pour ce qui concerne précisément la formation des pilotes, la Part-ORO (*Organisation Requirements for Air Operations*) définit les exigences en matière d'agrément pour dispenser une formation de membre d'équipage de cabine ou pour délivrer des certificats de membre d'équipage de cabine (ORO.AOC.120). Elle définit également les exigences des formations aux différences et formations de familiarisation (ORO.FC.125), et des formations de maintien des compétences et du contrôle (ORO.FC.130) ainsi que des qualifications du pilote pour exercer ses activités (ORO.FC.135 & 235). Ensuite, la Part-ARO (*Authority Requirements for Air Operations*) définit les agréments et les organisations des organismes de formation. La Part-FCL (*Flight Crew Licences*) définit, quant à elle, les exigences qui concernent les examens théoriques pour la délivrance de licences et de qualifications (FCL.025) ainsi que leurs prorogations (FCL.625.H IR (H)). Enfin, l'appendice IV de l'annexe VI de la Part-ARA (*Authority Requirements for Aircrew*) définit les certificats de qualification des simulateurs d'entraînement au vol : le document de référence de la formation instrumentée aéronautique.

3.2.3. Les annexes relatives à la formation des mécaniciens

La licence « PART 66 » est le document officiel européen délivré, en France, par l'Organisme pour la sécurité de l'aviation civile (OSAC) sous l'autorité de EASA, par délégation ou en sous-traitance de la DGAC, afin de permettre à tout technicien aéronautique, muni d'une licence et d'une qualification obtenue au sein d'un organisme de formation agréé Part-147, d'opérer au sein d'une compagnie. Pour obtenir une licence de maintenance aéronautique, une « AML » (*Aircraft Maintenance licence*), le technicien doit alors justifier de ses connaissances de base (66.A.25) et de

son expérience de base (66.A.30), puis, afin d'obtenir une qualification de type, que nous précisons plus bas, endossée à l'AML, doit suivre une formation de type théorique et pratique relative à l'aéronef concerné. (66.A.45). Quant à la Part-145 qui prescrit les exigences des ateliers d'entretien des aéronefs sur un plan opérationnel, ne concerne pas directement la formation, mais y contribue pour valider les qualifications à ses niveaux d'exigence.

3.3. La réglementation des organismes de formation des pilotes (ATO)

3.3.1. Définition

La réglementation européenne sur l'aviation civile impose d'agréer les organismes dispensant des formations pour délivrer des licences ou des qualifications (Part-ARO). Un ATO, sigle anglophone de *Approved Training Organisation*²⁵, est le sigle officiel désignant un organisme de formation agréé pour former des pilotes. Chaque ATO possède ses spécialités, en matière de catégories d'aéronef (ballons, planeurs, hélicoptères, avions) et de type de licence ou de qualification délivrée. Conformément à l'ORA.GEN.125, un certificat est délivré à l'ATO dans lequel sont définis les termes d'agrément et les privilèges de l'organisme. Il mentionne également l'ensemble des programmes de formation couverts par l'ATO. Un programme de formation doit être établi pour chaque formation et être agréé par l'autorité de la région concernée. L'ATO doit ainsi inclure la liste récapitulative des programmes de formation agréés dans sa documentation (AMC1 ORA.GEN.125).

Conformément à l'ORA.GEN.105, la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC/PN/FOR) se positionne comme l'autorité compétente en France qui exerce la surveillance sur les organismes ATO. Au regard de l'article 11 ter du règlement 1178/2011 de la Commission européenne (« Capacités de surveillance »), les inspecteurs de l'autorité de la DSAC peuvent alors :

- a) examiner les dossiers, les données, les procédures et tout autre document utile pour l'exécution de la tâche de certification et/ou de surveillance.
- b) faire des copies de ces dossiers, données, procédures et autres documents, en tout ou en partie.
- c) demander une explication orale sur place.
- d) pénétrer dans tout local, site d'exploitation ou moyen de transport concerné.
- e) effectuer des audits, des enquêtes, des évaluations, des inspections, y compris des inspections au sol et des inspections non systématiques
- f) prendre ou engager des mesures exécutoires si nécessaire. (Commission, 3/2011)

²⁵ *Organisation* avec un « s ». L'EASA publie ses textes en anglais. Dans le reste du monde et au niveau de l'OACI, la publication des autorités se fait généralement en américain : *Organization* avec un « z ».

3.3.2. Organisation

En fonction de la taille, de la nature et de la complexité de son offre, de son personnel et des moyens engagés (les organismes de plus de 20 équivalents temps plein, personnel de gestion inclus, sont considérés comme complexes), l'Autorité détermine dans la Part-ORA les exigences particulières à appliquer au système de gestion et à l'ATO.

D'un côté, pour les ATO complexes (ce qui est le cas du *Training Academy* de Marignane), le système de gestion doit être composé au minimum d'un dirigeant responsable (*Head of Training*), qui a la responsabilité ultime en matière de mise en œuvre et d'efficacité du système de gestion et de son financement, d'un *Safety Manager* (SM) responsable du développement, de l'exploitation et de l'amélioration continue de la *Safety Management Systems* (SMS), et d'un *Compliance Monitoring Manager* (CMM), le responsable de la qualité qui veille à ce que l'organisme reste conforme aux exigences applicables.

D'un autre côté, un ATO, dans sa partie opérationnelle, celle qui délivre les cours, avec le plus haut degré de complexité doit posséder un responsable pédagogique (*Head of Training*)²⁶ qui est responsable du suivi des stagiaires, des programmes de formations et de la conformité des formations effectuées au sol et en vol ; puis, un chef instructeur vol (*Chief of Flight Instructor – CFI*) qui est chargé de la standardisation et de la supervision des instructeurs de vol, des instructeurs sur FSTD (*Flight Simulation Training Device*) et de la validation de la licence ou de la qualification ; et enfin, un chef instructeur de l'enseignement théorique au sol (*Chief Theoretical Knowledge Instructor – CTKI*) qui est chargé de la standardisation et de la supervision de l'instruction théorique au sol. Le niveau d'autorité de chaque fonction dépend de l'organisme de formation.

Les formations pour l'obtention d'une licence ou d'une qualification sont instruites par différents types d'instructeurs. Les instructeurs au sol (*Theoretical Knowledge Instructor – TKI*) qui dispensent des cours théoriques de connaissances techniques ; les instructeurs instruisant sur simulateur ou sur entraîneur synthétique de vol (*Synthetic Flight Instructor – SFI*) ; les instructeurs chargés de la formation en vol (*Flight Instructor – FI*), ainsi que les TRI/TRE (*Type Rating²⁷ Instructeur/Type Rating Examiner*) chargés spécifiquement de la formation et l'évaluation en vol des qualifications de type. Ils sont tous sous la responsabilité respective du CTKI et du CFI.

Chaque organisme de formation est audité périodiquement par les inspecteurs de

²⁶ Annexe VII de la Part ORA de l'EASA - AMC1 ORA.ATO.110(b) : "Personnel requirements - Head of Training - The nominated Head of Training should have the overall responsibility to ensure that the training is in compliance with the appropriate requirements. In an ATO providing training courses for different aircraft categories, the HT shall be assisted by one or more nominated deputy HT(s) for certain flight training courses."

²⁷ *Type Rating* en anglais ou *Qualification de type* en français que nous expliquerons plus bas.

la Direction de la sécurité de l'Aviation civile (DSAC/PN/FOR)²⁸ pour s'assurer des moyens en personnel, des moyens matériels et de la documentation mis en œuvre et à disposition en prenant en compte les changements majeurs depuis le dernier audit.

3.4. La réglementation des organismes de formation en maintenance (MTO)

De la même manière qu'un ATO, la réglementation européenne impose et délivre ou fait délivrer par les autorités locales, un agrément aux organismes de formation qui forment et qualifient des techniciens aéronautiques. Elle les nomme MTO sigle anglophone de *Maintenance Training Organisation*.

Les parties concernées par les MTO se trouvent dans la Part-147 et la Part-66 du domaine du maintien de la navigabilité (*c.-à-d.* la maintenance).

L'homologue du *Head of Training* dans un MTO est le *Training Manager* suivant la réglementation (AMC 147.A.105). Et au regard de la PART66, les instructeurs, quant à eux, dispensent des cours au sol, théoriques et pratiques, en qualité de mécaniciens (B1.3)²⁹ et d'avioniciens ou techniciens avioniques (B2)³⁰ pour notre partie. Il existe aussi des B1.1 : instructeurs sur avions à moteur à turbine, les B1.2 : instructeurs sur avions à moteur à pistons, et les B1.4 : instructeurs sur hélicoptères à moteur à pistons (cette dernière catégorie, étant de moins en moins répandue, concerne généralement que les formations initiales).

Les B1.3 et les B2 sont habilités à délivrer et à valider des qualifications dans leur domaine de compétences et au sein de leur propre cours. L'instruction des techniciens-mécaniciens et des techniciens-avioniques est sensiblement la même. Une partie théorique est dispensée en salle de cours. Seuls certains chapitres sont abordés plus en profondeur suivant la spécialité, par exemple les systèmes électroniques pour les techniciens avioniques et les systèmes mécaniques (ex. : le moteur ou le train d'atterrissage) pour les mécaniciens. La partie pratique se déroule sur des maquettes d'hélicoptère entières ou partielles, ou sur des simulateurs de procédure, de tâches ou d'avionique. La connaissance technique est évaluée par un test sous la forme d'un QCM et l'évaluation de la pratique directement sur les machines.

L'organisation et le contenu du cours s'appuient sur un document de l'EASA : le

²⁸ La DSAC a pour mission entre autres de la surveillance de la navigation aérienne, en certifiant et contrôlant l'organisation et le contenu de la formation des personnels, de la certification des aéronefs, de la délivrance d'agrément pour le personnel navigant, et de l'organisme du contrôle en vol. Repéré, le 30 août 2020 à <https://www.ecologie.gouv.fr/securite-aerienne>.

²⁹ *Airframe - Mechanic Technician Instructor (B1.3)* : Désignation de la spécialité à la licence aéronautique de la maintenance des hélicoptères à turbines, suivant la PART66, comme vu plus haut.

³⁰ *Avionic Technician Instructor (B2)* : Désignation de la spécialité à la licence aéronautique de l'avionique d'un aéronef, suivant la PART66

Training Needs Analysis (TNA) qui définit le type de formation dont il s'agit (un cours complet, un cours de différences entre deux modèles ou un cours réduit ou de familiarisation), la catégorie (B2 ou B1.3) concernée et le niveau de difficulté du cours (niveau 1, 2 ou 3) en fonction des chapitres et de la spécialité, le type de public à qui la formation s'adresse, les prérequis exigés, et la durée de la formation pour répondre aux exigences des règlements de l'EASA.

La licence PART 66 est le document officiel européen délivré par l'OSAC sous l'autorité de l'EASA et permettant à tout technicien aéronautique d'opérer au sein d'une compagnie. Elle est obtenue par un organisme agréé PART 147 (norme des centres de formation EASA aéronautique) en justifiant de formation théorique et pratiques réglementaires.

La licence B1 concerne les travaux d'entretien effectués sur la structure, la motorisation et les systèmes mécaniques et électriques de l'aéronef ; et les travaux sur les systèmes avioniques n'exigeant que des tests simples pour démontrer leur bon fonctionnement et ne nécessitant pas la recherche de pannes. La licence B2 concerne les travaux d'entretien effectués sur les systèmes avioniques et électriques, et les tâches électriques et avioniques dans les systèmes de motorisation et mécaniques n'exigeant que des tests simples pour démontrer leur bon fonctionnement ; ainsi que les opérations d'entretien en ligne programmées mineures et rectifications de défauts simples.

4. Conclusion du premier chapitre

Ces premières mises en perspective, d'abord historique et ensuite réglementaire et institutionnelle, mettent en lumière des conditions très particulières de la formation aéronautique, en générale et sur hélicoptères en particulier, et des contraintes fortes qui pèsent sur elle du fait des exigences de sécurité qui ont fait émerger des réglementations nationales et internationales très strictes. Ces conditions et contraintes se situent au niveau de la civilisation et trouvent ensuite des adaptations à des niveaux inférieurs, selon les organisations sociétales respectives des pays dans toutes les parties du monde. On note à ce stade que malgré la réglementation particulièrement stricte émanant initialement des instances de l'ONU, que des adaptations organisationnelles sont bien considérées comme pouvant émerger en fonction des contextes et des fonctions d'usage des hélicoptères. C'est ce dont témoigne notamment le fait que chaque partie de chaque règlement de mise en œuvre possède des moyens acceptables de conformité. Ceci invite à penser l'existence aussi bien de conditions favorables à l'évolution des formations en aéronautique au gré des transformations technologiques, voire sociétales, que de contraintes au regard de la complexité extrême de l'organisation mondiale de l'aviation civile. Nous verrons que ces conditions, associées à la technicité des aéronefs ainsi que des coûts financiers des

outils sur lesquels nous reviendrons plus loin, déterminent très fortement le fonctionnement des formations du secteur qui font l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 2. Le contexte de la formation aéronautique non *ab initio* sur hélicoptère

En somme, je fais mon métier. Je n'éprouve rien d'autre que le plaisir physique d'actes nourris de sens qui se suffisent à eux-mêmes. Je n'éprouve ni le sentiment d'un grand danger ni le sentiment d'un grand devoir. Le combat entre l'Occident et le nazisme devient, cette fois-ci, à l'échelle de mes actes, une action sur des manettes, des leviers et des robinets.

Pilote de guerre (1942) de Antoine de Saint-Exupéry

1. Le contexte industriel

Dans le contexte de la formation aéronautique, tout stagiaire commence par une formation initiale (*ab initio*)³¹ pour apprendre à piloter ou apprendre le métier de technicien aéronautique. Puis, dans une démarche qualifiante et de maintien en conformité, les pilotes professionnels munis d'une licence et les techniciens ayant déjà une expérience dans la mécanique, se forment en continu pour l'obtention de qualifications sur des machines sorties d'usine ou sur des machines d'un nouveau type pour lesquelles l'utilisateur n'est pas encore qualifié, et n'est donc pas autorisé à voler avec ou à la maintenir. C'est cette dernière disposition qui nous intéresse, car elle concerne directement le marché de la formation des organismes de formation liés à l'industrie, c'est-à-dire formant du personnel professionnel directement lié à l'achat d'un hélicoptère.

Nous dressons ci-après un rapide aperçu de l'organisation de la formation de notre entreprise d'accueil, puis nous détaillerons les formations et qualifications concernées par notre recherche.

1.1. Le groupe Airbus Helicopters

Dans le cadre d'un dispositif CIFRE, l'entreprise d'accueil prend une importance particulière dans la mise en place des protocoles de recherche. Il est donc très important de bien connaître sa structure, son organisation, ses acteurs et son histoire.

Avant de s'appeler *Airbus Helicopters*, l'entreprise fut créée en 1992 sous le nom

³¹ La formation *Ab Initio* en aéronautique signifie la première étape de l'entraînement au vol et délivre des licences de vol : *Private Pilot Licence Helicopters* (PPL-H), *Commercial Pilot Licence Helicopters* (CPL-H), *Airline Transport Pilot Licence Helicopters* (ATPL-H). Il existe l'équivalent pour les avions, les ballons et les planeurs.

d'*Eurocopter* par la fusion des divisions hélicoptères de la *Société nationale industrielle aérospatiale* (SNIAS) et de l'entreprise allemande *Deutsche Aerospace Aktiengesellschaft* (DASA). En 2000, *Eurocopter* devient ensuite une compagnie de l'*European Aeronautic Defence and Space company* (EADS), et le 7 janvier 2014, lors d'une restructuration et d'une réorganisation plus large du groupe, *Eurocopter* devient *Airbus Helicopters*, et filiale à 100 % d'*Airbus Group*, et depuis 2017 la filiale et la maison mère portent maintenant le même nom : *Airbus*.



Figure 5 : Évolution des logos d'Airbus Helicopters (source : Wikipédia « Airbus Helicopters »)

Ainsi *Airbus*, division hélicoptère, est le premier fabricant d'hélicoptères civils au monde et l'un des cinq principaux constructeurs d'hélicoptères militaires. La part totale de sa flotte en activité constitue, au moment de la rédaction de ce manuscrit, un volume de plus de la moitié de la flotte des hélicoptères civils et parapublics en service dans le monde et un peu moins d'un dixième des hélicoptères militaires³². Sa gamme est composée de onze modèles pour le marché civil et de huit modèles pour celui du militaire. Les hélicoptères sont catégorisés selon leur masse maximale au décollage et le nombre de passagers : les ultralégers, les légers et les lourds (la classification proposée par *Airbus Helicopters*, se définit plutôt par : légers, moyens et lourds).

Le siège de la société est installé dans le sud de la France à Marignane au sein de l'aéroport Marseille-Provence, où elle possède son principal site de production en France. L'autre se situe à Dugny, dans le département de la Seine-Saint-Denis, au nord-est de Paris. Des usines sont également installées en Allemagne, à Donauwörth (Bavière) et en Espagne, à Albacete (Castille-La Manche). L'entreprise emploie aujourd'hui près de 20 000 personnes à travers le monde, dont environ 8 000 à Marignane. *Airbus Helicopters* est composée de huit sites industriels à l'international et dispose d'environ une centaine de centres de service à travers le monde (centres de maintenance, centres de formation, distributeurs et agents agréés).

Les 16 centres de formation, filiales du groupe, sont implantés sur les cinq continents³³, dont certains sont équipés de simulateurs de vol à pleine échelle : *Full Flight Simulator* (FFS), notamment à Marignane, où se trouve le centre de

³² 52% du marché civile (devant Leonardo (22%), Bell (13%) et Russian Helicopters (10%)) et 9% du marché militaire (derrière Russian Helicopters (20%), Sikorsky (19,5%) Boeing (10%) et Avicopter (10%)).

³³ Amérique (Canada, États-Unis, Mexique, Chili, Brésil), Afrique (Afrique du Sud), Asie (Chine, Japon, Malaisie, Kazakhstan, Singapour), Océanie (Australie), Europe (France, Allemagne, Royaume-Uni, Espagne).

formation réunissant le plus grand nombre de FFS (proposé par le consortium Helisim³⁴), et le principal centre de formation d'Airbus Training Group : Airbus Helicopters Training Services (AHTS), qui sera rebaptisé en avril 2021, faisant suite à une réorganisation, Airbus Helicopters Training Academy France.

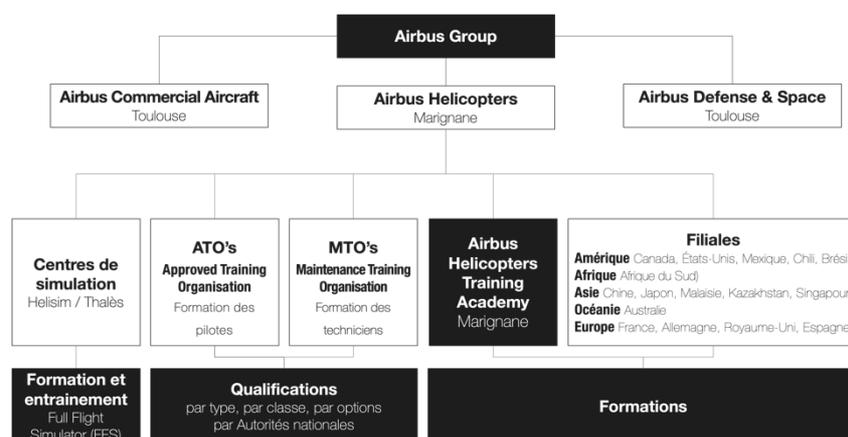


Figure 6 : Synthèse de l'organisation formative des clients d'Airbus Helicopters

1.2. L'entreprise d'accueil de la CIFRE : AHTS/AHTA France

Le 15 mai 2006, l'Aérospatiale crée *Eurocopter Training Services* (ETS), filiale à 100 % d'*Eurocopter* dédiée à la formation de pilotes et techniciens des clients de l'entreprise et aux formations externes *non ab initio*. Puis, le 1er janvier 2014, la formation à Marignane s'est scindée avec d'un côté *Airbus Helicopters*, maison mère avec comme filiale de la formation client (*Training Group*) : *Entreprise Training Services* (ETS) et de l'autre, ses filiales, dont la principale et la plus importante en nombre et en chiffre d'affaires se nomme *Airbus Helicopters Training Services* (AHTS) jusqu'en mars 2021. Puis, à la suite de la fusion du siège social et de ses filiales au 1er avril 2021, le groupe « *Training* » se nomme désormais *Airbus Helicopters Training Academy*, incluant les filiales, les ATO et les MTO du groupe. Pour des raisons de facilitation de lecture et de compréhension, nous parlerons du *Training Academy* ou d'AHTA, comme entreprise d'accueil, au regard de la convention de collaboration, même si l'ancienne appellation (AHTS) représente près de 98 % de la convention, terminée en juin 2021.

Cette dernière est donc un organisme de formation filiale du groupe Airbus. AHTA est agréé par les autorités aéronautiques (ATO) pour former des pilotes

³⁴ Helisim est un consortium de trois entreprises : Airbus Helicopters (47%), Thales AVS (47%, fabricant de simulateurs) et Défense Conseil International (6%, spécialisée dans la formation opérationnelle des forces armées). Située à proximité de l'usine de Marignane et du centre de formation, Helisim propose des formations et location de séances sur simulateur de vol (FFS) de niveau D, pour les hélicoptères bimoteurs moyens/grands d'Airbus Helicopters, notamment le H175, H160, AS365 N2, H155, AS332 L1/L2, H225 et NH90.

professionnels et privés du monde entier et dans le monde entier - *in situ* —³⁵, qui ont déjà une licence de pilote d'hélicoptère et qui doivent apprendre à voler sur un nouvel appareil, appartenant à la gamme *d'Airbus Helicopters* Marignane, qui a été acheté par leur employeur ou qu'ils ont acheté eux-mêmes. AHTA est également agréé par les autorités (MTO) pour former des techniciens qui possèdent déjà une expérience en maintenance aéronautique et qui veulent eux aussi valider une qualification pour le nouveau modèle ou le nouveau type d'hélicoptère acheté par leur société³⁶. Au moment de la rédaction de la thèse, d'autres ATO et MTO existent dans le groupe, notamment en Allemagne, mais à terme l'objectif annoncé sera de posséder un seul ATO et un seul MTO pour centraliser les politiques de formation du groupe.

Chaque entité comprend des instructeurs spécialisés dans leur domaine de compétences. Chaque instructeur et examinateur doivent au minimum posséder une licence de pilote ou une expérience de technicien, ainsi que la qualification relative à son instruction et la qualification d'instructeur correspondante, valide et à jour.

2. Les licences, certifications et qualifications aéronautiques

2.1. Les licences

L'OACI a élaboré des normes internationales sur les licences du personnel pour les activités aéronautiques de la manière suivante :

Pour les pilotes, il existe des licences pour piloter des avions légers : la Licence de Pilote d'Aéronef léger - LAPL(H)³⁷, pour les pilotes privés : la Licence de Pilote privé Hélicoptère – PPL(H), pour les professionnels : la Licence de Pilote professionnel Hélicoptère – CPL (H) et pour les pilotes de ligne : la Licence de Pilote de Ligne Avion – ATPL(H). Cette dernière est indispensable à l'exercice de commandant de bord d'un avion certifié CS-25 (dit « lourd ») en transport public. Il existe aussi les licences des membres d'équipage de conduite autres que les pilotes tels que les mécaniciens navigants et les navigateurs.

Pour les techniciens, il existe plusieurs niveaux de licence (licence A, B ou C) répondant à des exigences et des niveaux de responsabilité professionnelle différents

³⁵ La formation sur site représente environ 50% des formations dispensées, pilotes et techniciens confondus. Le reste s'effectuant à Marignane.

³⁶ Seul un pilote peut être propriétaire de son propre hélicoptère. Il en devient à la fois client et stagiaire durant la durée de la formation. La plupart des pilotes sont néanmoins des employés de compagnie aérienne. En revanche, les techniciens appartiennent obligatoirement à une compagnie aéronautique privée ou à une institution gouvernementale.

³⁷ *Light Aircraft Pilot Licence (for Helicopters)*

au regard de la réglementation Part-66 de l'EASA. Selon la spécialité ou le type d'aéronef, les licences sont encore subdivisées en catégories :

- Maintenance des avions à turbines : Licences A1 et B1.1
- Maintenance des avions à moteurs à pistons : Licences A2 et B1.2
- Maintenance des hélicoptères à turbines : Licences A3 et B1.3
- Maintenance des hélicoptères à moteurs à pistons : Licences B4 et B1.4³⁸
- Avionique : Licence B2
- Aviation légère (inférieur à 2 tonnes) : Licence B3
- La Catégorie C délivre un certificat d'autorisation de remise en service après des opérations d'entretien en base pour les aéronefs.

La licence Part-66, comme nous l'avons écrit plus haut, est le document officiel européen délivré par l'OSAC sous l'autorité de l'EASA et permet à tout technicien aéronautique d'opérer au sein d'une compagnie après avoir suivi une formation au sein d'un organisme agréé PART 147 en justifiant de formation théorique, pratique et réglementaire.

2.2. Les certifications

Il existe deux types de certification. La certification relative à la mise en service d'un aéronef et celle qui concerne les organismes de formation pour leur permettre de délivrer des licences ou des qualifications.

2.2.1. La certification des aéronefs

Avant qu'un modèle d'aéronef nouvellement développé puisse entrer en service, il doit obtenir un certificat de type de l'autorité de réglementation aérienne responsable. La certification est une évaluation indépendante. Elle consiste à vérifier la conformité technique d'un matériel aux exigences réglementaires de sécurité qui ont été développées grâce à l'expérience acquise au cours des décennies passées. Le certificat atteste que le type d'aéronef répond aux exigences de sécurité fixées par l'Union européenne. La certification s'effectue en quatre étapes : la validation du projet, l'établissement du programme de certification, la démonstration de la conformité, et la délivrance de l'approbation.

2.2.2. La certification des organismes de formation

Tout organisme de formation en aéronautique doit émettre une demande de délivrance initiale de certificat pour être agréé auprès de l'autorité compétente. Cette dernière vérifie que l'organisme satisfait aux exigences applicables définies par la réglementation. Une fois satisfaite de la conformité de l'organisme avec les exigences applicables, l'autorité compétente délivre le ou les certificats. Tout organisme de

³⁸ Il n'existe plus dans la gamme d'Airbus Helicopters d'hélicoptères à moteurs à pistons. Ils équipent généralement les hélicoptères ultralégers dont le principal constructeur parmi d'autres est aujourd'hui Robinson.

formation doit ou peut en effet posséder pour elle et pour les personnes qu'elle emploie un certificat d'organisme, des agréments, des certificats de qualification FSTD, ou des licences, des attestations, des qualifications ou des autorisations.

En ce sens, elle vérifie au moment de la délivrance et périodiquement ou lors de tout changement de structure, l'organisation pédagogique de l'organisme (moyens humains, locaux, matériels, etc.), les procédures et les contenus de formation et de certification et le suivi et l'évaluation des procédures par le responsable de la qualité (Compliance Monitoring Manager).

2.3. Les qualifications

Contrairement aux techniciens pour lesquels la qualification de type, que nous développerons plus en détail ci-après, est essentiellement celle qui est en vigueur – il existe également des qualifications sur les moteurs et sur les composites –, pour les pilotes, les qualifications sont multiples. Outre les licences, les autorisations, les approbations ou les certificats, un pilote doit disposer d'un certain nombre de qualifications pour exercer ses fonctions. Les premières qualifications dépendent de l'aéronef à piloter. Pour piloter un certain type ou une certaine classe (notion qui est essentiellement utilisée par les avions et non les hélicoptères) le pilote doit se munir d'une qualification de classe et/ou de type (QC/QT) que nous détaillerons également ci-après.

En fonction de conditions météorologiques dégradées, dites *Instrumental Meteorological Conditions* (IMC), il doit être en possession d'une qualification de vol aux instruments (en anglais *Instrument Rating*). D'autres qualifications plus spécifiques existent comme les qualifications de vol acrobatique, vol de nuit, etc.

2.4. Les délivrances des qualifications

La Part-FCL (FCL.015) spécifie que les délivrances, les prorogations et les renouvellements de licences de pilote et leurs qualifications et autorisations associées sont soumis auprès de l'autorité compétente selon la forme et la manière établies par ladite autorité. Elles devront être accompagnées de la preuve de ce que le candidat satisfait aux exigences de délivrance, de prorogation ou de renouvellement de licences ou d'autorisations, ainsi que des qualifications ou mentions associées et établies dans la partie mentionnée ci-dessus. De la même manière, un technicien peut obtenir une LMA66 (Licence de maintenance d'aéronefs suivant la Part-66) en justifiant de sa connaissance de base exigée pour la catégorie visée (formation initiale, conversion de licences, qualification de type dans un organisme de type Part-147) et en justifiant de son expérience. En effet, la Part-66 impose, en complément des connaissances théoriques de base, une expérience minimale. Cette durée varie en fonction de la catégorie.

3. La qualification de type

3.1. Définition

Un programme de formation pour qualifier ou maintenir en compétences une licence doit être établi pour chaque formation et être agréé par l'autorité. Il existe plusieurs formes de qualifications ou certifications en aéronautique. Les formations sont dites de *qualification de type* lorsqu'elles qualifient une adaptation à un nouveau type d'hélicoptère. La qualification de type (QT) ou *Type Rating* (TR) en anglais permet à un pilote ou à un technicien d'exercer sa fonction sur un type d'aéronef référencé par le constructeur et habilité par les autorités de la Sécurité civile de chaque pays. La construction d'un cours de qualification est à la charge d'une organisation de formation affiliée à un constructeur (*Type Rating Training Organisation* – TRTO) qui propose aux autorités aéronautiques un projet de cours pour certification puis instruit des QT pour les aéronefs sortis de leur propre usine avant qu'elles ne soient diffusées dans le monde entier.

Pour la France, ces qualifications sont conformes aux exigences de l'Union européenne. La validation qui concerne la France est effectuée par la DGAC, après propositions et négociations avec l'ATO et le MTO du constructeur. Cela inclut les contenus de la formation jusqu'à la définition des chapitres à aborder, dans un contenu technique en accord avec le manuel de vol pour les pilotes et les cartes de travail pour les techniciens, incluant les points inférant la sécurité de l'appareil et du vol, ainsi que la disposition des cours de la formation – la répartition entre théorie et pratique –, et les outils de formation utilisés en formation dite « pratique » et au sol lors des cours théoriques.

Seuls les *Full Flight Simulator* (FFS) et plus généralement les *Flight Simulation Training Devices* (FSTD) sont requis et obligatoires dans le curriculum de la formation des pilotes par les autorités si évidemment l'aéronef possède son modèle de simulateur. Les autres outils de formation que nous détaillerons plus loin sont à la discrétion de l'organisme de formation.

3.2. Le contenu de la qualification de type

L'arrêté du 3 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 29 mars 1999, relatif aux licences et qualifications de membre d'équipage de conduite d'aéronefs (FCL1 (H) de la PART-FCL) et fixant les conditions d'approbation pour les formations aux qualifications de type, définit dans son annexe les conditions d'approbation d'un cours de qualification de type comme suit :

Pour obtenir son approbation, un cours de qualification de type doit, autant que possible, s'inscrire dans un processus de formation continue au sol, sur un dispositif de formation simulant le vol (*Flight Simulation Training Devices*, FSTD) et en vol. Le but est de permettre au stagiaire d'assimiler les connaissances et compétences nécessaires pour exploiter efficacement

et en toute sécurité un type spécifique d'aéronef. La capacité du stagiaire est validée par la démonstration d'un niveau satisfaisant de connaissances théoriques relatives à l'aéronef au moyen d'un suivi continu de l'assimilation des connaissances et un test théorique, effectué par l'organisme de formation au vol (Flight Training Organisation, FTO) ou l'organisme de formation à la qualification de type (Type Rating Training Organisation, TRTO) au cours de la formation au vol. Il doit également démontrer son aptitude par la réussite de l'épreuve pratique d'aptitude relative à la qualification de type recherchée avec un examinateur autorisé.

Le niveau de connaissance ou de compétence requis pour le stagiaire-pilote doit être de même niveau qu'il soit commandant de bord, copilote ou mécanicien navigant.

Il existe autant de QT que de modèles et de types d'hélicoptère en fonction de la gamme, et ce pour chaque spécialité professionnelle : une QT pour un type d'aéronef pour les pilotes, un QT pour le même type pour les mécaniciens (B3.1) et de la même manière pour les techniciens-avioniques. Chez AHTA, les qualifications de type référencées et délivrées correspondent aux gammes du catalogue d'*Airbus Helicopters*.

Chaque cours de qualification de type doit contenir l'ensemble des éléments, circuits et systèmes de l'aéronef en fonctionnement normal ou dégradé afin de permettre aux stagiaires d'acquérir les connaissances nécessaires à l'exploitation de la machine.

Pour notre étude, nous nous intéresserons plus particulièrement à la qualification du H175 et celle du nouvel hélicoptère sorti des usines, le H160. Elles correspondent aux formations qui nous serviront d'expérimentation dans notre analyse didactique compte tenu de la similitude des outils de formation entre pilotes et techniciens. D'autant que la principale directive d'Airbus lors de la construction du cours du H175 a été de standardiser le plus possible le cours afin que le contenu du cours au sol serve autant aux pilotes qu'aux techniciens.

3.2.1. La partie théorique

Au regard de la réglementation, la formation théorique pour les pilotes comme pour les techniciens doit répondre au moins aux objectifs généraux suivants et transmettre au stagiaire : une connaissance approfondie de la structure de l'avion, de la motorisation, des systèmes et des limitations, y compris de masse et centrage, des performances et de l'étude de la planification de vol ; une connaissance de l'organisation et du fonctionnement du poste de pilotage, des commandes et des indicateurs pour permettre la mise en œuvre de l'aéronef et de ses systèmes ; une compréhension des dysfonctionnements des systèmes, de leurs effets sur l'exploitation des aéronefs et les interactions possibles avec d'autres systèmes ; et la compréhension et l'application des procédures normales, anormales et d'urgence.

3.2.2. La partie pratique

Pour les pilotes, la formation dite « pratique » se passe en deux temps. Une première partie s'effectue en simulateur à pleine échelle (FFS) ou plus précisément

comme nous le verrons plus loin, dans un simulateur synthétique de vol validé par les Autorités, si l'outil est disponible au sein de l'organisme de formation et si un simulateur existe pour le type d'aéronef concerné et dans un second temps, l'instruction et le test de validation se réalisent en vol. Les formations sur petites machines se font généralement directement en vol. L'instruction en simulateur est assurée par un instructeur qualifié de *Synthetic Flight Instructor* (SFI) et celle en vol par un instructeur qualifié de *Type Rating Instructor* (TRI). La validation de la qualification de type devra être certifiée par un examinateur qualifié de *Type Rating Examiner* (TRE).

Concernant les techniciens, la formation et la validation pratiques s'évaluent durant la formation théorique, généralement sur la machine reconstituée à pleine échelle ou celle du client ou sur une partie des éléments de l'aéronef, par l'instructeur chargé de la formation, avec les outils en main pour reproduire des cartes de travail.

3.3. L'organisation de la formation au sein d'AHTA

3.3.1. La formation des pilotes

AH forme principalement des pilotes qui possèdent déjà une licence de pilote de type CPL (H), PPL (H), ATPL (H) obtenue lors d'une formation *ab initio*. Cependant, il existe plusieurs types de formation au sein de l'organisme. D'abord, des cours de familiarisation destinés à un public non licencié, tel que des ingénieurs, des promoteurs, des clients-décideurs, etc. Ce cours peut être défini comme une vulgarisation de la qualification de type correspondante. Il existe aussi des cours « à la différence » qui compare deux types de machine et met en évidence les dissimilarités qui peuvent exister entre la machine pour laquelle le stagiaire est qualifié et celle que vise la formation.

Le GM1 (Guidance Material) de la part FCL.710 dit :

(a) *Differences training requires the acquisition of additional knowledge and training on an appropriate training device or the aircraft.*

(b) *Familiarisation training requires the acquisition of additional knowledge.*

Il existe ensuite des cours de remise à niveau, nommés « *refresh* », qui servent essentiellement à renouveler une qualification de type. Ces formations s'organisent autour de cours au sol qui peuvent être accompagnés de simulation et de vol.

Enfin, la principale formation dispensée au sein de l'organisme AHTA est celle que nous venons de définir : la qualification de type. Elle qualifie le pilote pour l'autorisation à exercer sa fonction sur un type d'aéronef particulier. Elle est impérativement délivrée par un TRE au sein d'un ATO. Elle est articulée en deux temps : d'abord, elle débute par une formation théorique, axée sur l'enseignement des connaissances techniques de l'appareil (les circuits et les systèmes). Ce temps de

formation peut durer de trois jours à quatre semaines selon le type d'appareil (monomoteur ou bimoteur) et l'emploi ou non d'un interprète linguistique. La formation s'opère comme un cours magistral dont le contenu est diffusé sur tableaux blancs numériques ou grands écrans tactiles. Le cours peut éventuellement selon le type d'appareil être instrumenté d'outils pédagogiques numériques que nous énumérerons plus loin.

Puis, une formation dite « pratique » qui s'effectue dans un premier temps en simulateur de vol classifié, que nous détaillerons plus loin. Ces simulateurs peuvent se trouver dans un des centres du groupe *Airbus* en France ou à l'international ou chez un partenaire *Airbus*. Elle peut être instruite par des instructeurs au sol comme au vol, mais comme nous l'avons dit plus haut, ils doivent tous justifier d'une qualification SFI sur le type d'appareil concerné. Cette formation en simulateur de vol s'inscrit dans le programme de la formation dite au sol. À l'issue de cette formation au sol, le stagiaire sera évalué par un test sous forme de QCM sur des questions de connaissances techniques (certaines questions autorisent la consultation de documents – en *open book* – et d'autres obligent à répondre sans l'aide de documentation en *close book*). Il est demandé d'obtenir un résultat supérieur ou égal à 75 % de bonnes réponses sur les 100 questions pour prétendre à la formation en vol.

Dans un second temps, la formation pratique comporte obligatoirement des vols sur l'hélicoptère du client. Cette instruction, dans la continuité des séances de simulateur à pleine échelle, s'intéresse particulièrement aux compétences applicatives et de pilotage, à la fois techniques (application des procédures, connaissances techniques appliquées en cockpit, pilotage manuel et utilisation des automatismes) et non-techniques (leadership et travail en équipage si c'est le cas, conscience de la situation, communication intracockpit et avec l'extérieur et prise de décision). L'évaluation pratique et qualifiante, à l'issue de la formation au vol, s'effectue par les TRE mandatés par la Direction générale de l'Aviation civile et qualifie ou non le stagiaire lors du dernier vol. La formation est ainsi répartie sur une durée calendaire allant de deux à six semaines.

3.3.2. La formation des techniciens

Pour les techniciens, l'articulation du cours de maintenance, chez AHTA Marignane, est sensiblement différente en ce sens qu'elle s'opère en une seule fois avec des séances théoriques et pratiques dans le même temps de la formation pour une durée calendaire sensiblement identique à celle des pilotes, en fonction du type d'appareil.

L'instructeur-technicien procède par des cours magistraux instrumentés ou non en salle de cours et par des moments dits « pratiques », déjà évoqués plus haut, soit sur les maquettes d'hélicoptères réels déclassés pour la formation à l'échelle 1, situées dans un hangar de l'entreprise, soit sur l'hélicoptère du client s'il est disponible, soit sur des éléments de l'aéronef (boîte de transmission principale, moteur, rotor, etc.),

soit sur des simulateurs de procédures principalement en reproduisant les cartes de travail utilisées en usine ou pour travailler sur l'avionique de la machine. Il est usuellement constaté que les avioniciens ont plus d'appétence du fait de leur fonction à utiliser les outils numériques que les mécaniciens qui privilégient les maquettes dans le hangar.

Les évaluations qualifiantes sont organisées, quant à elles, toutes les semaines pour l'obtention de la QT en fin de formation. L'évaluation des connaissances techniques se fait par QCM et la pratique s'évalue les outils à la main, sur les maquettes.

L'autorité, conformément aux Annexes III de la Part-66 et IV de la Part-147 et au regard du règlement (EC) No 2042/2003, n'impose pas de règles quant à la durée et au dispositif, mais valide après proposition du constructeur la *Training Needs Analysis* (TNA) pour les techniciens ou l'*Operational Suitability Data* (OSD)³⁹ pour les pilotes.

3.3.3. La formation des instructeurs

Chaque instructeur pilote doit être qualifié sur la machine pour laquelle il instruit et doit être qualifié en tant que *Type Rating Instructeur*.

Pour cela, il doit suivre, outre la QT de sa machine, une formation qui comprend une formation organisée en deux temps : une formation pédagogique d'une semaine en salle de cours (*Teaching and Learning course*) et une formation en simulateur de vol de trois jours et enfin une partie vol sur une journée incluant l'évaluation finale. Si le ou les instructeurs évaluent leur stagiaire tout au long de la formation, seul un TRE (*Type Rating Examiner* pour rappel) peut qualifier ou non un stagiaire pilote instructeur. Il est à noter qu'il existe cette même proposition de formation en formation ab initio pour les FI (*Flight Instructors*).

À la fin de leur formation, les instructeurs pilotes peuvent prétendre à des spécialisations. On distingue alors les instructeurs qualifiés pour des missions, comme les instructeurs de vol en montagne et les instructeurs d'essais en vol, respectivement de la section 10 et de la section 11 de partie FCL (des équipes de bord). D'autres instructeurs de qualifications de type peuvent être uniquement qualifiés pour instruire au sol la partie théorique (en tant que TKI) ; et/ou qualifié pour instruire en FFS (en

³⁹ Le principe des données d'aptitude opérationnelle (OSD) est que les constructeurs d'aéronefs sont tenus d'établir certaines données considérées comme importantes pour la sécurité de l'exploitation du type d'aéronef. Ces données sont approuvées par l'Agence, l'Autorité dans le cadre du certificat de type et sont ensuite utilisées par les opérateurs et les organismes de formation. Ces données se composent de la liste principale des équipements minimaux (MMEL), des données pour la formation des pilotes, des données pour le personnel de cabine, des données pour la formation du personnel de maintenance et des données pour la qualification des simulateurs.

tant que SFI) ou en vol (en tant que TRI). Ces derniers sont généralement aussi qualifiés en qualité de TRE pour sanctionner la formation.

3.4. Conception d'un cours type

Nous rappelons que les organismes de formation de référence du constructeur (*Type Rating Training Organisation* – TRTO –) sont ceux qui procèdent à la conception de la formation de référence pour les qualifications de type et les proposent pour validation aux autorités territoriales compétentes.

La conception d'un nouvel hélicoptère peut prendre plusieurs années, sa fabrication peut durer entre trois et cinq ans, la construction d'un nouveau cours commence alors généralement deux ans avant sa certification. Il serait inutile de la commencer avant une indiscutable stabilité des avancées techniques de l'appareil. Même si certaines évolutions techniques ou changements de *process* sont possibles, il est préférable d'attendre l'homologation des bureaux d'étude pour commencer à produire une nouvelle formation de qualification de type.

Pour ce faire, un groupe de travail est constitué. Il réunit au minimum un instructeur pilote (généralement un instructeur au sol, TKI), un instructeur-avionique (B2) et un instructeur-mécanicien (B1.3). Le tout sous la responsabilité et le contrôle du CTKI et des responsables pédagogiques de chaque organisme de la formation (pilotes et techniciens).

Ces *primo*-instructeurs étudient la documentation technique directement émise par les bureaux d'étude. Ils définissent alors une première ébauche constituée d'une liste des besoins en formation et la soumettent aux *Heads of Training* de l'ATO et du MTO. Au début, la liste des besoins en formation est commune aux deux entités, car elle sert de socle technique permettant des échanges de compréhension entre techniciens et pilotes. Ensuite, pour chaque chapitre, chaque entité justifie et négocie la constitution du contenu à inscrire sur les médias du cours. Le contenu, le *curriculum* et le dispositif sont alors définis comme modèle pour la spécialité (pilotes, avioniques et mécaniciens suivant les chapitres de cours). Les techniciens définissent le niveau de connaissances nécessaire à atteindre pour l'inscrire dans la TNA et les pilotes rédigent les données opérationnelles dans l'OSD. Lorsque les cours sont validés par les essais en vol, par les référents et responsables des techniciens et des pilotes, ils sont alors remis aux Autorités pour validation afin d'être diffusés à l'ensemble des organismes de formation de la région concernée.

Le contenu d'un cours n'est pas la seule donnée déposée auprès des Autorités. Il doit être également précisé la temporalité, le dispositif et les outils préconisés dans la formation. Ces outils sont souvent assimilés à des simulateurs et peuvent posséder un certain statut suivant le modèle, le type d'appareil et son positionnement dans la formation.

4. Les outils numériques de formation dans le contexte aéronautique

En aéronautique, le simulateur d'entraînement au vol reproduit totalement ou partiellement le cockpit ou l'environnement avionique d'un aéronef en simulant au sol les conditions de vol, y compris les simulateurs de vol, les entraîneurs au vol, les entraîneurs aux procédures de vol et de navigation et les entraîneurs pour la formation de base aux instruments. La classification des simulateurs se distingue suivant les milieux. Dans la réglementation internationale de l'aviation, les simulateurs sont détaillés par catégorie de fonction, de reproductibilité et de crédit (EHEST, 2013).

4.1. Les outils numériques référencés par l'EASA

4.1.1. Classification et crédit de formation

La classification et l'accréditation des outils de formation diffèrent suivant les autorités et régions concernées. Nous ne retiendrons dans notre étude que celles de l'EASA qui propose par ailleurs la représentation la plus détaillée des outils de simulation de vol.

Les différents types de simulateurs de vol ou les dispositifs d'entraînement en hélicoptère sont définis dans la *Certification Specification for Flight Simulation Training Device Helicopters* (CS-FSTD – H –) de l'AESA (EASA, 2012).

La spécification CS-FSTD (H) établit les niveaux de qualification FSTD suivants (par ordre croissant de crédits de formation)⁴⁰ :

Les systèmes d'entraînement aux procédures de vol et de navigation (FNPT – *Flight and Navigation Procedures Trainer*). Niveau I, II, III.

Les systèmes d'entraînement au vol (FTD — *Flight Training Device*). Niveau 1, 2, 3.

Le simulateur de vol complet (FFS — *Full Flight Simulator*) de niveau A, B, C ou D.

Pour être reconnu en tant que tel, un FSTD doit être officiellement qualifié par les autorités aéronautiques nationales (NAA) dont la DGAC en France.

⁴⁰ Comme pour le modèle européen LMD, l'aéronautique possède également un système de crédits académiques, pour valider des formations, appelés : *European Credit Transfer System* (ECTS). L'ECTS a été conçu pour faciliter la reconnaissance des diplômes et des périodes d'études dans le monde entier. Nous détaillerons plus loin cette notion.

Cette spécification comprend les aspects techniques exigences/normes minimales pour chaque niveau de la qualification (ou du type) et les moyens acceptables de conformité (AMC) pour démontrer la conformité aux normes définies.

Néanmoins, pour une même dénomination, la définition inclut dans le règlement de l'EASA peut, comme nous l'avons dit plus haut, différer de celle qui figure dans le règlement d'une autre autorité (e.g. FAA), car actuellement, les normes de réglementation des dispositifs ne sont pas entièrement harmonisées au niveau mondial.

L'objectif affiché par les autorités est d'utiliser les FSTD pour réduire ce que la communauté aéronautique appelle le *negative training* ou *negative transfer*. Les autorités en donnent la définition suivante : « *Negative training means training which unintentionally introduces incorrect information or invalid concepts, which could actually decrease rather than increase safety* », puis traduit par le Direction de la sécurité de l'Aviation civile (DSAC/PN/FOR) comme suit : « La formation négative signifie de la formation qui introduit involontairement des informations incorrectes ou des concepts invalides, ce qui pourrait en fait réduire plutôt qu'accroître la sécurité ». Néanmoins au regard de la réglementation, le *negative transfer* ne prend pas en compte uniquement l'aspect de la fidélité technique à l'appareil et des connaissances déclaratives et procédurales. Néanmoins, il ne prend pas, ou alors que très peu, en considération le transfert au sens de la mise en relation des connaissances conditionnelles, c'est-à-dire des mises en situation simulées ou non, dans lesquelles l'apprenant est amené à faire des choix stratégiques pour appliquer les bonnes procédures à adopter.

Nous proposons de présenter les différents FSTD valorisables par l'EASA dans la formation pratique des pilotes.

4.1.2. Les différents types de FSTD

Flight and Navigation Procedures Trainer (FNPT)

Un FNPT est un système générique, à base fixe principalement, utilisé pour la formation *ab initio* (initiale) et de recyclage (*recurrent training*, maintien en compétences) sur hélicoptères, notamment pour les procédures de base et de sécurité, les situations d'urgences, la navigation, la qualification de vol aux instruments (IFR – *Instrument Flight Rating*) et le travail en équipage (MCC – *Multi-Crew Cooperation*).

Flight Training Device (FTD)

Un FTD est un système spécifique de FSTD à base fixe, qui simule un type d'hélicoptère particulier. En plus d'offrir les mêmes fonctions que le FNPT, le FTD est conçu dans le cadre de la formation pour la qualification de type. Le FTD a une capacité de contrôle/test limitée, du fait de l'absence de systèmes de mouvement ou de vibration.

Full Flight Simulator (FFS)

Un FFS est un système à base mobile, qui propose, en plus des fonctions du FTD, des effets de mouvement et de vibration. Il offre le niveau de complexité technique et de capacité de formation le plus élevé, et peut être utilisé pour les contrôles de compétences et les tests d'aptitude.

Dans le monde de l'hélicoptère civil, l'emploi des simulateurs de vol à pleine échelle pour la formation s'est généralisé à partir du début des années 2000. Il s'est concrétisé chez *Airbus Helicopters*, en 2002, par la création d'une filiale à Marignane, Helisim, dédiée à la simulation d'hélicoptère équipée de FFS à partir de modèles d'aéronef de la gamme d'Airbus Marignane. L'utilisation des simulateurs d'hélicoptères s'est généralisée depuis dans le monde entier. Le simulateur de vol, FFS, désigne une réplique grandeur nature du poste de pilotage d'un aéronef d'un type, d'un modèle ou d'une série spécifique, comprenant tous les équipements et les programmes informatiques nécessaires à la représentation de l'aéronef. Seul un système de visualisation modélisé offre une vue à l'extérieur et un système de mouvement reproduit les forces grâce à des vérins hydrauliques ou électriques. Cette représentation fidèle du poste de pilotage permet différents usages : pour la formation initiale, pour la qualification de type, pour des entraînements spécifiques ou des missions opérationnelles (recherche et sauvetage, vision nocturne, transport de personnel sur des plateformes en haute mer, services médicaux d'urgence, vol en montagne, vol tactique, appontage) et les formations régulières de maintien en compétence (*recurrent training*).

Sur le plan de la formation des équipages (*crew training*), il a permis des améliorations, en particulier en élargissant les possibilités de l'entraînement aux procédures de certaines pannes système impossibles à réaliser en vol réel.

Sur le plan pédagogique, il permet au formateur de prendre du recul, n'ayant pas à jouer lui-même le rôle de membre d'équipage comme c'est le cas dans la formation en vol réel, qui peut être assimilée, dans une moindre mesure, mais du moins dans sa configuration, à la formation d'autoécole dans une voiture. Dans un FFS, et essentiellement pour les appareils lourds, les stagiaires pilotes étant configurés en binôme avec un commandant de bord (CDB) et un officier pilote de ligne (OPL), l'instructeur peut jouer alors un rôle plus neutre de régulateur, de médiateur dans le domaine du travail en équipage. Une application embarquée lui permet d'organiser des scénarios dans lesquels il peut modifier des environnements (météorologiques, de trafic aérien, de plan de vol, etc.) et des situations de panne au sein même de l'appareil. Le simulateur offre aussi la possibilité de « geler » la situation en cours pour s'octroyer un temps didactique de communication ou de débriefing dans le cockpit, puis de reprendre la situation en vol au moment et à l'endroit où elle se trouvait lors de l'arrêt provoqué par l'instructeur.

4.1.3. La séance de formation en FFS

La séance de simulation commence toujours par une réunion préparatoire (*briefing*), qui définit les activités qui seront réalisées dans le cockpit, les attendus et les objectifs opérationnels et pédagogiques. Cette séance peut durer d'une demi-heure à une heure suivant le contenu de la séance. L'instructeur s'aide des plans de cours, du manuel de vol (FM — *Flight Manual*), des manuels de formation (TM—*Training Manuel*), des check-lists de procédure, des cartes de référence pour définir le plan de vol et la navigation et d'éventuels calculs de performances pour préparer le vol. Les briefings sont très cadrés et les instructeurs les organisent généralement à l'aide d'un format prédéfini par les autorités : « *INTRO* » (*Introduction, Need to Know, Title, Range and Objectives*). Les services de l'EASA en donnent les définitions suivantes (EHEST, 2013) :

Introduction (Présentation) : le stagiaire se présente à l'instructeur ; ce dernier dispose ainsi d'une indication concernant les compétences techniques et non techniques du stagiaire, notamment sur les aspects suivants :

- Connaissance de la langue anglaise, des termes techniques de l'aéronef et des procédures normalisées d'exploitation (SOP – *Standard Operational Procedures*) ;
- Expérience sur hélicoptères (nombre d'heures total et types d'appareils pilotés) ;
- Expérience récente (dernier vol sur hélicoptère/FTD) ;
- Profil de mission dont le stagiaire a l'habitude.

Need to Know (Besoins en matière d'apprentissage): quel est l'intérêt de ce cours pour le stagiaire ?

Title (Intitulé): numéro d'exercice/profil de sortie.

Range (Rayon d'action) : exercices abordés lors du dernier vol, série d'exercices qui seront enseignés du début à la fin de ce vol, étapes à franchir avant le prochain vol.

Objectives (Objectifs) : présentation du but général de la session d'entraînement : liste de tous les objectifs de compétence qui seront abordés pendant le vol en vue de réaliser l'objectif du vol, y compris les aspects CRM et TEM⁴¹. Une présentation détaillée des manœuvres sera parfois nécessaire :

- Type et objectif de la manœuvre ;
- Points clés
- Identifier les points clés, expliquer en quoi ils sont importants, être concis.

Puis, vient le temps de la séance de simulation, limitée dans le temps, qui dure généralement deux heures pour éviter les problèmes de déconcentration et de fatigue. Les instructeurs se positionnent généralement derrière le poste de pilotage, en dehors du champ de vision du ou des stagiaires. Il arrive que dans certains cas, les instructeurs mènent l'instruction depuis le siège du copilote, comme dans un avion. Dans ce cas, l'instructeur supervise et gère la leçon depuis un boîtier de commande à

⁴¹ CRM : Crew Resource Management, TEM : Threat and Error Management.

distance (généralement une tablette). Il doit être familier avec la bibliothèque d'exercices et de scénarios d'entraînement préprogrammés qui interagissent avec le simulateur. Il doit alors avoir en tête les objectifs de formation de chaque scénario et avoir une bonne compréhension des différentes étapes de la formation pour les appliquer lors de la séance.

À la fin de l'action, un dispositif de réunion-bilan (*debriefing*) est mis en place. Il permet de discuter les enregistrements de tous les éléments du vol, dont les paramètres, les conversations et les séquences vidéos du poste de pilotage, si elles ont lieu. Malheureusement, nous avons constaté lors de nos observations exploratoires que ce débriefing est mal utilisé par les acteurs. Très souvent bâclé ou du moins négligé pour plusieurs raisons évoquées : la fatigue, le stress dû souvent aux enchaînements de certaines séances dans une même journée, le manque de temps, alors que ce moment pédagogique reste somme toute fondamental. Nous développerons plus loin cette particularité pédagogique liée à la simulation.

De manière générale, les séances de simulation depuis leur introduction, se sont appuyées sur les expériences opérationnelles aéronautiques, sans prendre pleinement en compte les possibilités didactiques et pédagogiques que peut apporter un simulateur. Au regard de nos observations et aux dires des instructeurs interrogés, il existe peu ou prou de manuels de formation qui donnent des recommandations claires à l'utilisation pédagogique des simulateurs. Ainsi, les pratiques évoluent souvent de façon empirique en adaptant les techniques d'apprentissage en vol à ce nouvel environnement et en imitant les pratiques en vol. Nous y reviendrons plus tard.

En résumé, les FSTD répondent essentiellement à une nomenclature de classification déposée auprès des Autorités en fonction de leurs caractéristiques de fidélité afin de délivrer des crédits de formation qui permettront à l'organisme de formation de justifier la réduction des périodes de vol en les remplaçant par des séances de simulation.

4.1.4. La notion de crédit

Chaque FSTD possède son niveau d'accréditation. En France, les nouveaux moyens de formation sont certifiés par la DGAC. Chaque niveau dispose de règles. L'appendice 9 de l'AMC1 FSTD(H) .300 définit les exigences techniques générales pour les FSTD. Il existe 4 niveaux de A à D du niveau le plus bas de complexité technique d'un FSTD au niveau le plus haut de performance d'un simulateur de vol. L'EASA définit de manière très précise les quatre niveaux d'accréditation. Chaque niveau supérieur inclut les caractéristiques du niveau inférieur. Le niveau D possède donc les recommandations techniques des trois autres plus un système extérieur et un système sonore et de mouvement au plus proche de la réalité.

Appendix 9 to AMC1 FSTD (H). 300 General technical requirements for FSTD qualification levels

A – The lowest level of FFS technical complexity.

- An enclosed full-scale replica of the helicopter cockpit with representative pilots' seats, including simulation of all systems, instruments, navigational equipment, communications and caution and warning systems.
- An instructor's station with seats should be provided and at least one additional seat for inspectors/observers.
- Static control forces and displacement characteristics should correspond to that of the replicated helicopter, and they should reflect the helicopter under the same static flight conditions.
- Representative/generic aerodynamic data tailored to the specific helicopter type with fidelity sufficient to meet the objective tests should be used. Generic ground effect and ground handling models are permitted.
- Motion, visual and sound systems sufficient to support the training, testing, and checking credits sought are required.
- A motion system having a minimum of three degrees of freedom (pitch, roll, and heave) to accomplish the required training tasks should be provided.
- The visual system should provide at least 45° horizontal and 30° vertical field of view per pilot. A night/dusk scene is acceptable.
- The response to control inputs should not be greater than 150 Ms more than that experienced on the helicopter.

B – As for level A plus:

- Validation flight test data should be used as the basis for flight and performance and systems characteristics. Additionally, ground handling and aerodynamics programming to include ground effect reaction and handling characteristics should be derived from validation flight test data.
- A reduced six-axis motion performance envelope is acceptable.
- The visual system should provide at least 75° horizontal and 40° vertical field of view per pilot.

C - The second highest level of simulator performance.

- As for level B plus:
- A daylight/dusk/night visual system is required with a continuous field of view per pilot of not less than 150° horizontal and 40° vertical.
- The sound simulation should include the sounds of precipitation and significant helicopter noises perceptible to the pilot and should be able to reproduce the sounds of a crash landing.
- The response to control inputs should not be greater than 100 Ms more than that experienced on the helicopter.
- Turbulence and other atmospheric models should be provided to support the training, testing, and checking credit sought.

D - The highest level of simulator performance.

- As for level C plus:
- A full daylight/dusk/night visual system is required with a continuous field of view per pilot of not less than 180 horizontal and 60 vertical and an extended set of sound and motion buffet tests.

Seuls les FSTD bénéficient d'une réglementation calibrée, de contrôles périodiques pour vérifier la conformité de la reproduction des évolutions technologiques des aéronefs et pour justifier une éventuelle réduction du temps de formation en vol dans le curriculum de la formation.

À titre d'information, pour illustrer la perpétuelle évolution technologique des outils de formation, la DGAC vient de valider en FSTD de niveau C, un simulateur d'hélicoptère léger à réalité virtuelle, dans lequel le pilote installé dans un cockpit réel visualise dans un casque de réalité virtuelle son environnement interne et externe de manière modélisée. *Airbus Helicopters Training Academy*, partenaire de la société *VRM Switzerland* conceptrice de cet outil, vient d'en acquérir un pour la formation de la qualification de type *Écureuil H125*.

4.2. Les autres dispositifs de formation

4.2.1. Les OTD pour les pilotes

a) Définition

Comme nous l'avons dit, les FSTD sont considérés pour les autorités comme des outils de la formation dite « pratique » et crédités comme tels. Pour les cours au sol et l'apprentissage des connaissances techniques – la formation des pilotes dite « théorique » –, les autorités autorisent l'emploi d'outils de simulation numériques, hors classification et hors crédit de formation, qu'ils nomment OTD (*Other Training Devices*). Dans le vocabulaire aéronautique et pour la communauté des pilotes, les OTD désignent des dispositifs d'entraînement autres que des simulateurs de vol à pleine échelle (FFS) ou des FSTD référencés et crédités par l'AESA. Dans la ARA.GEN.105 et FCL.010 de l'EASA, la définition est écrite de cette manière :

“Other training devices” (OTD) means training aids other than flight simulators, flight training devices or flight and navigation procedures trainers which provide means for training where a complete flight deck environment is not necessary.

Ils peuvent être définis comme une aide à la formation autre qu'un FSTD, permettant de se former lorsqu'aucun environnement d'habitacle ou de poste de pilotage complet n'est requis ou disponible. Ils peuvent prendre des formes très variées et à ce jour, aucune réglementation couvrant leur désignation ou leur crédit de formation n'est rédigée.

De fait, il peut s'agir de différents équipements, indéfinis et non inventoriés officiellement par les autorités, allant de la projection de diapositives ou de vidéos modélisées ou non sur un tableau blanc numérique, en passant par des logiciels développés pour afficher le fonctionnement des systèmes ou des circuits, le manuel de vol, le calcul des performances de l'hélicoptère, ou sa masse et son centrage (*Weight & Balance*). Il peut s'agir également de tablettes numériques pour les

stagiaires dans lesquelles sont installés des supports de cours, les manuels de vol et autres applications mobiles, mais aussi des modélisations d'appareil en 3D, des simulateurs de tâches partielles reproduisant le fonctionnement d'une partie ou d'un ensemble d'équipements, des émulateurs de circuits et/ou de systèmes ou des simulateurs de navigation.

Nous dressons ci-dessous la liste issue d'une part du document de l'EASA (EASA CS-FSTD (H) (*Certification Specification for Flight Simulation Training Device*) et de la brochure (HE6 (*Advantages of Simulators – FSTDs – in Helicopter Flight Training*)) de L'European Helicopters Safety Team (EHEST), qui recense et catégorise l'ensemble des outils de simulation susceptibles d'être utilisés en formation. Il est à noter que ce dernier document n'est pas un document officiel de catégorisation de l'EASA, mais plutôt une brochure de formation à l'attention des pilotes, instructeurs et examinateurs sur hélicoptères. Il ne représente pas un document officiel réglementaire, mais plus un répertoire des différents dispositifs d'entraînement de simulation de vol disponible en formation sur hélicoptères.

b) Les différents types d'OTD

L'European Helicopter Safety Team, composante de l'European Strategic Safety Initiative (ESSI) distinguent trois catégories d'OTD :

Système d'entraînement sur ordinateur (CBT)

Les systèmes CBT (*Computer Based Trainer*) sont généralement utilisés pendant la formation initiale et s'avèrent très efficaces dans les activités d'autoapprentissage via un ordinateur de bureau. Ils passent généralement par des écrans tactiles ou des vidéos et offrent des fonctions interactives avancées selon les options sélectionnées par le stagiaire et son degré de progression.

Ils permettent de réaliser la formation de base aux instruments et affichages dotés d'une interface homme-machine (HMI – *Human Machine Interface*) ou de visualiser de façon virtuelle les différents composants de l'hélicoptère. Les CBT sont utilisés par les pilotes en salle de cours en autonomie ou accompagnés ou pendant les activités de formation en ligne (*e-learning*). Il peut exister pour un même format et par l'intermédiaire d'une interface HTML, des WBT (*Web Based Training*) qui sont moins nombreux, mais qui tentent de se développer pour permettre aux stagiaires l'accès à la formation sans déplacement.

Système basique d'entraînement au vol aux instruments (BITD)

Les systèmes BITD (*Basic Instrument Training Devices*) sont conçus pour la familiarisation et la formation aux instruments. Il peut s'agir d'une simple planche de bord générique à base fixe pour poste de pilotage, ou bien d'un système d'entraînement de bureau équipé d'un logiciel qui reproduit le comportement de l'instrument par le biais d'un écran tactile ou d'une simple HMI.

Système d'entraînement partiel (PTT), système d'entraînement partiel au poste de pilotage (CPT), système interactif virtuel d'entraînement aux procédures (VIPT)

Les systèmes PTT (*Part Task Trainer*), CPT (*Cockpit Part Task Trainer*) et VIPT (*Virtual Interactive Procedure Trainer*) sont conçus pour la formation de base aux procédures. Il s'agit généralement d'une simple réplique à base fixe du poste de pilotage comportant un poste instructeur, mais dénuée de systèmes visuels. Conçus pour les procédures avant vol (check-list, démarrage du moteur, etc.), ces dispositifs ne permettent pas de réaliser un vol. Toutefois, les dysfonctionnements associés à ces procédures de démarrage avant vol peuvent être simulés. Ces systèmes permettent également aux pilotes de se familiariser avec les instruments du poste de pilotage.

4.2.2. Les MTD ou MSTD pour les techniciens

Dans la formation des techniciens, la terminologie et l'utilisation des outils de formation diffèrent sensiblement. Tout d'abord, il n'existe pas d'OTD *stricto sensu*, mais des MSTD (*Maintenance Simulation Training Devices*) ou des MTD (*Maintenance Training Devices*).

La première terminologie (MSTD) correspond généralement à un outil de formation numérique équipé d'un ordinateur avec une application simulant le comportement d'un ou plusieurs systèmes d'aéronef ou d'un aéronef complet, tel que les dispositifs d'entraînement à la simulation de maintenance. Il peut par exemple simuler des cartes de travail utilisées dans les usines de fabrication ou la représentation en 3D de l'aéronef afin d'identifier visuellement ses éléments.

La seconde terminologie (MTD) correspond à tous les autres types de dispositif d'entraînement ou de formation à la maintenance non numérique répliquant à l'échelle ou en taille réelle un élément, un système ou un aéronef complet en préservant leurs caractéristiques géométriques, opérationnelles ou fonctionnelles.

La définition proposée de l'EASA publiée dans l'avis de proposition d'amendement 2014-22 (New training methods and new teaching technologies) est la suivante :

MSTD: Device that is intended to be used in the maintenance training, examination, assessment for a system or an entire aircraft. The MSTD may consist of hardware and software elements.

MTD: Maintenance training device is any training device other than an MSTD used for maintenance training and/or examination and/or assessment. It may include mock-ups.

Les outils de formation, au sens des OTD pour les techniciens, sont positionnés à AHTA contrairement pour les pilotes comme des outils de formation de pratique. Ils peuvent prendre la forme de présentations par diaporama, de manuels de cartes de travail ou de documentations techniques, de formation assistée par ordinateur ou formation sur le Web, de dispositifs mobiles, de vidéos, de maquettes partielles qui

concernent un composant de l'aéronef ou de maquette d'hélicoptère réel, de réalité virtuelle, mixte et/ou augmentée, en classe ou en classe virtuelle ; toujours suivant la codification proposée par l'EASA. Ces outils sont en pleine évolution, et à titre d'exemple, des cartes de travail embarquées dans des casques à réalité augmentée sont à l'essai actuellement dans les usines.

4.3. Les outils numériques de formation utilisés en cours au sol chez AHTA

Il est important de souligner que les dispositifs de formation, à l'instar bien évidemment des aéronefs eux-mêmes, intègrent dans leurs équipements des logiciels dédiés pour la commande des différents instruments assurant leur fonctionnement. AHTA utilise dans cette catégorie des logiciels plus ou moins complexes, qui simulent par une interface informatique un équipement particulier comme le système de gestion du vol (FMS)⁴², ordinateur de bord permettant principalement de gérer la navigation, les trajectoires d'approches et d'atterrissage et la consommation du carburant. Ces logiciels peuvent également concerner, comme dit plus haut, le *Weight & Balance*, c'est-à-dire le calcul du centre de gravité d'un aéronef en fonction des charges dans l'aéronef et du fioul.

Il peut également s'agir d'émulateurs qui représentent schématiquement d'un côté l'architecture d'un circuit (fioul, circuit électrique et hydraulique, etc.) et de l'autre, la représentation de l'avionique de l'appareil. Ces émulateurs sont interactifs avec la possibilité de générer une panne pour constater le résultat de ces actions en même temps sur la représentation de l'avionique ainsi que celui du schéma technique. Ils sont généralement conçus par des équipes d'instructeurs et de *médiatiseurs* (les personnes chargées de la création et la modélisation du média de diffusion de la formation) en interne à la société et développés en sous-traitance à l'extérieur. Ils peuvent être utilisés à la fois par les techniciens comme par les pilotes.

Notons ensuite l'existence d'un dispositif embarquant une application simulant à la fois la partie avionique de l'appareil et également modélisant les autres parties de l'aéronef sur un ordinateur. Il comprend un simulateur de panne et un entraîneur interactif de procédures. Il peut être équipé de manettes physiques fixes (le collectif et le cyclique) essentiellement utilisées pour ses boutons. Le dispositif comprend quatre écrans diffusant l'application de pilotage, les deux écrans avioniques et les autres instruments du cockpit. Le produit utilisé chez Airbus pour les hélicoptères équipés d'Helionix⁴³ est le *Helionix Advanced Tool Simulator (HATS)* – ancienne appellation – ou *Helionix Trainer*. C'est principalement sur cet outil de formation que nous observerons les pratiques enseignantes pour notre analyse didactique.

⁴² *Flight Management System*.

⁴³ La suite avionique digitale HELIONIX équipe les hélicoptères H135, H145, H175 et nouvellement le H160.

Ces outils précédemment cités servent à la fois la formation des pilotes comme celle des techniciens. D'autres ne concernent que les pilotes ou dans certains cas les avioniciens pour manipuler essentiellement l'avionique du cockpit.

Il existe également au sein de la formation – en cours d'expérimentation et de fabrication – un produit de réalité virtuelle (Iry1/2) qui modélise un cockpit en 3D d'un hélicoptère mono moteur et mono pilote dans un visiocasque. Comme il n'est pas équipé de systèmes de mouvement, il ne peut pas être classifié en tant que FSTD comme c'est le cas du simulateur du H125 de la société VRM Switzerland précédemment décrit plus haut.

Il peut s'agir, en outre, de simulateurs de procédure pour mécaniciens ou avioniciens qui reproduisent les cartes de travail, c'est-à-dire les tâches de maintenance à réaliser par le technicien, en permettant à ces derniers de manipuler les systèmes de l'hélicoptère (par exemple le VMT⁴⁴). Il possède deux modes, un guidé par ordinateur où le stagiaire peut jouer, étape par étape, un scénario d'entraînement enregistré et un autre guidé par l'instructeur, où la simulation du stagiaire est entièrement sous la scénarisation et la médiation de l'instructeur. Il permet de fait d'améliorer la transposition du cours théorique vers le cours pratique avant d'effectuer les tâches en réel sur la maquette ou plus tard sur l'appareil opérationnel. Parallèlement, le logiciel du VMT comprend une fonctionnalité de localisation des composants (CompLoc⁴⁵) en 3D permettant aux instructeurs et/ou aux stagiaires de localiser les composants clés en mode guidé ou en mode libre de l'aéronef. Il est très souvent utilisé en début de formation lors du chapitre de généralités et de localisation, et diffusé sur un écran ou un tableau interactif pour les instructeurs ainsi que sur la tablette des stagiaires.

Il peut plus rarement s'agir, pour les techniciens, d'un système *Integrated Maintenance Data System* (IMDS) qui automatise la gestion de l'information sur la maintenance au niveau des bases des Forces aériennes.

Voici la liste des outils numériques utilisés, au moment de la rédaction de ce manuscrit de thèse, par les pilotes et les techniciens au sein du *Training Academy* d'Airbus à Marignane :

Pour les pilotes :

Cockpit Part (Task) Trainer (CPT)

FMS simulator

Circuit and System Emulator

Avionic Trainer (ex. Helionix Trainer)

⁴⁴ *Virtual Maintenance Trainer* : est un type de méthode de formation qui comprend des simulations interactives en 3D ou en 2D sur ordinateur d'un équipement qui reproduit virtuellement l'aéronef ou une partie de l'aéronef et des procédures d'entretien, de réparation et de maintenance de l'équipement à réaliser en autonomie ou accompagné.

⁴⁵ *Component Locator*.

3D Component Locator (CompLoc)
Helicopter Flight Training Manual
Electronic Flight Manuel
Weight & Balance Software
Perfo Application
Digital Tablets for Trainees

Pour les techniciens :

Avionic Simulator (HATS/Helionix Trainer)
Circuit and System Emulator
Digital Tablets for Trainees
Virtual Maintenance Trainer (VMT)
3D Component Locator (CompLoc)
Maintenance emulator (IMDS)

Il est attendu de ces équipements de fournir une aide intéressante aux stagiaires, en leur permettant de progresser à leur rythme tout en couvrant un programme défini à l'avance, éventuellement adapté aux compétences de chacun. Cependant, nous avons pu observer que leur emploi reste aujourd'hui relativement désorganisé et dépend des modèles de chaque machine. Chaque outil diffère en fonction du modèle et possède une application spécifique qu'il faut maintenir en conformité avec la machine réelle, ce qui est d'autant plus difficile à mettre en œuvre, car les systèmes sont de plus en plus complexes. En conséquence, compte tenu du coût de développement et de maintien en condition souvent élevé, les centres de formation hésitent à investir dans ces outils. Il faut d'ailleurs souligner que le gain de temps de formation par rapport au coût réel de l'outil (et donc le retour sur investissement) reste difficile à évaluer.

L'un des axes de nos questionnements auprès de la population des instructeurs est de comprendre l'utilisation qu'ils font de ces équipements et la perception qu'ils en ont. La plupart des instructeurs confirment dans leur propos que d'une part, l'utilisation des outils numériques de simulation s'avèrerait chronophage sans constater de manière évidente une quelconque performance de l'apprentissage, et d'autre part, réclamerait une formation spécifique auprès des instructeurs et des stagiaires.

5. Questionner les conditions et contraintes pesant sur les formations aéronautiques industrielles

Dans ce deuxième chapitre, notre objectif était de présenter le contexte de la

formation de manière fouillée, basée sur une enquête documentaire et d'observations de terrain, afin de mettre en lumière ses enjeux au regard de l'étude des conditions et des contraintes de sa mise en œuvre. Dans la perspective de l'analyse du contexte de notre recherche, ce chapitre nous a amenés à descendre en quelque sorte le long de l'échelle de niveaux de codétermination didactique en découvrant d'abord, au niveau de la société, la position du groupe Airbus Helicopters au sein de celle du secteur industriel de l'aéronautique. En descendant au niveau de la formation proposée, rappelons la condition particulière des formations que nous étudions du fait qu'il ne s'agit pas de formation *ab initio* et insistons ici sur la condition également particulière que les stagiaires accueillis dans le centre de formation AHTA ont déjà une licence de pilote d'hélicoptère et doivent apprendre non pas à voler, mais à voler sur un nouveau type d'hélicoptère, appartenant à la gamme d'Airbus Helicopters Marignane.

À ce niveau de l'échelle, nous découvrons une organisation de la formation très complexe et en même temps précise, ajustée au plus près aux types d'aéronefs, aux contextes d'usage et à l'expérience des stagiaires.

Nous découvrons sans surprise un environnement de formation hautement instrumentée et à teneur technologique très développé, que ce soit pour les pilotes comme pour les techniciens. La description détaillée que nous avons proposé de faire de l'organisation des formations d'une part et des processus de conception des simulateurs partiels ou pleine échelle d'autre part, avait pour objectif de mettre en lumière des éléments marquants de l'écologie et de l'économie de la formation du point de vue de ses environnements et de ses acteurs.

Nous constatons que le recours au numérique varie en fonction des métiers en aéronautique. Les mécaniciens utilisent principalement les maquettes grandeur nature à disposition dans un hangar. Les avioniciens privilégient les outils numériques du fait de leur profession sur la maintenance des équipements électroniques, électriques et informatiques, mais les utilisent principalement comme des diffuseurs animés, c'est-à-dire par méthode démonstrative ou transmissive.

Les pilotes sont eux aussi très sollicités dans l'usage d'outils impliquant de nouvelles technologies, par extension on retrouve cette intégration d'outils numériques dans les formations que les instructeurs doivent mettre en œuvre. À titre d'exemple, le cours sur le dernier appareil fabriqué par Airbus Helicopters est équipé d'une dizaine d'outils numériques mis à la disposition de l'instructeur.

Il est également important de noter que depuis le contexte récent de la pandémie de la COVID-19, engendrant l'arrivée des confinements, des dispositifs d'enseignement à distance (*e-learning/virtual classroom*) pour la formation théorique sont aujourd'hui autorisés par les autorités de l'aviation civile. Leur emploi est encadré dans le sens où il n'est pas autorisé de délivrer une formation pilote entièrement à distance (10 % de la formation théorique doit ainsi être faite en présentiel afin de consolider les apprentissages). Cette multiplicité d'outils oblige les instructeurs à « jongler » entre

contenus, outils, interactions, transferts sans qu'ils en soient accompagnés de manière formelle.

Dans la perspective anthropologique du didactique qui nous intéresse, nous avons pu constater que la multiplicité de technologies de simulation en perpétuelle évolution et, dont la présence d'un centre de formation à l'autre n'est pas systématique, n'est pas sans poser des questions quant à la formation des instructeurs de pilotes et techniciens d'hélicoptères. Cette multiplicité et évolutivité de technologies de simulation peut contraindre les instructeurs à devoir se limiter à l'acquisition de la seule maîtrise technique des outils au détriment d'une réelle réflexion sur leurs pratiques d'enseignement. En effet, nous avons observé par exemple que les formations ou guides mis à la disposition des instructeurs ne concernent généralement que l'utilisation de l'interface. Malgré les possibilités offertes par cette diversité d'outils, l'essentiel de la formation théorique des pilotes et des techniciens se déroule sans réflexion quant à leurs dimensions didactiques et pédagogiques. La question qui se pose alors est de comprendre comment et dans quelles conditions aller au-delà pour assurer une intégration didactique et pédagogique adéquate, bénéficiant aussi bien aux stagiaires qu'aux instructeurs eux-mêmes.

Notre travail d'enquête documentaire et nos observations de terrain, réalisés dans une démarche exploratoire et compréhensive du contexte de la formation en aéronautique industrielle, nous invitent à ce stade à réaliser une revue de la littérature scientifique portant sur la simulation en formation professionnelle dans le cadre des recherches en didactique afin de mieux cerner les enjeux de la formation avec le numérique et la simulation.

**Partie 2. La recherche sur la simulation
en formation,
problématisation et cadre
théorique de référence**

Chapitre 3. La simulation en formation professionnelle

L'achèvement d'une œuvre complexe doit non dissimuler son inachèvement, mais le révéler.

Éduquer pour l'ère planète (2003) de Edgar Morin

1. Introduction

La simulation en formation professionnelle constitue aujourd'hui un objet de recherche déjà bien développé dans une diversité de champs professionnels. La revue de la littérature scientifique sur les technologies intégrées dans les situations de formation par simulation (allant jusqu'à la réalité virtuelle) révèle que de multiples secteurs professionnels s'appuient sur ces environnements dans leurs programmes de formation. C'est le cas par exemple dans le domaine de la santé, de l'aéronautique et des industries telles que le pétrole et le gaz maritime et offshore, l'énergie nucléaire, le forage (Pastré, 2005 ; Simoneau, Paquette, Lawrence, et Ouellet, 2014). Le secteur de la santé et celui de l'aéronautique constituent des précurseurs et occupent des places de premier plan en matière d'avancées technologiques. Notons que la simulation est utilisée non seulement pour former des compétences techniques, mais aussi, plus récemment, pour devenir plus flexible et adaptable sur le plan des compétences sociales et cognitives (Crichton, 2017).

Nous faisons le choix de centrer notre revue de la littérature sur les recherches en sciences de l'éducation, principalement dans les champs théoriques de la didactique et de la didactique professionnelle, ce qui bien évidemment n'empêche pas l'intérêt d'apports possibles et de regards croisés avec d'autres disciplines que nous citerons. Nous nous intéressons aux recherches sur les situations didactiques sur simulateur en formation professionnelle ainsi que ses ingénieries de formation. Les champs théoriques que cette revue de la littérature nous a amenés à découvrir s'appuient aussi sur ce qui, d'après leurs auteurs, a inspiré leurs travaux : l'ergonomie, la psychologie cognitive, la psychologie du développement, et tous les champs scientifiques s'intéressant à la formation professionnelle.

Nous nous intéressons principalement aux études portant sur des questions conceptuelles et méthodologiques qui traitent de près ou de loin de notre objet de recherche de la simulation en formation professionnelle que nous mettons dans la perspective de l'étude des conditions de diffusion des savoirs en aéronautique. Notre approche est didactique pour comprendre les aspects pédagogiques de l'enseignement

équipé d'outils numériques et d'environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur (EIAO), plus particulièrement axés sur l'usage des outils de simulation, du fait qu'ils représentent une part essentielle de l'équipement pédagogique en formation aéronautique.

Il est à noter que dans le travail attendu de cette recherche doctorale, par convention industrielle, il n'est pas encore question de s'intéresser aux nouvelles technologies comme la réalité augmentée ou la réalité virtuelle, mais plutôt à celles qui étaient en cours d'utilisation dans le service tout au long de la durée du contrat doctoral. La portée de la thèse s'en trouve, de ce fait, précisée : il s'agit d'étudier sur le terrain les pratiques opérationnelles de l'enseignement avec les outils numériques présents. Nous reviendrons cependant dans la partie dédiée à l'identification des perspectives professionnelles et de la recherche, sur l'évolution toute récente du marché de la formation aéronautique, marquée par l'intérêt grandissant pour les technologies de réalité augmentée et virtuelle.

Dans ce chapitre, nous partons d'une sélection de définitions et de recherches sur la simulation en formation de manière générale, de ses enjeux de fidélité et de validité en vue de son utilisation en formation professionnelle. Nous centrons ensuite l'analyse de la littérature sur les recherches en didactique pour en dégager deux axes majeurs : les problématiques de transposition didactique de situations professionnelles ; l'organisation didactique et pédagogique de la situation d'apprentissage avec la simulation.

2. La simulation en formation

Les technologies évoluent fréquemment et la littérature scientifique note le décalage pouvant exister avec l'actualisation des pratiques et méthodes pédagogiques. « L'investissement dans ces nouveaux outils, supports et dispositifs de formation "numérique", est souvent confondu avec l'innovation pédagogique dans les discours en faveur du numérique, et présenté comme tel dans les salons du digital learning. » (Betton, 2019). Et indéniablement, le développement des simulateurs est plus guidé « par une logique d'évolution technologique que par une logique d'utilisation. » (Samurçay, Rogalski, 1998). Les études conceptuelles les plus significatives remontent aux débuts des années 2000, tant pour des approches ergonomiques que pour des approches didactiques ou plus généralement en sciences de l'éducation.

2.1. Définitions de la simulation en formation

La simulation est avant tout l'action de simuler, et le résultat de cette action. Le terme simulation peut être compris avec l'idée de tromperie ou sans idée de tromperie. Nous ne retiendrons dans notre recherche que la seconde idée. Le Trésor

de la langue française informatisé (TLFi) en donne, dans ce sens, la définition suivante : « Reproduction artificielle du fonctionnement d'un appareil, d'une machine, d'un système, d'un phénomène, à l'aide d'une maquette ou d'un programme informatique, à des fins d'étude, de démonstration ou d'explication. ». Nous pourrions rajouter des fins de formation, même si le mot « étude » corrobore la notion d'enseignement et d'apprentissage. D'après ce même dictionnaire, l'encyclopédie de l'Univers économique et social nous dit plus généralement que la simulation est la reproduction artificielle des conditions réelles d'un milieu ou d'un phénomène. Le Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL), quant à lui, se focalise sur l'objet de simulation : « Dispositif expérimental ou programme d'ordinateur qui permet de reproduire artificiellement le fonctionnement réel d'un appareil, d'une machine, d'un système, d'un phénomène, à des fins d'études, de démonstration ou d'explication. » Toutes ses définitions se concentrent autour de la même idée : la simulation est la *reproduction artificielle d'un phénomène ou d'un milieu du réel*. La simulation est donc une reproduction, c'est-à-dire la production d'une copie ou la représentation de quelque chose de manière plus ou moins fidèle du réel, du moins conforme à une réalité, à un modèle, à une référence, à une situation, ou à un original.

La simulation n'est pas un jeu. Le jeu abandonne les règles de la réalité pour créer son propre ensemble de règles. Même si elle crée aussi un univers virtuel, les règles qui régissent cet univers simulé sont inspirées de règles conformes à la réalité, qu'elles soient sociales ou physiques (Squire, 2003). La simulation rend possible la modification (et le contrôle) des variables qui ne sont d'ordinaire pas modifiables, permettant ainsi de voir les effets de ces variables sur la réalité.

La simulation consiste en ce sens à répéter en séance, c'est-à-dire sans risquer les conséquences d'une erreur, les paroles, les gestes qu'il faudra maîtriser dans les futures situations de travail, c'est la technique reine de l'apprentissage de procédures complexes laissant peu de place à l'improvisation d'après Mucchielli (2016). Une simulation est donc une démarche d'apprentissage, qui *met en scène*, grâce à un objet, un simulateur, des situations qui vont servir à l'acquisition des compétences professionnelles mobilisées dans l'activité (Pastré, Mayen, et Vergnaud, 2006).

Dans le domaine de la simulation, les recherches qui ont été effectuées dévoilent également la nécessité de mettre les dispositifs de formation au centre des situations professionnelles. Pour Pastré, le simulateur doit répondre à la fidélisation à la situation de référence et celui de la médiation entre les opérateurs et les instructeurs (Pastré, 2005).

2.2. Notions de fidélité et de validité

2.2.1. La notion de fidélité

La littérature définit la simulation à partir de deux notions distinctes et

indissociables : la fidélité et la validité.

La fidélité renvoie à la ressemblance, au degré de similitude avec la situation de référence (Nyssen & de Keyser, 1998). Habituellement, on distingue la fidélité physique qui correspond à la reproduction de l'appareil réel à la fidélité fonctionnelle pour laquelle il existe une similitude entre le comportement du stagiaire dans la tâche simulée (processus perceptuels, moteurs et cognitifs) et dans la tâche opérationnelle pour des conditions environnementales et situationnelles similaires (Korteling, Bosch, et Emmerik, 1997). La fidélité ne se limite pas à la ressemblance physique, elle peut aussi concerner tous les composants d'une situation : l'objectif de la tâche, les instruments, la temporalité, les aspects collectifs (Nyssen, 2005) et la qualité des situations simulées ne peut néanmoins pas se réduire à la fidélité technique des simulateurs. En d'autres termes, *une (situation de) simulation n'est pas un simulateur*, comme le dit Rogalski en 2006, lors de la quatrième École thématique du CNRS sur les EIAH « Simulation, réalités virtuelles et augmentées et apprentissages professionnels ».

Si l'environnement de travail est très complexe, une fidélité physique élevée ne sera pas souhaitable (dans un premier temps), car le stagiaire rencontrera probablement des difficultés avec la complexité de la simulation. Dans des environnements de tâches moins complexes, cela ne pose pas de problème (Korteling et al., 1997).

Pour ce même auteur, la fidélité doit prendre en compte différents éléments :

- Le transfert : le niveau de transfert souhaité dépend de la tâche. La formation peut être destinée à un transfert vers une tâche opérationnelle relativement uniforme (transfert proche) ou vers une diversité de situations pratiques (transfert lointain). Le niveau de fidélité approprié sera le plus élevé dans la première situation.

- La charge mentale : le stagiaire peut éprouver des difficultés d'apprentissage lorsque trop de détails sont présentés dans une simulation hautefidélité. Selon les caractéristiques du stagiaire, un niveau de fidélité physique plus faible peut convenir.

- L'attractivité : le niveau de fidélité peut contribuer à l'attrait de la simulation. Il peut donc accroître la motivation des stagiaires. Cependant, une tâche ennuyeuse restera une tâche ennuyeuse même si elle est simulée avec une hautefidélité.

- Les couts : En pratique, le niveau de fidélité « souhaité » est souvent déterminé par les moyens financiers disponibles (Korteling et al., 1997).

2.2.2. La notion de validité

Un autre terme important dans la formation basée sur la simulation est la validité (dans la littérature, on parle souvent de « validité fonctionnelle ») (Nyssen, 2016 ; Korteling et al., 1997 ; Samurçay & Rogalski, 1998). Ce terme fait référence à la mesure dans laquelle les compétences acquises dans le simulateur sont

transférées à l'équipement opérationnel. La validité est affectée par la fidélité fonctionnelle (ressemblance comportementale), la qualité de la formation (c'est-à-dire les méthodes de formation, le contenu de la formation, la manière dont le retour d'information est fourni, etc.), le type de tâche et le niveau du stagiaire. Par conséquent, il n'est guère possible de spécifier une valeur à priori de la validité du simulateur. Avec tout changement de méthode de formation, de tâche de formation (partielle) ou de groupe de stagiaires, la mesure représentant la validité fonctionnelle changera presque certainement aussi. Il est impossible de penser à la validité d'un dispositif de formation sans référence au transfert. Le transfert de formation, *Transfer of Training* (ToT) indique la mesure dans laquelle l'apprentissage d'une certaine tâche de formation (A) influence l'apprentissage ou la performance sur une tâche opérationnelle (B). Lorsque la tâche A est choisie de manière inconsidérée ou que le système de formation a été conçu de manière inappropriée, le transfert vers la tâche B peut même être négatif. Il existe encore un autre type de validité qui concerne principalement la fidélité physique. Il s'agit de la validité apparente (ou réalisme), c'est-à-dire la mesure dans laquelle un stagiaire perçoit le simulateur et la valeur réaliste de la reproduction du système opérationnel. La validité apparente est importante de telle sorte qu'elle contribuera à motiver un stagiaire à participer à ce qu'il estime être une tâche pertinente. (Korteling et al., 1997)

Malaterre et Fréchaux (2001) distinguent quatre niveaux de validité des simulateurs de conduite automobile : la validité physique, qui rend compte de la fidélité des stimuli ; la validité expérientielle, qui s'apparente au jugement de ressemblance ou de crédibilité subjective du point de vue des conducteurs de la situation simulée à savoir dans notre cas des instructeurs SFI et/ou TKI ; la validité éthologique, c'est-à-dire l'analogie des comportements observés sur simulateur et en situation réelle ; et la validité psychologique qui témoigne de la similitude des processus psychologiques sous-tendant l'activité et du cout cognitif.

Mais in fine, la simulation reproduisant le système technique dans toute sa réalité plus ou moins simplifiée, plus ou moins fidèlement et plus ou moins partiellement ou totalement, doit se construire autour d'un scénario, reflet d'une réalité imaginée ou calquée. Pour Samurçay et Rogalski (1998) la simulation en formation doit prendre en compte d'abord l'empan de la tâche proposé par le sujet. Elle ne doit pas être irréaliste et démesurée par rapport aux tâches réelles. La simulation est souvent construite autour de scénarios trop catastrophiques, selon Amalberti (2013), et souvent au-delà de la situation de référence. La valeur pédagogique augmente alors avec un scénario représentant une situation difficile, mais raisonnablement fréquente.

2.3. La pratique professionnelle par la simulation

Sur un plan pratique et de manière plus générale, la simulation s'affirme de plus en plus comme un dispositif incontournable en formation professionnelle. Même si elle a pris sa source dans le domaine aéronautique et plus particulièrement dans celui de

l'aéronautique militaire (Grau, Doireau, & Poisson, 1998), elle concerne, aujourd'hui, des domaines aussi divers que le domaine du nucléaire et de l'industrie du process (Fauquet-Alekhine, 2011 ; Fauquet-Alekhine & Maridonneau, 2011 ; Pastré, 2005 ; Theureau, 1997), de l'aéronautique (Farmer, Van Rooij, Riemersma, & Jorna, 2003 ; Hays, Jacobs, Prince, & Salas, 1992 ; Jouanneaux, 2005 ; Lépinard, 2014 ; Proctor, Bauer, & Lucario, 2007), ou de la santé (Boet, Granry, & Savoldelli, 2013 ; Geeraerts & Trabold, 2011 ; Laniel, 2015), entre autres.

Selon Samurçay et Rogalski (1998), la simulation posséderait quatre types de finalité. La première concerne la recherche. Elle peut être utilisée, dans ce cas, soit pour l'apport de connaissances opérationnelles afin de tester un système ou un matériel ou soit pour l'apport de concepts scientifiques afin d'expérimenter des situations de recherche. La deuxième est une finalité de conception qui concerne principalement les systèmes et l'organisation du travail en ergonomie. Puis la troisième concerne l'évaluation pour laquelle la simulation est utilisée comme un instrument de contrôle des connaissances opératives ou de formation professionnelle pour valider un acquis de savoir-faire ou des compétences. Et enfin la dernière, une finalité de formation qui peut viser soit l'acquisition de connaissances opérationnelles, en regardant les habilités (*skills*) de nature perceptive motrice (le geste professionnel dans l'action) ou de nature procédurale (les situations de routine, règlementaires, ou les check-lists).

2.4. Les raisons didactiques de l'usage de la simulation en formation.

Si la transposition est consécutive à une transformation des savoirs, la simulation suppose une modélisation des situations de travail par un modèle de l'être humain, par un modèle du système de travail et par un modèle du travail à réaliser (Daniellou, 2007). Elle est mise en place à chaque fois que la construction d'un prototype d'étude s'avère trop coûteuse, ou que l'étude mathématique usuelle s'avère trop longue ou trop complexe, ou enfin lorsque les situations de référence présentent un risque, un danger. Elle relève en effet fondamentalement de la perception d'un risque, d'une impossibilité indissociable de notre condition d'être vivant soumis aux limites d'espace et de temps (Dubey, 2001). C'est le cas en aéronautique où la plupart des situations à risques et les prises de décision font la base de la simulation.

La simulation en formation peut être à la fois ou de manière distincte, un dispositif de formation, une pratique didactique, ou encore une mise en situation stratégique. En ce sens, la simulation peut-être selon Oget et Audran (2016) à la fois un processus de formation cognitif et kinesthésique, une aide à la réflexion stratégique si et seulement la situation simulée se rapproche de la situation réelle, un dialogue formatif entre théorie et pratique en [rendant] « possible l'observation de

l'inobservable, [et en interrogeant] des "objets" ou des relations physiques que l'on ne peut observer, [...] » (Oget et Audran, 2016, §12) Et enfin, la formation peut être aussi un « instrument de formation sémiotique » entre la pensée et l'action de telle manière à verbaliser le plus possible « pour mieux comprendre ce qui est concret, mais aussi ce qui est intelligible. » (Oget et Audran, 2016, §16)

Mais pour que la simulation en formation s'impose, il faut que la modélisation concerne à la fois l'environnement et les systèmes associés sinon elle offre une simple représentation symbolique du réel . Dans un simulateur de pleine échelle d'un aéronef, la modélisation se situe essentiellement dans l'environnement externe au cockpit. La fidélité physique et fonctionnelle concerne l'intérieur d'un cockpit.

Ensuite, les raisons didactiques spécifiques pour utiliser des simulateurs de formation selon Van Emmerik, Van Joolingen, et Van Rooij (1997) sont orientées par la possibilité de conduire et de contrôler l'offre de formation afin de proposer davantage d'expériences d'apprentissage par unité de temps et de planifier la répartition des expériences d'apprentissage ; par les possibilités d'adapter les tâches de formation aux performances des stagiaires ; par les possibilités de fournir des indications et un retour d'information extrinsèques à la tâche ; par l'augmentation des possibilités d'enregistrement et de diagnostic des performances des stagiaires, par exemple à des fins de compte rendu et/ou à des fins administratives ; et enfin par plus de possibilités d'automatiser le processus de formation et d'instruction et, par conséquent, d'améliorer l'efficacité.

Ces auteurs comparent les progressions de 29 étudiants terminant un cours composé de 25 % de simulation à un échantillon de base de 62 étudiants (provenant de données historiques) terminant le même cours avant l'intégration d'une formation supplémentaire basée sur la simulation. L'intégration de la simulation s'est avérée avoir deux impacts principaux. Bien qu'une légère diminution des heures de formation sur avion ait été évidente, il y a également eu une augmentation significative du temps de formation global une fois que la formation basée sur la simulation a été intégrée.

La simulation apportera toujours à la formation au pilotage des avantages considérables en matière de sécurité et de réduction des risques ; toutefois, si l'on considère les implications pratiques de l'intégration de la formation basée sur la simulation, les données actuelles nous mettent en garde contre le fait que les résultats positifs sur le plan de l'efficacité et de la rentabilité de la formation ne sont pas toujours garantis (McLean, Lambeth, et Mavin, 2016). Car la simulation la plus réaliste ne garantit pas l'apprentissage. La très grande majorité du financement de la formation est allouée au développement de dispositifs de simulation et non à l'approfondissement de notre compréhension du processus d'apprentissage (Salas, Bowers, & Rhodenizer, 1998).

3. La didactique professionnelle et la transposition didactique de l'activité

La simulation en formation comme outil d'apprentissage de situations professionnelles s'inscrit dans des recherches portant sur l'ingénierie de formations, et plus particulièrement dans le cadre de la didactique professionnelle. Cette dernière cherche avant tout à dépasser le stade de la compréhension de la formation professionnelle comme une simple accumulation de pratiques par l'expérience en s'appuyant pour se développer davantage sur l'apprentissage par situations que l'apprentissage de savoirs (Pastré, 2011).

La « didactique professionnelle », selon Pastré, Vergnaud et Mayen (2006), est née dans les années 90 du croisement d'un champ pratique – la formation des adultes – et de trois champs théoriques issus de la psychologie du développement, l'ergonomie cognitive et la didactique des disciplines. Elle part de l'hypothèse que l'activité de l'homme au travail est organisée sous forme de schèmes autour de concepts d'opérationnalité. L'analyse de cette activité a permis de faciliter la construction d'ingénieries de formation, et d'encourager les discours réflexifs des apprenants, et ainsi d'améliorer les apprentissages et pour les enseignants d'améliorer leurs pratiques professionnelles.

3.1. L'analyse de l'activité pour la formation professionnelle

De nombreux chercheurs en psychologie et en sciences de l'éducation considèrent que l'apprentissage en formation professionnelle s'organise dans l'activité et s'observe à partir de l'analyse de l'activité (Clot & Faïta, 2000 ; Durand, de Saint-Georges, & Meuwly-Bonte, 2006 ; Mayen, Métral, & Tourmen, 2010 ; Pastré, 2015 ; Pastré et al., 2006). De fait, la transposition didactique des savoirs au sens de Chevallard (Chevallard, 1982, 2010) ne s'initierait pas à partir de savoirs clairement identifiables et encore moins de savoirs théoriques ou disciplinaires, mais bien à partir d'une activité ou pour une activité professionnelle (Tourmen, 2014, p. 11), faisant intervenir un ensemble complexe de savoirs de référence dans un sens très large, construits au cœur de l'activité. Le travail de l'enseignant consiste alors à « fabriquer l'objet d'enseignement » en transformant le « *savoir savant* » – c'est-à-dire le savoir de celle ou celui qui sait –, de telle manière qu'il puisse être enseigné en prenant en compte les conditions et les contraintes institutionnelles (Vidal-Gomel, 2005).

La didactique professionnelle s'est essentiellement façonnée à partir de cette approche (de Keyser & Samurçay, 1998 ; Pastré, 2005, 2015 ; R. R. Samurçay, Janine, 1998). Le travail est pris comme référence, « [et...] les référentiels listent des compétences aussi bien techniques que sociales [... nécessaires à] l'exercice d'un métier. » (Durand et al., 2006, p. 180). La didactique professionnelle s'intéresse alors

aux apprentissages professionnels pour améliorer les parcours et les dispositifs des adultes en formation professionnelle sur leur lieu de travail ou en centre de formation, et ce, dans différents secteurs d'activité (Tourmen, 2014). Pour cela des méthodes d'analyse du travail sont développées, dont l'objectif est bien la mise en œuvre d'une didactique professionnelle, issues notamment de travaux d'ergonomes et précisément en France de l'ergonomie francophone de Leplat (1997). Elles s'appuient selon Pastré en France principalement sur les trois champs théoriques déjà cités dans cette introduction et que nous développons ci-après : la psychologie du développement, l'ergonomie cognitive et la didactique des disciplines (Pastré et al., 2006).

3.2. La psychologie du développement au sens d'une conceptualisation du travail

Le premier champ est celui de la psychologie cognitive et plus particulièrement celui de la psychologie du développement avec ses interactions entre apprentissage et développement de la personne. Il a été conceptualisé, entre autres, par la théorie des schèmes et des champs conceptuels de Vergnaud (1996) en s'appuyant sur les travaux de Piaget qui a développé les notions d'assimilation et d'accommodation lors d'observations et expérimentations de l'apprentissage des enfants et également à partir des travaux de Vygotski.

Il est naturel de se tourner vers les deux grands psychologues du développement que sont Piaget et Vygotski, pour puiser dans leur travail les inspirations susceptibles de nourrir le cadre théorique et méthodologique de la didactique professionnelle. Il se trouve que tous deux ont mis en avant les idées d'activité et de conceptualisation, qui sont justement essentielles pour la didactique professionnelle. (Pastré, Mayen et Vergnaud 2006, § 12)

Notons aussi qu'à la suite de ce passage, les auteurs précisent d'autres fondements épistémologiques à la théorisation du champ d'une didactique dite « professionnelle » : « Cela n'est pas suffisant, et il faut faire appel en même temps à d'autres auteurs, comme Bachelard en philosophie des sciences et comme Brousseau, Douady ou Chevallard, en didactique des mathématiques. » (Paragraphe 12) Nous y reviendrons dans le chapitre suivant.

Pour revenir sur la référence à Piaget, rappelons que Vergnaud (2001) détermine trois caractéristiques du concept de schème. Un schème est d'abord *une totalité dynamique fonctionnelle* (Vergnaud, 2016). À savoir que le geste fait partie intégrante du concept de schème dans sa forme visible comme cognitive. Le schème est aussi *une organisation invariante de l'activité pour une classe définie de situations* (Vergnaud, 2001, p. 4). Des situations pour lesquelles le sujet peut avoir à sa disposition les compétences nécessaires pour la traiter ou agir de manière empirique, par essais et erreurs, dans un processus qui peut le conduire vers la réussite ou l'échec. Mais ce sont les modalités de l'activité qui sont invariantes, et non l'activité elle-même (Pastré et al., 2006). Enfin pour Vergnaud, le schème s'organise autour de quatre catégories de

composantes : tout d'abord, il se compose d'un ou plusieurs buts ou sous-buts voire des anticipations en fonction des situations ; il se compose également de règles d'actions, de prises d'information et de contrôle ; ensuite, d'invariants opératoires issus des expériences de l'individu pour lesquels il distingue les « théorèmes en actes [...] qui s'expriment sous forme de propositions tenues pour vraies par le sujet » (Pastré et al., 2006) et enfin de concepts en actes qui sont pour Vergnaud (1989) des « catégories de pensée tenue pour pertinentes par le sujet relativement à une classe de situations ». Ils ont alors un but principalement organisationnel par leur catégorisation.

Les recherches dans ce champ nourrissent les travaux sur les approches par compétence dont l'objectif est de comprendre comment organiser au mieux les apprentissages professionnels entre théorisation et pratiques dans les situations de travail. Vergnaud (2011) mettait en avant l'action avec l'expression devenue connue « au fond de l'action, la conceptualisation » à partir de son article éponyme dans lequel il écrit :

Au début n'est pas le verbe, encore moins la théorie. Au début est l'action, ou mieux encore l'activité adaptative d'un être dans son environnement. C'est par l'action que commence la pensée : plus exactement et plus complètement par l'action, la prise d'information sur l'environnement, le contrôle des effets de l'action, et la révision éventuelle de l'organisation de la conduite. (Vergnaud, 2011)

Pour expliquer l'action, il proposait dans cet article de reconnaître différents registres de compétences (les compétences perceptives gestuelles ; celles de l'expert, celles linguistiques et symboliques des connaissances ; les compétences sociales). Partant de là, il identifie dans l'action la nécessité de la représentation, au sens de : « la formation en pensée d'objets, de propriétés, de relations, de transformations, de circonstances, de conditions, de relations fonctionnelles de ces objets entre eux et avec l'action. » (p. 275). Et c'est là que le concept de schème lui est apparu comme un cadre théorique important pour comprendre les relations entre savoirs d'action et savoirs théoriques.

Il est évident que les recherches en ce sens viennent questionner l'organisation des formations entre le moment où il faut faire apprendre des savoirs dits « théoriques » et les moments de les apprendre dans l'action. Au regard des formations en aéronautique, et particulièrement pour l'apprentissage du pilotage d'aéronefs, cette question est centrale et constitue une dimension essentielle à prendre en compte. Tout en soulignant cette importance de la prise en compte dans la chaîne de la fabrication des formations dans le milieu de l'industrie aéronautique, nous devons pourtant en réduire la portée au regard de ce qu'il est possible de faire pour un instructeur dans un service de formation régi par les multiples contraintes que nous avons étudiées dans les chapitres précédents. Nous en retenons une dimension essentielle de ces travaux pour notre compréhension des formations professionnelles, qui est le fait qu'ils ont mis en lumière l'importance d'identifier la dimension opératoire de la connaissance : raisonner et agir en fonction de certaines conditions. C'est bien ce qui a motivé le

recours de Vergnaud à la notion de schème. Car pour lui le schème ne doit pas être vu comme un stéréotype d'action, mais comme une manière de régler son action en fonction des caractéristiques particulières de la situation à laquelle on s'adresse, ici et maintenant (Vergnaud, 2011). Pour Piaget l'amélioration du schème (par extension de son apprentissage) passe par une théorisation au moins partielle des éléments qui le composent, ce qui mène à la mobilisation des savoirs et à leur évolution. Mais comment révéler l'existence de cette « conceptualisation au fond de l'action » ? C'est là qu'émergent des besoins de méthodes d'explicitation et d'analyse de l'action.

Les travaux de Vergnaud et des didacticiens comme Pastré qui s'inscrivent dans ces approches, montrent toute l'importance de procéder à des analyses de l'activité pour pousser à s'intéresser à ces savoirs souvent construits sur une longue période, et qui peinent à être représentés dans les traités scientifiques (ou dans les rapports professionnels) disponibles. Vergnaud note aussi qu'il s'agit souvent de savoirs difficiles à expliquer et à communiquer, ce qui appelle à la mise en œuvre de méthodes de recherche permettant une explicitation de l'activité par les acteurs de cette activité. La verbalisation de l'activité, ses mises en débats avec autrui, la recherche de systèmes théoriques cohérents et partagés, sont autant de phénomènes qui intéressent Vergnaud et qui vont nourrir de nombreux travaux à sa suite dans le courant de chercheurs dans ce qu'il sera appelé la « didactique professionnelle ».

3.3. L'ergonomie cognitive pour comprendre le développement des compétences

Le deuxième champ théorique qui intéresse notre questionnement et en lien avec les approches citées dans les sections précédentes, concerne l'ergonomie cognitive ou encore psychologie ergonomique qui se caractérise tout d'abord par l'analyse du travail orientée vers la formation et le développement de compétences, puis distingue la tâche de l'activité (Clot, 1995). Les théories de l'analyse de l'activité humaine en situation de travail s'appuient généralement sur des démarches conceptuelles ou formatives pour amener les professionnels à réfléchir à posteriori et mentalement sur leur pratique professionnelle. L'activité réflexive des professionnels est dans ces cas souvent révélée au moyen de techniques d'entretien. Vermersch (1998, 2019) transposera, par exemple, l'analyse du fonctionnement cognitif de l'adulte tel qu'étudié par Piaget dans le domaine des apprentissages professionnels en mettant en œuvre une méthodologie d'observation de l'activité intellectuelle basée sur la technique qu'il appelle : *entretien d'explicitation* qui sera utilisée dans divers cadres institutionnels, comme, entre autres, la psychologie du travail, le sport ou la santé.

D'autres méthodes d'analyse de l'activité sont proposées, visant notamment le développement de l'action (Clot, Prot, & Werthe, 2001). Cette dernière s'appuie outre la démarche de l'entretien d'explicitation, entre autres sur la méthode dite de l'« instruction au sosie » d'Ivar Oddone (Oddone, Re, & Briante, 1981), mise en œuvre

auprès des ouvriers des usines Fiat avec lesquels travaille Oddone, dans le cadre de ses recherches à l'université de Turin, auprès de l'industrie automobile de l'Italie du Nord. Cette méthode a pour objectif de permettre au professionnel de redécouvrir sa propre expérience, sa propre activité qu'il n'arrive le plus souvent pas à exprimer verbalement, à l'occasion d'un dialogue organisé avec un interlocuteur extérieur à partir de la consigne suivante : « Suppose que je sois ton sosie et que demain, je me trouve en situation de devoir te remplacer dans ton travail. Quelles sont les instructions que tu devrais me transmettre afin que personne ne s'avise de la substitution ? » (Clot, 1995). Dans le prolongement de ce type de technique d'explicitation d'autres techniques sont développées afin que « les sujets "observés" dans leur travail par l'intervenant [c.-à-d. le chercheur, l'instructeur, ou ses pairs] puissent devenir les observateurs de leur propre activité. » (Clot et al., 2001). L'un des dispositifs les plus connus a été au point par l'équipe s'inscrivant dans ce qu'elle nomme « une clinique de l'activité » du laboratoire de psychologie du travail et de l'action du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) sous l'impulsion de Clot et Faïta. Ils les nomment : « Entretiens en autoconfrontation croisée » (Clot, et al., 2001 ; Clot, 2000) et les décrivent de la manière suivante :

L'autoconfrontation croisée réunit deux sujets et le chercheur. L'entretien est entièrement filmé et constitue pour chacun des deux sujets le troisième enregistrement. Nous nous plaçons aussi en contrechamp, filmant les deux sujets de face, en cadrant un peu serré. Nous présentons successivement aux deux sujets l'enregistrement de l'activité de chacun d'eux. Le chercheur sollicite systématiquement les commentaires du sujet dont on ne voit pas l'activité. Le second sujet, dont nous regardons l'activité, est alors confronté aux commentaires de son collègue. Des controverses professionnelles peuvent alors s'engager, portant sur les styles des actions de chacun d'entre eux. Les écarts stylistiques étant évalués par rapport aux formes génériques propres au groupe professionnel, ce sont alors le genre professionnel et ses variantes que les sujets font entrer dans une zone de développement. L'intervention du chercheur à l'aide de la télécommande permet d'alterner les périodes de dialogues, moments où les professionnels parlent des styles de leurs actions à partir des genres, et dès l'épuisement du dialogue, des périodes où l'attention est portée sur l'activité filmée, moments où les sujets voient les genres à partir des styles de leurs actions. (§ 15)

Un des objectifs de ce dispositif est d'observer avec minutie l'activité réalisée afin, comme disent les auteurs, d'accéder à « l'activité réelle » (Clot et al., 2001, p. 22), c'est-à-dire la manière dont un sujet réalise une activité en référence à un genre professionnel. On retrouve Vergnaud pour qui « c'est (en effet) par l'action que commence la pensée : plus exactement et plus complètement par l'action, la prise d'information sur l'environnement, le contrôle des effets de l'action, et la révision éventuelle de l'organisation de la conduite. » (Vergnaud, 2011, p. 275) et grâce à l'autoconfrontation, la pensée s'explicit. Avec d'autres chercheurs, ces démarches ont essentiellement un objectif de professionnalisation (Altet, 2000 ; Wittorski, 2016) ou se recentrent sur une approche ergonomique de la conception pour l'étude par exemple des environnements virtuels de formation (Boccaro & Delgoulet, 2015). Enfin, d'autres utiliseront l'ergonomie comme outil d'analyse croisée entre activité enseignante et usage de la simulation en formation (Dubois, 2017).

3.4. La didactique des disciplines et la question des savoirs de référence en didactique professionnelle

Le troisième champ théorique ayant influencé la didactique professionnelle, d'après Pastré, Mayen et Vergnaud (2006), est issu de la didactique des disciplines et particulièrement la didactique des mathématiques, principalement avec les travaux de Brousseau et de Chevallard en grande partie à partir des notions de situation didactique et de transposition didactique. Nous les développons succinctement ci-après afin de situer les recherches en didactique dans les questions de nature didactique qui se posent à la formation professionnelle et l'enseignement en milieu professionnel.

Pastré, Mayen et Vergnaud, dans leur article proposant une synthèse des recherches s'inscrivant dans le courant de la didactique professionnelle, rappellent la définition de ce que l'on peut considérer comme une situation didactique au sens de Brousseau : « Une situation didactique est l'ensemble des conditions que l'enseignant ou le chercheur réunit pour confronter l'apprenant à des objets nouveaux ou à des propriétés nouvelles de ces objets. » (Pastré, Mayen, & Vergnaud, 2006, p. 150). Nous pouvons resituer la notion de *situation didactique* dans les écrits de Brousseau (1990, 2004) qui propose une modélisation des situations à « usage didactique » à partir de la définition suivante citée lors d'une conférence :

Une situation est l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu. Prendre comme objet d'études les circonstances qui président à la diffusion et à l'acquisition des connaissances conduit donc à s'intéresser aux situations. Les situations didactiques sont, dans la langue française, des situations qui servent à enseigner. (Brousseau, 1997) ⁴⁶

Brousseau a proposé une typologie des situations à usage didactique et distingue les situations d'action, des situations de formulation ou de communication des connaissances et par conséquent les situations de validation. Ces situations peuvent être corrélées ou séparées, mais entrent toujours dans un processus d'apprentissage. Brousseau inscrit ses recherches en didactique des mathématiques et s'est d'abord intéressé à la perspective de l'élève : « la situation est l'environnement de l'élève mis en œuvre et manipulé par l'enseignant ou l'éducateur qui la considère comme un outil. » (Brousseau, 1997, p.2). Dans ces travaux ultérieurs, il s'intéresse à une perspective plus large dans laquelle il étudie la situation didactique comme « l'environnement tout entier de l'élève, l'enseignant et le système éducatif lui-même y compris. » (Brousseau, 1997, p.2). Nous retenons particulièrement la problématisation qu'il propose à savoir qu'il faut considérer la situation à usage didactique, ce par quoi il justifie l'idée d'identifier différents types de situations :

⁴⁶ La citation est extraite d'un cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal. Le document, non publié, a largement été diffusé dans la communauté de recherche en éducation.

a) Lorsqu'un sujet tente de contrôler son environnement, toutes ses actions ne manifestent pas ses connaissances de la même manière. Existe-t-il une correspondance entre l'organisation du milieu, les formes d'interactions adéquates à son contrôle et les répertoires de connaissances mobilisés ? Si oui, nous obtiendrons des types différents de situations. Est-ce qu'ils détermineront des modes d'apprentissages différents ?

b) Nous avons admis implicitement au chapitre précédent qu'à chaque connaissance doit correspondre une classe de situations caractéristiques. Maintenant, si nous considérons un savoir particulier, se distinguera-t-il des autres savoirs par des caractères spécifiques dans chaque type de situation ? La pratique ou l'acquisition d'un savoir particulier exige-t-elle la rencontre de chacun de ces types de situation ? Existe-t-il des relations « dialectiques » entre les différentes formes de savoir et les différents types de situations ? (Brousseau, 1997, p. 5)

Nous retenons ici tout l'intérêt de la problématisation et théorisation des situations dans lesquelles nous sommes amenés à faire apprendre ou à apprendre soi-même. C'est dans cette perspective que nous avons retenu le cadre de référence de la théorie anthropologique du didactique développée par Chevallard à la même époque et choisissant justement dans une visée anthropologique de porter l'étude sur tout type de situations didactiques, sortant ainsi du cadre strict de la didactique des mathématiques. La théorisation de l'échelle de niveaux de codétermination didactique incite à analyser les situations au regard de toutes les dimensions qui nous sont permises de voir, ou que le chercheur en didactique pourra s'efforcer de révéler. Il est utile de rappeler ici la définition que Chevallard propose de la didactique comme étant la « science des conditions et (aussi) des contraintes de la diffusion (et de la non-diffusion) des praxéologies au sein des institutions de la société. » (Chevallard, 2010).

Pour revenir aux auteurs de l'article de référence en didactique professionnelle, Pastré, Mayen et Vergnaud, notons la deuxième influence, celle de la théorie de la transposition didactique proposée par Chevallard dans les années 1980. Avec l'idée de transposition didactique observée par Chevallard (2007) propose d'identifier les savoirs savants produits dans la société en général, par tout type d'organisation, pouvant servir de savoir de référence à un savoir à enseigner. Il s'agit pour Chevallard du savoir de ceux qui savent, ce en quoi il ne se limite donc pas aux savoirs scientifiques par exemple, mais étend son analyse à tout type de connaissance pouvant être mobilisé dans les praxéologies humaines.

Dans le cas de notre objet d'étude, les savoirs peuvent être produits par toutes les institutions au sein de l'industrie aéronautique et des sciences de l'ingénieur, dont la liste serait longue et difficile à établir du fait de la complexité des savoirs en jeu et du nombre d'acteurs impliqués. Pour donner quelques exemples, nous pouvons dire que l'instruction s'appuie sur des savoirs techniques, des savoirs de sécurité aérienne, des savoirs juridiques, des savoirs pratiques, des savoirs météorologiques, des savoirs issus des sciences physiques ou de l'ingénierie mathématique. Ces savoirs peuvent être produits par les ingénieurs en aéronautique lorsqu'ils conçoivent les aéronefs et en éditent les manuels d'instruction et de vol. Ils peuvent être initialement produits par les pilotes d'essai puis par les instructeurs, ensuite, lorsqu'ils définissent les savoir-faire et

les gestes professionnels adéquats à la pratique en vol, et adaptent les compétences sensorimotrices à l'ergonomie de l'aéronef. Ils peuvent être aussi produits par les ingénieurs ou techniciens d'essai, voire tout type de pilotes, de l'essai, à l'instruction jusqu'au pilote opérationnel ou militaire qui lors de manipulations peuvent provoquer des pannes, et *ce qui* génèrent de facto de nouveaux savoirs. Ils peuvent être aussi le produit de savoirs scientifiques, comme la physique, les mathématiques, la mécanique générale, la mécanique des fluides ou des solides déformables, la mécatronique, la météorologie, la navigation, ou la science de l'atmosphère. On peut pareillement imaginer que les pilotes stagiaires produisent eux aussi des savoirs par leurs retours d'expérience après la formation lorsqu'ils informent le constructeur d'éventuelles avaries constatées à l'utilisation. Citons, enfin, les institutions de réglementations aériennes qui instaurent les codes de sécurité aérienne et produisent aussi des savoirs.

Nous pouvons nous rendre aisément compte de l'ampleur des savoirs en jeu, de l'impossibilité de tous les enseigner, de la tâche complexe qui revient alors aux concepteurs des formations (dans leur rôle de didacticiens) de choisir quels sont les savoirs utiles pour tel public en formation et à quels niveaux de profondeur d'intelligibilité. Par exemple, lorsqu'on configure la formation d'un pilote, à quel niveau doit-on situer sa compréhension du fonctionnement de l'appareil qu'il pilote ?

Outre la question de l'identification du « savoir de ceux qui savent » et de celle du choix à opérer de savoirs utiles à être enseignés à tel ou tel public afin que ces savoirs contribuent à l'atteinte de l'enjeu didactique, la théorie de la transposition didactique s'intéresse ensuite à la manière dont les savoirs de référence seront sélectionnés pour être apprêtés afin de pouvoir être enseignés. Nous pouvons ainsi retracer différentes voies dans la circulation des savoirs : ceux identifiés comme savoirs à enseigner déterminés par toute institution chargée des programmes, des référentiels de compétences, des nomenclatures techniques, des règles de sécurité aérienne (AESA), et ceux aussi qui ont été enseignés par l'instructeur en charge de l'ingénierie pédagogique en salle de cours, en simulateur ou en vol ou en atelier, et enfin jusqu'au savoir réellement appris par les stagiaires à la sortie de la formation.

Ce qui intéresse la didactique professionnelle dans la théorie de la transposition didactique est premièrement de souligner les processus de transformation que le savoir subit du savoir savant au savoir à enseigner jusqu'au savoir effectivement enseigné. Deuxièmement, Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) s'intéressent à « l'extension de sens du mot "transposition", et d'un changement de sens par la même occasion : toute situation de référence, scientifique ou professionnelle, appelle des transformations lorsqu'on l'utilise comme situation d'enseignement et d'apprentissage : simplification, suppression de certaines variables, choix de cas prototypiques, etc. »

La transposition didactique entraîne également un découpage du savoir à enseigner en éléments constitutifs le rendant ainsi enseignable dans le temps (du point de vue du temps nécessaire) et dans l'espace (du point de vue du milieu nécessaire). Par exemple, tout système du pilotage d'hélicoptère peut être décomposé ou raffiné en

éléments constitutifs, ce qui peut même mener au développement que nous avons vu dans le deuxième chapitre d'outils de formation reproduisant partiellement les outils et fonctions de l'aéronef. Outre une localisation globale du nouvel appareil, chaque cours est découpé en chapitres relatifs à une partie de l'aéronef pour faciliter sa compréhension qui reste néanmoins complexe et intense.

Notons que le processus de transposition des savoirs est également expliqué par Chevallard à l'aide de la notion de rapport à construire entre l'apprenant et/ou l'institution et son objet d'apprentissage. Chevallard (1982, p. 12) l'appelle le travail externe, comme le genre professionnel, qu'il distingue du travail réalisé par l'enseignant, pour nous le formateur ou l'instructeur en séance de formation qui correspond, comme le dit Chevallard (1982, p. 12), au travail interne et qui lui est propre. Il essaiera alors de transformer le savoir « savant », le savoir de référence, ou plus exactement la situation de travail prise comme référence, en savoir à enseigner. Encore faudra-t-il vérifier, bien évidemment, si ce savoir est effectivement enseigné et si les apprenants l'ont bien appris. Il s'agira alors de passer d'une situation de référence à une situation d'abord d'enseignement que ce soit par simplification, par suppression de certaines variables, ou par choix de cas prototypiques (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, §150), puis à une situation d'apprentissage à valider.

Pour terminer, il est important de noter que les auteurs que nous suivons dans leur explication de l'émergence du courant en didactique s'intéressant à la didactique professionnelle identifient deux périodes de développement majeures à partir des théorisations de la transposition didactique en didactique des disciplines. La première période est marquée par une centration sur l'analyse du travail en vue de la formation (référentiel ou dispositif de formation). Ils avancent que « l'analyse du travail a aussi une autre fonction : elle est un instrument puissant pour les apprentissages. Car il ne nous avait pas échappé qu'on apprend aussi en travaillant : l'activité s'accompagne toujours d'apprentissage. » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, §129) C'est à partir de là que la didactique professionnelle est passée à une deuxième étape de son développement : « l'utilisation de situations de travail, réelles ou simulées, pour servir de supports à des apprentissages. »

Nous trouvons donc ici une référence importante pour notre recherche sur la simulation en formation du fait de la position centrale de la simulation dans notre recherche et à laquelle nous consacrons les deux sections qui suivent. Dans le cadre du développement théorique de la didactique professionnelle, il est cependant intéressant de s'attarder brièvement sur la manière dont Pastré, Mayen et Vergnaud commentent cette deuxième étape du développement de ce courant et la manière dont l'intérêt de la simulation en formation est apparu :

Ce tournant, qu'on peut qualifier de « didactique »⁴⁷, s'est fait à l'occasion d'un travail et

⁴⁷ Les auteurs ajoutent la précision suivante en note de bas de page : « "Didactique" au sens strict du terme, si on reprend la définition de G. Vergnaud : "La didactique est l'analyse des processus de transmission et d'acquisition des connaissances et des compétences, en vue de les améliorer" (1992). Lors de sa première étape d'analyse du travail, la didactique professionnelle n'était didactique qu'au sens large. »

d'une réflexion sur les simulations. On ne fera ici que résumer l'ensemble de la démarche (cf. Pastré, 2005). En réalité, les simulations ont été utilisées dans un premier temps pour recueillir des données plus fiables en vue de faire des analyses du travail dans des conditions où le recueil des données observables n'était pas facile. Beaucoup de situations de travail parmi les plus intéressantes sont tellement aléatoires et imprévisibles qu'il devient pratiquement impossible de les saisir par l'observation directe. Par contre, si une première analyse a permis de bien les identifier, il est quelquefois possible de les reproduire par simulation. On recueille ainsi des données factuelles qui, sous certaines conditions, vont servir de matériau à l'analyse du travail. Mais en élaborant ces simulations, on s'est aperçu qu'on avait aussi conçu un remarquable outil pour produire et analyser les apprentissages, notamment des apprentissages bien définis et provoqués. (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006, § 129)

Dans les travaux en didactique, il est question de tout type de simulation de situation professionnelle, qu'elle soit outillée par le numérique ou non. C'est la notion de « simulateur » qui ouvre la voie à l'introduction du recours au numérique, même si, nous le verrons ci-après, les simulateurs n'ont pas toujours été en format numérique. De même, soulignons déjà ici que la recherche sur la simulation en formation n'a pas attendu les travaux en didactique pour se développer, nous y revenons dans la section suivante. Il s'agit ensuite pour nous d'un choix dans la construction de l'analyse des recherches sur la simulation en formation, de poursuivre dans le prolongement des travaux émergeant de la recherche en didactique pour étudier les processus didactiques pouvant être engagés lorsque les situations sont simulées par des outils numériques.

4. La situation didactique dans la simulation

4.1. Les différentes approches

Pour comprendre les dimensions didactiques dans la situation de simulation, revenons au Trésor de la langue française informatisé (TLFi), l'encyclopédie de l'Univers économique et social, pour qui la simulation c'est : « La reproduction artificielle des conditions réelles d'un milieu, d'un phénomène ». La simulation est une reproduction, c'est-à-dire la production d'une copie ou de la représentation de quelque chose de manière plus ou moins fidèle au réel. Rogalski et Colin (2018) soulignent que cette notion de réel semble inexact, car « un simulateur est tout à fait réel », en ce sens les auteurs parlent plutôt de *terrain*.

La simulation peut également être définie, selon le TLFi, comme une « méthode technique permettant de produire de manière explicite (en général formalisée) un processus quelconque », par exemple la méthode des cas dans laquelle les étudiants s'immergent dans un jeu de simulation (Mucchielli, 2016). Toutefois, qu'elle soit une méthode ou une situation, la simulation en formation est la reproduction d'une situation de référence, d'une réalité, dans laquelle l'apprenant construit son expérience (Oget & Audran, 2016). Pour Gredler (2004), la simulation permet l'étude indirecte du comportement d'un phénomène existant ou non qui ne peut être compris que par le biais d'expérimentation sur une représentation artificielle de ce

phénomène. C'est-à-dire qu'une situation de simulation ne peut être réalisée qu'à partir d'une réalité opérationnelle ou d'une activité référencée :

Unlike games, simulations are evolving case studies of a particular social or physical reality. The goal, instead of winning, is to take a bona fide role, address the issues, threats, or problems arising in the simulation, and experience the effects of one's decisions (Gredler, 2004, p. 573)

Dans le domaine aéronautique, la simulation est inéluctablement assimilée au simulateur de vol partiel ou total. Le même dictionnaire en donne cette définition : « Installation servant à l'instruction au sol du personnel navigant et capable de reproduire les différentes conditions de vol ainsi que les organes de commande et de contrôle ». Même si la notion de reproduction est récurrente, il existe en revanche, dans cette définition, une dimension nouvelle qui apparaît : la notion d'instruction. Nous l'avons vu dans la première partie, le simulateur de vol en aéronautique est un objet de formation (*synthetic flight instruction*) ou d'entraînement (*recurrent training*) du personnel navigant, un dispositif expérimental ou un programme d'ordinateur qui permet de reproduire artificiellement les différentes conditions de vol ainsi que les organes de commande et de contrôle d'un aéronef dans le but d'instruire au sol un personnel navigant ou technicien en lui communiquant un ensemble de savoirs techniques. Outre la conception par les bureaux d'étude d'un aéronef, le simulateur de vol sert principalement au *training*. Il est un objet central de la formation en aéronautique.

Même si elle a pris sa source dans le domaine aéronautique et plus particulièrement dans celui de l'aéronautique militaire (Grau et al., 1998), la simulation en formation concerne, aujourd'hui, des domaines aussi divers que le domaine du nucléaire, de la navigation et du contrôle aérien, de la santé, ou de l'industrie de process (Theureau, 1997). Elle est mise en place à chaque fois que la construction d'un prototype d'étude s'avère trop coûteuse, ou que l'étude mathématique usuelle s'avère trop longue ou trop complexe, ou enfin lorsque les situations de références présentent un risque. D'après Pastré (2005), il existe deux approches différentes de la simulation. D'un côté, celle qui a pour objectif la conception de systèmes techniques, de produits, de machines, et d'outils, que Jouanneaux (2005) appelle les simulations-calculs. Cette approche concerne plus particulièrement l'étude de la connaissance, de l'action et de l'interaction en ergonomie (Béguin & Well-Fassina, 1997), et de l'autre, l'approche qui nous intéresse, celle qui s'adresse à la formation professionnelle. Pour la première, la finalité porte sur le développement des situations de travail, alors que la finalité de la seconde porte sur le développement des compétences (Béguin & Pastré, 2002). Jouanneaux (2005) distingue dans cette seconde catégorie la simulation à des fins didactiques dans un but de formation ou de perfectionnement à celle qui permet de s'entraîner, même si, comme nous l'avons dit, la formation et l'entraînement se traduisent de la même manière en anglais (*training*) et en allemand (*Ausbildung*). Dans ce cas, « on passe ainsi d'un objectif de *learning* à un objectif de *training* (ou *drill* dans le domaine militaire). » (Pastré, 2005, p. 13). Si ces distinctions nous incitent à identifier différents moments et

niveaux dans l'apprentissage, nous nous intéressons dans le cadre du contexte particulier de notre recherche, à l'apprentissage de manière générale, sachant que lors de l'apprentissage d'un nouveau type d'hélicoptère il peut être question de nouveaux outils et de tâches inédites pour tel ou tel pilote.

Il existe, pour Pastré (2005, p. 9), cinq utilisations de simulateurs en formation professionnelle. La première concerne les apprentissages à proprement parler. Il y a ceux qui permettent de « conceptualiser les situations (et donc) de savoir ce qu'il faut faire », et ceux dont « le but est d'apprendre à faire, ou d'apprendre à améliorer sa pratique, c'est-à-dire s'entraîner ». La deuxième distinction concerne les moyens. La simulation peut être effectuée à l'aide d'un simulateur ou sans simulateur pour élaborer des actions ou des entraînements. La troisième discerne « les apprentissages qui portent sur les habiletés [ou les] (*skills*), [...] les procédures (*rules*), [...] les connaissances (*knowledge*), [...] et] la coopération entre plusieurs acteurs » (*crew*). La communauté aéronautique utilise le terme de KSA (*Knowledge, Skill, Attitude*) pour désigner les compétences (Stevens & Campion, 1994). La notion de procédure est moins prise en compte, car tout est règlementé et les observations se focalisent plutôt vers les comportements (*behaviours*). La quatrième concerne la relation d'interactivité qu'il existe « entre l'acteur et la situation simulée ». En particulier sur les « simulateurs à pleine échelle qui fournissent un feedback très complet. » (Pastré, 2005, p. 10), mais qui en revanche selon Mellet d'Huart et Michel (2005, p. 341) cherchent à reproduire des éléments du réel sans penser à la transcription didactique. Enfin, Pastré constate que le rapport à l'espace passe de plus en plus, par la volonté de construire dans un mode virtuel « des conditions perceptives gestuelles de l'action », de ce qu'il appelle le passage d'un espace représenté à un espace habité (Pastré, 2005, p. 10). Ce qui, au regard de la didactique professionnelle, pourrait déboucher sur de nouvelles perspectives pour faciliter l'apprentissage par la construction de schèmes d'action dans un environnement simulé (Mellet d'Huart & Michel, 2005, p. 335).

L'ouvrage de Pastré : « *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* », de 2005, présente une sélection de travaux de recherche sur la simulation utilisée à des fins de formation professionnelle, avec ou sans simulateurs, dans les secteurs professionnels très diversifiés tels que la viticulture et différents secteurs de l'industrie (centrales nucléaires, électricité, aviation...). La littérature scientifique présente par ailleurs un nombre important de recherches sur la simulation en santé (Boet, Granry, & Savoldelli, 2013 ; Malet & Benchekroun, 2016) ; Simoneau, Paquette, Lawrence, & Ouellet, 2014).

En nous appuyant sur ces recherches, nous pouvons distinguer les simulateurs de résolution de problème qui représentent une très grande partie de la littérature et des pratiques professionnelles, au regard de leur faible coût, mais qui intéressent moins notre recherche, et les simulateurs à pleine échelle, *full-scale*, ou *haute-fidélité* (Thereau, 1997) ainsi que les simulateurs de type *part task*. Les deux derniers étant utilisés principalement dans l'industrie aéronautique, le nucléaire et la santé. À ce jour,

la recherche la plus aboutie en France en matière de simulation à pleine échelle est celle de Pastré, Plénacoste et Samurçay (1998) du côté des chercheurs et de Klein, Simoëns et Theurier du côté d'EDF (2005, pp. 208-220). Il s'agit d'une étude effectuée, entre 1995 et 2002, auprès d'agents de conduite des centrales nucléaires d'EDF, en formation et en perfectionnement. Dans le chapitre 9 de l'ouvrage, Klein, Simoëns et Theurier (2005) témoignent de leur pratique et des évolutions pédagogiques constatées. Dans le chapitre 11, Pastré (2005, pp. 242-265) analyse l'apprentissage des jeunes ingénieurs dans la conduite des centrales nucléaires équipés d'outils de simulation. Ce qui nous intéresse particulièrement dans cette étude est la mise en place et le rôle de l'analyse réflexive des participants en confrontant leur activité. La méthodologie de recherche utilisée combinait des observations de l'activité et des entretiens d'autoconfrontation. Il ne s'agissait pas d'une étude expérimentale en comparant deux groupes sur une même tâche, mais plutôt d'une étude clinique en distinguant deux situations différentes, une à partir d'apprentissages simples, et l'autre à partir de situations complexes et à risques. Suite à ces expérimentations et pour cette dernière, Pastré (2005, p. 262) avance trois constats. Le premier vient du fait que les situations simulées sont souvent irréalistes dans leur scénario. Ce constat est confirmé par Amalberti qui rajoute, que selon lui, les scénarios sont souvent trop catastrophiques (Amalberti, 2013). Le deuxième est que « l'apprentissage porte, non sur la structure conceptuelle, mais sur l'intrigue (...) ». Le troisième est que l'attendu des opérateurs, au-delà d'être de leur performance dans l'action, est d'être cohérent et constructif dans l'argumentation de la compréhension, par exemple, d'une panne.

La complexité du jeu des savoirs est parfaitement illustrée dans la formation par simulation dont l'enjeu est de reproduire la situation professionnelle et d'encourager la construction de l'expérience professionnelle par le stagiaire dans un milieu contrôlé et sécurisé.

L'exploitation didactique des situations de simulation concerne, de ce fait, plusieurs éléments en interaction. Il y a les objectifs d'utilisation des simulateurs (conception ou apprentissage), les variables entre situations de simulation et situations réelles (p. ex. gestion du stress ou résolution de problèmes), et l'activité de l'instructeur dans la conduite et la régulation de situations (Samurçay & Rogalski, 1998). Du point de vue didactique, on a affaire aussi bien aux composantes techniques et matérielles qui doivent se référer au domaine d'activité et à la situation de référence qu'aux composantes qui s'appuient sur un référentiel de compétences, ainsi que sur des modalités et médiations de sa construction (Samurçay, 2005). Ces médiations se distinguent en deux temps : le premier est la transposition de la situation de référence et le second est la gestion des situations simulées (Becerril Ortega et al., 2009, p. 31). Le simulateur ne doit pas être considéré comme un simple instrument, mais doit être complété par un ensemble de scénarios afin d'obtenir des situations simulées. (Béguin & Pastré, 2002). Il faut ici souligner toute la difficulté dans la réalisation de la transposition didactique nécessaire à conception de situations simulées d'identifier la transposition du savoir de référence adéquate, est-il à compléter en fonction des

situations ou la transposition devrait-elle former une synergie pour être entièrement intégrée au processus d'apprentissage (Lépinard, 2014) ? Lorsqu'il s'agit de simulation à pleine échelle, la situation de référence se trouve être copiée jusqu'à son environnement. Mais on cherche avant tout à obtenir, selon Lépinard (2014) une fidélité conceptuelle en reproduisant un problème, une tâche et non pas le réel dans toute sa complexité.

Notons dans la littérature scientifique et au sein de la communauté aéronautique que le déroulement d'une séance de simulation est le plus souvent décrit comme s'effectuant en trois temps : le briefing, le débriefing en passant par la simulation elle-même. La plupart des auteurs s'accordent à dire que la simulation s'effectue en trois phases : les consignes générales ou la réunion préparatoire (Briefing), qui est très souvent organisée comme un cours magistral (Malet, et Benckekroun, 2016, p. 5), l'action ou l'activité ou la simulation proprement dite, et le débriefing (Pastré, 2005. 33)

4.2. Le briefing : le temps de la construction et des consignes

Le briefing est l'occasion pour l'instructeur, l'opérateur ou le formateur de définir les connaissances opérationnelles utiles lors de la séance en simulateur (Samurçay & Rogalski, 1998). Le discours préalable à l'action permet selon Vidal-Gomel, Fauquet-Alekhine, & Guibert (2011) d'une part de faire un bilan plus constructif en fin de séance, et d'autre part de contribuer au rapprochement des compromis et des médiations que chaque acteur est amené à faire en situation, en fonction des différents types de contraintes auxquelles ils doivent faire face. Elle permet dans le cadre de la formation des pilotes en équipage de favoriser l'apprentissage organisationnel (Barbaroux & Godé, 2016) réalisé de manière sociale à travers diverses interactions et donc d'améliorer l'efficacité de son action collective.

4.3. La simulation : le temps de l'action

La deuxième étape d'une séance de simulation concerne « l'activité simulée » : les stagiaires vont interagir avec un simulateur dans des conditions définies comme « proches de la réalité » (Bordat-Teeuwen & Serres, 2021). Leurs actions sont observées par d'autres stagiaires et par le formateur, qui peut être amené à intervenir en situation et doit pouvoir gérer « des environnements dynamiques ouverts » (Rogalski, 2009, p. 313). Le contrôle pédagogique de ces environnements peut alors permettre de personnaliser et d'adapter les contenus à chaque apprenant. Cependant, il est difficile pour les concepteurs d'environnements virtuels d'imaginer, de concevoir et décrire toutes les séquences d'actions et d'évènements menant aux situations d'intérêt tout en autorisant une grande liberté d'action pour les apprenants (Carpentier, 2015). C'est un moment qui autorise que des erreurs se produisent, mais durant lequel le formateur doit gérer à la fois le sentiment de sécurité émotionnelle et

la crainte de faire une erreur, avec les conséquences qu'elles pourraient avoir « dans la vraie vie » (Bordat-Teeuwen & Serres, 2021).

Comme le note Audran (2016, §8) :

La simulation est un moment particulier dont il faudra tirer parti durant d'autres phases de la formation. Même si la simulation doit de manière instrumentale s'approcher du « réel », on note que le moment de simulation, pour qu'il soit véritablement formatif, doit d'une part entretenir un rapport étroit avec les buts poursuivis et d'autre part ne doit pas déborder de l'espace et du temps assignés afin de laisser des temps de préparation, d'exploitation et de prise de distance.

Mais ce découpage du dispositif de simulation semble aujourd'hui suranné, car il ne prendrait pas en compte les interrelations entre ces trois temps (Lépinard, 2014).

4.4. Le *débriefing* : le temps de la méta-analyse et de l'autoconfrontation

Si les deux premières phases sont nécessaires soit dans le processus d'apprentissage, soit dans la mise en place du dispositif pédagogique, la pratique de cette dernière phase que constitue le *débriefing* devient de plus en plus systématique et fondamentale. Elle est aujourd'hui considérée comme constituant la phase la plus importante des formations par simulation (Horcik, 2014, 78 ; Pastré, 2005) pour autant parfois négligées. Des études montrent également que les scénarios simulés qui sont suivis d'un *débriefing* bien organisé et pensé donnent de meilleurs résultats après les formations que ceux qui n'en ont pas (Savoldelli, et al., 2006, cité dans Horcik, 2014, p. 78). Le principe sous-jacent est qu'« on apprend davantage en analysant son action qu'en la reproduisant » (Pastré, 2005., p. 33). Une reconstruction cognitive est alors opérée au cours du *débriefing* par les participants, à travers l'analyse de leurs propres réussites ou de leurs erreurs. Sa conception s'appuie notamment sur les travaux de Kolbe qui travaillant sur la simulation dans le champ de la santé et l'importance des apprentissages en équipe (1984 ; Kolbe, et al., 2015) note que l'apprentissage s'effectuerait principalement par l'expérience et par un acte réflexif suivant un cycle comprenant quatre phases : l'expérimentation concrète, l'observation réfléchie, la conceptualisation et l'émission d'hypothèses, et ainsi de suite.

Behaviour change is more likely to occur sustainably via double loop (i.e. correcting errors by altering the underlying values and then the actions) than single-loop learning (i.e. correcting errors without changing underlying values) [...]. Adult learners benefit from experiential learning in which concrete experiences (e.g. participating in a simulated case) are the basis for observations and reflections that are consolidated into abstract concepts (e.g. during debriefings) that can be actively tested in a subsequent experience (e.g. participating in another simulated case) [...]. Ideally, debriefings allow for developing strategies that can be applied in future performance episodes [...]. This makes them a core element of team learning and simulation-based training. (Kolbe, Grande, Spahn, 2015, p. 88)

On note dans cette citation la place centrale de l'expérience à laquelle la littérature scientifique anglo-saxonne sur la formation par simulation accorde une place importante comme fondement théorique à la compréhension des apprentissages. C'est la raison pour laquelle on trouve dans les recherches sur la simulation, des références fréquentes aux théoriciens de l'expérience tels que Dewey et Kolbe, mais aussi aux théories insistant sur la réflexion dans pratique professionnelle (Schön), ou encore les théories constructivistes de l'apprentissage (notamment Brunner) et les apprentissages situés (Lave & Wenger) :

Although there are many theoretical perspectives of learning, including behaviorist, cognitivist, and developmental, this article will highlight the learning theories of Dewey and Kolb's experiential learning, Schon's reflective practice theory, Bruner's constructivist theory, and Lave and Wenger's situated learning theory, which all intersect and overlap with each other, and their relationship to simulation. (Pasquale, 2015, p. 6)

L'ensemble de ces courants théoriques sont cités comme agissant en interaction et caractérisant l'approche en sciences de l'éducation, dont le rôle est mis en avant comme un cadre de référence essentiel à développer auprès des praticiens (dans la citation qui suit, il s'agit du contexte de la médecine) :

With the advanced use of simulation in health care, it becomes progressively important that clinicians have basic knowledge about educational science and its applications to teaching and learning with simulation. The importance of establishing competence in essential practice-based skills and procedures underscores the rationale for educational science to work in tandem with simulation. The integration of the two will provide a learning environment that best addresses and facilitates achievement of essential patient care outcomes. Although teaching and learning is central to the use of simulation, the focus is all too often on the technology or equipment without adequate preparation for the teaching or adequate reflection about the learning. Simulation provides a tool for teaching, but it is how the information regarding the use of the tool is presented, how it is taught, that should lead in an educational experience. When used effectively, simulation provides an environment for experiential learning toward enhancing the learner's critical thinking, problem solving, and decision-making skills. (pp. 5-6)

Cet auteur souligne aussi l'importance du développement de compétences de pensée critique comme élément clé de la phase de débriefing : « *As such, the development of critical reflection skills, key in the debriefing phase of simulation, is essential to effectiveness in clinical health care.* » (p. 7) Partant de là il est attendu de ce travail en formation, une appropriation plus générale dans l'activité professionnelle : « *As learners increasingly internalize this process of reflection on action, which takes place in simulation debriefings, it is expected that it will be supplemented by "reflection in action" [...], which occurs immediately, while the learning event is occurring.* » (p. 7)

Comme pour toute méthode active en éducation et particulièrement par l'analyse d'activité précédemment évoquée, le débriefing s'appuie sur un processus réflexif qui vient alimenter la conceptualisation de l'action (Horcik, 2014). « Sans débriefing, les sessions de formation par simulation se limiteraient alors à un simple exercice pratique (les scénarios simulés), où les possibilités d'apprentissage seraient réduites ou difficilement contrôlables par les formateurs. » (Horcik, 2014, p. 78)

Le *débriefing* donne l'occasion de faire émerger la pensée critique, pour laquelle des méthodes sont identifiées en vue de la formation. À ce sujet, citons encore Pastré (2005, p. 33) pour identifier différents types de méthodes, telles que les entretiens d'autoconfrontation individuels ou collectifs.

Cet auteur insiste également sur le caractère essentiel du *débriefing* pour l'apprentissage en simulation, très utilisé dans les recherches en didactique professionnelle. Il en donne trois raisons principales : premièrement, l'activité simulée met l'accent sur le pôle productif de l'activité et ceci particulièrement quand le scénario présente des problèmes typiques, et ne laisse que peu de temps au participant pour émettre un pronostic sur la situation en cours. Le *débriefing* permet alors de jouer sur l'aspect temporel et met l'accent sur le pôle constructif de l'activité. Deuxièmement, le *débriefing* opère également comme reconstruction de l'activité, les participants visionnent introspectivement ou par la voie de traces vidéo, audio ou symboliques et se remémorent leur action à la lumière de l'action complète qu'ils ont effectuée et en connaissant par avance son dénouement. Ceci a alors pour effet de mettre en relation les actions effectuées et leur résultat à plus ou moins long terme et de favoriser ainsi la compréhension de l'action. La troisième raison concerne la capacité de généralisation des situations singulières, qui est liée à la mise en intrigue (Pastré, 2005. 33-35). En recherchant des enchainements de causes à effets, le participant construit alors un champ conceptuel qui lui permettra dans un second temps d'identifier des classes de situations et de développer une reconnaissance des problèmes spécifiques.

Il faut expliquer et comprendre, mais pour cela, il faut distinguer ce qui relève de la situation de référence d'une part et, ce qui relève du récit, du singulier et du sens d'autre part. « Or, dans ce double étayage, l'enregistrement des traces de l'activité et des paramètres de la situation apparaît (alors) stratégique. C'est en effet à partir des traces objectives dont ils peuvent disposer que s'effectue la généralisation. » (Béguin & Pastré, 2002). Et l'expérience explicitée sous forme de traces numériques jouera alors le rôle de miroir pour le sujet (Ollagnier-Beldame & Hulin, 2012). Ce n'est qu'après coup, et à partir d'enregistrement vidéo de leurs actions ou de traces de l'évolution du processus qu'ils peuvent découvrir la logique qui explique l'enchainement des faits, car pour Pastré et Béguin (2002), les sujets sont souvent le jouet des événements dans le feu de l'action. L'analyse après l'action encourage alors un retour réflexif sur sa propre activité à partir de l'enregistrement de traces observables de l'activité et de la situation. Notons que Kolbe, Grande et Spahn (2015) soulignent le dilemme qui existe entre la visée collective des apprentissages lors des *débriefings*.

En conclusion, notons que ces différentes recherches analysent les discours de l'activité en mettant en place des dispositifs majoritairement basés sur le discours à postériori, par l'usage du retour dit *réflexif*. La recherche dans le champ des sciences de l'éducation et de la psychologie ne fait cependant que peu état de l'analyse du

discours des apprenants dans le vif de l'activité d'apprentissage et d'entraînement, et encore moins en situation de simulation. Il serait également intéressant que le sujet puisse analyser ses commentaires au moment de l'action. Car si pour Ricœur (1986), il faut expliquer plus pour comprendre mieux, l'explication dans l'action permet de prendre conscience des stratégies de conceptualisation que l'on met en place. Et même si toujours selon Ricœur (1986), le temps n'est pas soluble dans le concept, c'est-à-dire qu'il reste toujours quelque chose qui résiste, l'explicitation dans l'action pourrait alors être comparée à celle que l'on a vécue. Mais au-delà de l'analyse du discours, c'est l'analyse de l'apprentissage qu'il convient d'étudier, ce que nous proposons de faire à partir de l'analyse didactique de l'activité de la situation numérisée.

Chapitre 4. L'approche anthropologique du didactique comme cadre théorique de référence

L'anthropologie est une discipline dont le but premier, sinon le seul, est d'analyser et d'interpréter les différences.

Anthropologie structurale (1963) de Claude Lévi-Strauss

1. Introduction

Depuis notre introduction générale, nous avons précisé que le cadre théorique de référence de notre recherche s'inscrit en didactique et plus particulièrement dans l'approche anthropologique du didactique. Elle a tout d'abord constitué un cadre pour guider le travail exploratoire de la recherche dans ses dimensions d'enquête documentaire pour rendre intelligible le contexte complexe de la formation aux qualifications de type d'hélicoptère spécifique destinée aux pilotes ayant au moins déjà leur licence de pilote d'hélicoptère obtenue en formation initiale et aux techniciens qui doivent travailler sur la maintenance d'un modèle d'hélicoptère. La définition de la didactique comme science des conditions et contraintes qui pèsent sur la diffusion des savoirs dans la société, les notions d'écologie et d'économie du didactique, associée à l'outil théorique de l'échelle de niveaux de codétermination didactique a ainsi servi d'abord de trame à la structuration des données issues de la phase d'enquête documentaire. Mais ces outils théoriques ont aussi eu pour objectif d'orienter l'enquête en maintenant une vigilance quant à la multiplicité d'éléments potentiellement à repérer pouvant déterminer les conditions de réalisation et les contraintes pesant sur la formation particulière à l'étude. Ce cadre a déjà eu pour fonction de choisir des frontières au-delà desquelles l'enquête menée n'irait pas, comme l'étude approfondie de la formation initiale des pilotes organisée de par le monde et le parcours particulier de chaque pilote et technicien à sa suite sur le terrain opérationnel.

Ces premiers outils théoriques de la TAD ont également guidé la revue de la littérature scientifique pour situer, parmi les différentes approches scientifiques étudiant la formation des instructeurs en aéronautique, en priorité les recherches s'inscrivant en sciences de l'éducation et de la formation, et en particulier, celles

proposant des analyses dans le champ de la didactique. Ces choix n'ont pas empêché de s'intéresser aux travaux en psychologie et en ergonomie du fait que ces cadres se sont souvent révélés profondément liés aux phénomènes qui intéressent l'approche anthropologique du didactique.

Le cadre théorique de la TAD a donc eu une première fonction de délimitation de la portée de la recherche, tout en s'intéressant à d'autres chemins que l'enquête aurait pu engager, dans l'esprit même de questionnement du monde qui est au cœur de l'enquête didactique et praxéologique, caractéristiques de la TAD. « Le cadre théorique oriente de manière déterminante la façon dont un phénomène est abordé et dont un objet de recherche est délimité » (Albero & Paivandi, p. 360). La fonction recherchée n'est cependant pas celle d'un cadre théorique dans une démarche déductive dont l'objectif se limiterait à une réplique du cadre et la vérification d'hypothèses exclusivement construites à priori. La démarche qui s'appuie sur l'approche didactique comporte également des dimensions heuristiques, exploratoires et compréhensives, appelant, nous le verrons dans la partie 3, des méthodes de recherche mixtes, s'ajustant au fur et à mesure de l'avancement des enquêtes menées dans la construction d'un objet de recherche au mieux adapté aux questionnements issus du terrain. C'est certainement la position particulière du chercheur dans le cadre d'une convention de recherche de type CIFRE, en permanence aux prises avec les attentes du terrain, en interaction quotidienne avec ses acteurs, qui appellent cette ouverture théorique et cette nécessité d'adaptations du cadre théorique et des actions de terrain. Au regard toutefois du contexte fortement réglementé du secteur de l'aéronautique et du temps imparti à la réalisation d'une thèse, la marge de manœuvre est limitée. « L'intérêt de [cette démarche ouverte] est d'installer le chercheur dans un processus de découverte, en coopération avec les acteurs du terrain exploré, ouvrant ainsi la possibilité d'élaborer des connaissances nouvelles à propos de phénomènes peu ou mal connus » (Albero & Paivandi, p. 375). C'est la raison pour laquelle le cadre théorique est resté centré sur l'approche didactique, en TAD pour guider les questionnements et la construction des dispositifs de recherche ; en didactique professionnelle pour contribuer à discuter les résultats obtenus.

Dans le prolongement des définitions et théorisations déjà présentées dans l'introduction générale – sur lesquelles nous ne reviendrons que succinctement ici –, nous présentons dans ce chapitre quelques approfondissements de l'approche anthropologique du didactique avec un choix de concepts centraux dans les théorisations développées en TAD que nous avons considérées comme pertinentes au regard des problématiques étudiées. Nous les présenterons en suivant, dans les grandes lignes, le développement de la TAD telle qu'elle est présentée par Chevallard dans différents de ces écrits (Chevallard, 2007 ; Chevallard, 2011).

2. Origines de l'approche en didactique et théorisations fondamentales

C'est avec la théorie de la transposition didactique que l'intérêt pour la recherche en didactique s'est développé en sciences de l'éducation et de la formation pour un grand nombre de recherches disciplinaires, d'abord avant tout, scolaires. Cette théorie a été construite par Yves Chevallard dans le champ de l'enseignement des mathématiques pour comprendre les transformations que subissent les savoirs développés dans certaines institutions de la société afin qu'ils puissent être enseignés dans d'autres institutions, et, plus largement, tous les phénomènes de diffusion des savoirs dans la société. L'idée de nommer « transposition didactique » les phénomènes de transformation des savoirs lors de leur diffusion d'une institution à l'autre pour y être enseigné est venue à Chevallard lorsqu'il entendait l'expression employée par le sociologue Verret⁴⁸ dans sa thèse doctorale publiée en 1975 (intitulée « *Le temps des études* »)⁴⁹. La recherche nécessite des termes et des expressions pour définir les phénomènes qu'elle étudie, l'expression « transposition didactique » fera couler beaucoup d'encre à son sujet, tant les phénomènes, que Chevallard cherchait à désigner en l'employant, interpelaient les acteurs de l'éducation et de la formation dans une diversité de champs disciplinaires, y compris dans et pour la formation professionnelle comme nous l'avons étudié plus haut, notamment dans le chapitre trois.

Nous ne revenons pas ici sur l'analyse fine des processus de transposition didactique que la théorie de la transposition didactique analyse, pour nous appuyer sur la synthèse et les commentaires que Chevallard en donne en 1982 dans *Pourquoi la transposition didactique ?* Chevallard questionne le savoir, le « savoir savant », le savoir de ceux qui savent (les mathématiques des mathématiciens par exemple) et le « savoir enseigné ». Les savoirs eux-mêmes et les rapports que les personnes et les institutions entretiennent avec eux posent de multiples questions, « or ces minces questions touchent un point fort sensible : genèses, filiations, légitimités, tout cela est pêle-mêle jeté au débat » (Chevallard, 1982, p. 3). C'est le rôle du didacticien de les poser.

Le concept de transposition didactique, par cela seulement qu'il renvoie au passage du savoir savant au savoir enseigné, donc à l'éventuelle et à l'obligatoire distance qui les sépare, témoigne de ce questionnement nécessaire, en même temps qu'il en est l'outil premier. Pour le didacticien, c'est un outil qui permet de prendre du recul, d'interroger les évidences, d'éroder les idées simples, de se déprendre de la familiarité trompeuse de son objet d'étude, bref, d'exercer sa vigilance épistémologique. (p. 3)

⁴⁸ Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion

⁴⁹ Chevallard décrit cette référence dans une intervention dans le cadre d'un Colloquium organisé en 2011 par l'Association pour la recherche en didactique des mathématiques (ARDM) et la (Commission française pour l'enseignement des mathématiques CFEM).

Partant de là le savoir (qu'il soit savant ou à enseigner, ou le savoir réellement appris) devient problématique et c'est bien l'un des apports majeurs de cette théorie qui a gagné aujourd'hui une généricité importante à travers un grand nombre de travaux en éducation et en formation dans une diversité de disciplines et, nous l'avons vu plus haut, de champs professionnels. La question posée alors est de comprendre comment avancer notre compréhension du fonctionnement des situations de formation et d'apprentissage (des systèmes didactiques) à partir de l'idée que l'enseignement de tel élément de savoir est seulement possible, cet élément devra avoir subi certaines déformations, qui le rendront apte à être enseigné. Le savoir-tel-qu'il-est-enseigné, le savoir enseigné, est nécessairement autre que le savoir-initialement-désigné-comme-devant-être-enseigné, le savoir à enseigner. (p. 3)

Chevallard met en lumière qu'il existe comme une fiction de croire en une conformité parfaite entre ces différents états du savoir, conformité pourtant nécessaire afin que l'enseignement puisse être perçu comme légitime.

Car, dans le même temps, pour que l'enseignement donné apparaisse légitime, il lui faut affirmer hautement son adéquation avec le projet qui le justifie, et qu'il explicite. Le savoir enseigné doit apparaître conforme au savoir à enseigner. Ou plutôt; la question de son adéquation ne doit pas être posée. (pp. 3 -4)

En effet, si la question de son adéquation était soulevée, cela voudrait dire qu'on la met en question. Comment s'assurer alors de cette adéquation du savoir enseigné au savoir savant? La question est bien sûr technique, et sa complexité varie selon la nature du savoir savant en jeu dans telle ou telle formation. Il y a différentes manières de l'aborder. Du point de vue de l'enseignant dans le système scolaire général, Chevallard identifie une certaine autonomie du système didactique, au sein de laquelle l'enseignant prépare son cours sans plus véritablement se soucier d'un texte du savoir qui serait sa référence, mais dont lui-même ignore beaucoup. Cela ne pourrait pas se passer ainsi dans une situation de formation professionnelle où la distance avec la référence est beaucoup plus réduite et souvent exigeante pour des raisons de conformité, de sécurité ou d'uniformisation pour la diffusion à l'international par exemple, comme c'est le cas dans les formations en aéronautique. Là où dans le système scolaire il peut être question d'un travail de transposition didactique interne au système didactique, ce travail est bien plus réduit dans les types de formations professionnelles qui nous intéressent, où les formateurs ont une marge de manœuvre pour personnaliser la transposition du savoir bien plus réduite et ce d'autant plus lorsque ces systèmes doivent fonctionner dans le cadre de dispositifs de simulation de la réalité professionnelle. Car employée dans la formation professionnelle – celle de pilotes ou des techniciens d'hélicoptères par exemple – le cadre change. Le savoir savant des pilotes ou des techniciens quel est-il? Ce sont pour les pilotes, les capacités à piloter, à respecter les procédures, à analyser de la meilleure des façons les situations imprévues, et pour les techniciens, les capacités à maintenir un appareil dans un cadre réglementaire bien défini, qui constituent ce savoir. En d'autres termes le savoir de ceux qui savent piloter en toutes circonstances ou maintenir un aéronef afin d'assurer sa sécurité en vol, à l'instar des exemples donnés par Chevallard (2011, p. 11) : « Picasso (Pablo) était un savant en matière de peinture, Flaubert (Gustave) en matière d'écriture romanesque, Noureev (Rudolf) en matière de danse,

Prost (Alain) en matière de courses automobiles et Albaladejo (Pierre) en matière de drop (au rugby) ». Il est évident que dans ces cas il est difficile de repérer le « savoir » si l'on en garde une acceptation trop restreinte. En effet, comme l'argumente encore Chevallard (p. 12) en expliquant la difficulté que les chercheurs avaient quant à la réception de la théorie de la transposition didactique, que dire du savoir savant pour « le coureur cycliste qui franchit en vainqueur un col le fait-il grâce à un savoir supérieur ou à une bonne paire de jambes ? » Il en conclut :

Il résulte de tout cela que, plus de trente ans après le cours de Chamrousse⁵⁰, le concept de savoir savant n'est toujours pas reçu dans son exacte signification. Tout cela fait que n'est toujours pas compris un point fondamental de la théorie de la transposition didactique : lorsque le plus haut savoir supposé en un domaine d'activité donné au sein d'une société donnée n'y est pas regardé comme « savant », alors l'enseignement de ce « savoir à enseigner » ne saurait s'autoriser pleinement de ce plus haut savoir et doit rechercher le parrainage d'autres « autorités », par exemple du métier lui-même (et non pas du savoir qui le fait tenir), ce qui oblige à des contorsions coûteuses et souvent contreproductives. (p. 12)

Il en ressort la nécessité, au sein de collectifs professionnels, de construire une culture commune, dont les contours dans l'approche anthropologique sont larges et doivent amener la recherche en didactique à questionner les habitudes, les allants de soi, des personnes chargées de l'enseignement des pratiques à l'étude.

Dans l'approche anthropologique du didactique, il convient de prendre en compte des faits de niveaux très différents : faits de civilisation, de société, d'école, de pédagogie ; et, s'agissant des personnes elles-mêmes, des faits psychologiques (au sens large du terme). Dans chaque cas, les « sciences » qui ont le monopole de tels faits peuvent être utiles au didacticien et il convient donc de les consulter, même si la chose se révèle souvent décevante, car, du fait de ses propres travaux, la question que le didacticien est conduit à leur poser n'a guère de chances d'y avoir été posée et d'y avoir reçu réponse. (p. 14)

Cette citation confirme encore l'interdisciplinarité de l'approche en TAD, son ouverture à d'autres disciplines pouvant contribuer à la compréhension des phénomènes étudiés. Ces explicitations que Chevallard a données au sujet de la manière dont il conçoit la théorisation de la transposition didactique mettent en lumière l'évolution de son travail de chercheur et de ses propositions de conceptualisations.

Cette approche anthropologique se confirme dès les années 1980, et l'expression même de *théorie anthropologique du didactique* a été dévoilée pour la première lors du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique au CIRM de Marseille, le 16-21 novembre 1986 durant lequel Yves Chevallard (1988) esquisse, selon ses termes, une théorie formelle du didactique, au masculin. Dans cette publication le chercheur dévoile les premières traces de la notion d'anthropologie des savoirs. Les savoirs sont reliés à une réalité, et cette réalité est

⁵⁰ Chamrousse était le lieu de la première école d'été de l'IREM d'Aix-Marseille, organisée par Yves Chevallard du 7 au 13 juillet 1980 et au cours de laquelle il a fait une première présentation détaillée de la théorie de la transposition didactique, qui donnera lieu à la publication de l'ouvrage dans les éditions La pensée sauvage.

toujours institutionnalisée avec un « style ou régime épistémologique ». Dès lors, cette théorie proposée par Chevallard présente la didactique comme une science et développe la TAD comme le cadre de l'étude de la science didactique : « une théorie du didactique, c'est donc un ensemble de connaissances constituant un outillage permettant d'observer, d'analyser, d'évaluer, voire de développer le didactique, en quelque institution et à propos de quelque enjeu que ce soit » (Chevallard, 2011a, p. 8).

À ce stade de la présentation et de l'analyse de la portée de la didactique comme cadre théorique, nous suivrons l'évolution des travaux de Chevallard à partir de la théorie de la transposition didactique, que l'on pourrait qualifier de fondatrice, vers l'émergence d'une théorie anthropologique du didactique (TAD). Cette évolution témoigne d'un enrichissement important des outils théoriques pour accompagner le chercheur dans sa quête d'intelligibilité des phénomènes au cœur de ses recherches en didactique.

3. La théorie du rapport au savoir dans l'approche didactique

La théorie du rapport au savoir a été travaillée de manière soutenue par des chercheurs durant les années 1980 en France, à partir de différents courants disciplinaires en sciences humaines et sociales. C'est Jacky Beillerot qui écrit une thèse en 1987 intitulée *Savoirs et rapport au savoir : disposition intime et grammaire sociale*. Il étudie une double inscription des rapports aux savoirs : sociale et psychique, et situe l'origine de l'expression dans les années soixante, dans les champs de la psychanalyse, de la sociologie critique et de la formation d'adultes (Beillerot, 1989). L'approche didactique proposée par Chevallard (2003) de cette conceptualisation éclaire le rapport personnel au savoir avec des rapports institutionnels dans lesquels ils sont nécessairement élaborés. En effet, voyons comment Chevallard analyse la connaissance humaine et la manière dont il comprend le savoir en suivant pour cela le commentaire qu'il en fait lui-même en 2011 (pp. 15-16). Il note pour commencer qu'il se détache de l'idée constructiviste selon laquelle il était considéré que l'élève « construit son savoir » :

Ce slogan me parut contestable à plusieurs égards. Tout d'abord, je rejetais des expressions comme « le savoir *de* l'élève », le « savoir *du* professeur », etc. J'avais parlé de savoir à enseigner, de savoir savant, non du savoir de telle institution ou de telle personne. Le savoir transposé *en une institution* (...) est une réalité associée à l'institution, dont celle-ci nourrit son action. On peut certes vouloir décrire cette réalité ; mais on ne l'observe qu'à travers les *rapports* qu'ont avec elle les différents types de sujets de l'institution. (p. 15)

L'idée de rapport au savoir dépend pour Chevallard en plus de la *position* que les personnes occupent au sein des institutions, ce qui souligne une diversité de rapports importante, et l'impossibilité de tout observer : « Encore ces rapports ne peuvent-ils

être observés qu'incomplètement à partir d'une *position* donnée dans l'institution ou dans ses entours, chaque position découpant dans le rapport observé une part "publique" (visible) et une part "privée" (invisible).» (p. 15). Il en ressort une précision essentielle :

Un individu n'a pas « un savoir » comme il a un bras ou une jambe, mais un rapport à un savoir supposé. Plus largement, étant donné un objet *o*, un individu *x* a un rapport *personnel* à cet objet [...]. Ce rapport avait quelque chose du rapport « idéal » à l'objet *o* que sont censés avoir, dans l'institution *I*, les sujets de cette institution *I* qui viennent y occuper la position *p* : le rapport institutionnel à *o* pour les sujets en position *p* dans *I* [...]. (p. 15)

Ceci veut dire que lorsqu'un objet *o* doit être enseigné (n'importe quel contenu de cours), il existe à un moment donné un rapport institutionnel à cet objet, d'une part pour la position du stagiaire (de l'élève, de l'étudiant...) qui doit apprendre l'objet *o*, d'autre part pour la position du formateur (l'enseignant, le professeur...), qui doit enseigner l'objet *o*. Dans la position du stagiaire l'objet *o* et un objet à *apprendre* et dans le cas du formateur il s'agit d'un objet à *enseigner*. Ainsi pour Chevallard : « si l'intersection des rapports [...] n'est certes pas vide, on ne saurait avancer que le second inclut le premier, que [...] [le rapport du formateur] est "plus riche" que [...] [le rapport du stagiaire] à tous égards. » (p. 15)

Pour Chevallard il ne s'agit donc pas de dire que « l'élève construit son savoir », mais de préférer parler en termes de « l'élève construit son *rapport* au savoir ». Mais il va plus loin en suggérant : « [que] l'élève ne construit pas son rapport au savoir, ce rapport *se construit* et l'élève peut *contribuer* à cette construction, qu'il ne maîtrise pas complètement. » Il précise ici que la notion de « savoir » doit être entendu dans un sens très large « pour moi, "le savoir" était un objet *o* parmi d'autres » ce qui le permet de parler de « rapports personnels » ou de « rapports institutionnels » à l'objet. Il en découle qu'à tel « savoir » déterminé (à tout objet possible), existaient *de même* des rapports personnels et des rapports institutionnels (Chevallard, pp. 15-16).

Parler en termes de « le savoir se construit » souligne l'importance des conditions et contraintes sous lesquelles les systèmes didactiques fonctionnent et au sein desquelles les objets (les savoirs) doivent être enseignés et appris. Cela inclut les apprentissages qui se font par l'expérience sans qu'il y ait forcément l'organisation d'un système didactique. Une notion essentielle en TAD est ici celle de *personne x*, qui est formée d'un individu et du système de ses rapports personnels aux objets à *un moment, à un lieu, à une position, donné*. Cette relation, et précisément le système des rapports personnels de *x*, vit et évolue dans le temps. Certains objets du point de vue de l'individu changent, disparaissent ou au contraire apparaissent, de manière prégnante ou non. Mais l'individu, en cette qualité, ne change pas. C'est la personne qui change progressivement de position ou de nature. La notion d'institution reçoit donc également un sens particulier en TAD, qui parle d'institution dans le sens de ce qui ne s'est pas établi naturellement, mais a été institué par les hommes. Chevallard en donne la définition qui suit :

Une institution I est un dispositif social « total », qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des « micro-institutions »), mais qui permet — et impose — à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans I , la mise en jeu de manières de faire et de penser propres. (2003, p. 2).

Ainsi, un centre de formation est une institution au même titre qu'une Autorité aéronautique, une entreprise, etc., dans lesquelles se situent des personnes avec des *positions p* (comme les instructeurs, les stagiaires, les *médiatiseurs*, les concepteurs, les interprètes, mais aussi les pilotes d'essai, les ingénieurs d'étude, les techniciens de chaîne, les experts, etc.).

D'une manière générale, les rapports personnels d'un individu, à un moment donné de son histoire, seront assujettis à de multiples institutions, au sein desquelles existent des rapports institutionnels à des objets. L'institution attend des sujets qui participent à son existence qu'ils aient des rapports aux objets conformes à ce qu'elle attend, à ce dont elle a besoin pour son fonctionnement et sa raison d'être dans la société. Une personne qui participe à plusieurs institutions est ainsi *assujettie* à une multiplicité d'attentes de rapports conformes à des objets déterminés. C'est le cas d'un instructeur de cours au sol, qui en qualité de TKI, doit respecter les règles de l'institution AHTA et qui change de *position* en qualité de SFI lorsqu'il doit assurer un cours en simulateur FFS chez Helisim. Les règles, les organisations sociologiques, la temporalité, les outils pédagogiques ne sont pas les mêmes d'une institution à l'autre et même dans un certain cas dans une même institution.

Pour Chevallard, ce sont les assujettissements qui « font la personne », ce qu'il décrit de la manière suivante :

Mais en quoi consistent alors ces assujettissements qui « font » la personne ? Un individu x traverse depuis sa naissance une foule innombrable d'institutions I , où il occupe une suite de positions p . Il est ainsi assujetti à une foule immense de rapports [...], qui contribueront à la construction de ses rapports personnels (sic) [...]. La personne est regardée ici comme l'émergent du système complexe, évolutif des rapports personnels de l'individu. (p. 16)

Une personne n'existe donc que par ses assujettissements institutionnels successifs, qui doivent être regardés comme dynamiques : « la liberté de la personne consistait à se délivrer d'assujettissements installés, voire indurés, en se donnant à de nouveaux assujettissements. »

Il est ici important de noter que les personnes elles-mêmes peuvent être créatrices de nouveaux objets et de nouveaux rapports aux objets au sein des institutions qu'elles fréquentent. Les institutions ont d'ailleurs besoin de ces créateurs pour continuer à assurer leur adaptation aux évolutions de la société. Il est ainsi important de réfléchir à ce qui fait l'origine du rapport d'une personne à un objet o , question à laquelle Chevallard répond que « la réponse est en essence la suivante : le rapport de x à o est engendré par tout ce que x *fait* ou *a fait* avec o dans toutes les institutions où x a rencontré l'objet o . » (p. 17)

Il ne reste alors plus qu'à problématiser ce que peut être cet objet o , dès lors qu'on l'envisage dans un apprentissage. Pour cela, il faut replacer l'objet o comme un objet à apprendre, dans le fonctionnement d'un système didactique, au sein duquel il devient l'*enjeu didactique*, ce que nous étudions dans le cadre de l'analyse didactique et praxéologique faisant l'objet de la section suivante.

4. L'analyse didactique et l'analyse praxéologique

Pour analyser le fonctionnement d'une situation d'apprentissage, Chevallard propose la notion de *système didactique* qu'il schématise de la manière suivante : $S(X; y; \heartsuit)$, où S est le système didactique ; X , le groupe de personnes en position d'élèves (stagiaires, étudiants...); y , la personne en position d'enseignant (instructeur, formateur ...) et le symbole du cœur \heartsuit , l'enjeu didactique pour signifier ce qui est *au cœur* du système didactique. Selon qu'on est en présence d'une ou de plusieurs personnes les lettres minuscules ($x; y$) ou majuscules sont employées ($X; Y$).

À titre d'exemple, l'ensemble X est celui des stagiaires que peuvent être analysés de manière individuelle par autant de x ; et l'ensemble des Y peut inclure bien évidemment les instructeurs que l'on analyse individuellement par autant de y , mais aussi les interprètes, qui sont partie intégrante du système didactique lorsqu'ils sont présents.

Puisque la TAD inscrit l'analyse dans une approche anthropologique, l'enjeu didactique ne pouvait pas être simplement qualifié de « savoir » :

Il y avait bien sûr la notion de savoir – cet enjeu serait un « savoir » –, mais, dans une perspective anthropologique, cette notion s'avérait limitative dans un monde où non seulement le titre de « savoir savant » est chèrement disputé, mais où même le titre de (simple) savoir ne s'accorde pas si facilement. Se moucher suppose-t-il un savoir ? Et descendre un escalier ? À ces questions, il fallait à l'évidence répondre *oui*, alors même que toute une société en refusait l'augure avec un joli mouvement du menton.

Cette problématisation de la nature des objets à apprendre va conduire Chevallard à l'introduction de la notion de *praxéologie*, pour laquelle il propose une construction théorique complexe afin de servir d'outil à l'analyse des activités humaines en jeu. Il faut donc noter que la notion a un sens particulier en TAD, elle constitue un concept dont la définition ne saurait se réduire à celle du sens commun. Comme le soulignent Alberio et Paivandi (2022, p. 129) « en effet, un concept est bien plus qu'une simple définition ou qu'une simple notion ; il implique une conception particulière de la réalité étudiée, une manière de la considérer et de l'interroger et donc de la "problématiser" ».

Afin de bien comprendre la manière dont Chevallard entend la notion de praxéologie, nous la présentons de manière succincte en nous basant sur son écrit de 2011. Commençons par dire que Chevallard considère que toute action humaine est faite de l'exécution de tâches de différents *types*. À chaque *type* de tâche est associée au

moins une *technique*. Chaque technique requiert un discours justificatif (permettant l'intelligibilité de la technique) qu'il nomme *technologie*. On peut lire dans cette notion *tekhne* et *logos*, soit le *logos* sur la *tekhne*, autrement dit le discours justificatif du type de tâches et de la technique employée. Il note à ce sujet que c'est dans le discours justificatif que se nichent le plus souvent les éléments didactiques. Il ajoute à ces trois niveaux de l'activité humaine, une composante qu'il qualifie de théorique, la *théorie*, qui justifie, voire impose l'action mise en œuvre. Dans ses *Leçons de didactique* de 2011, Chevallard précise à leur sujet :

Les technologies usuelles laissent fréquemment apercevoir un certain nombre de points d'incomplétude dans les justifications avancées. Certaines fois, il s'agit de lacunes dans le tissu explicatif, qui appellent un (« simple ») *complément* de technologie. Mais il est des points d'incomplétude qui semblent *d'un autre "niveau"*, où l'explication se fait allusive et s'évanouit comme derrière une évidence transcendante ; à moins qu'elle ne renvoie explicitement à des éléments explicatifs absents. C'est cette *explication de l'explication* que l'on nommera d'une façon générale la *théorie* de la technique [...] (Chevallard, 2012 p. 42).

Dans une praxéologie on trouve ainsi un premier bloc, la *praxis*, composé d'un type de tâche et d'une technique (voir de plusieurs selon la complexité de la praxéologie envisagée), et un second bloc, le *logos*, comprenant une technologie et une théorie (de même ici il peut y en avoir plusieurs). Pour Chevallard un lien peut être fait avec :

la langue courante, on pouvait aussi, grosso modo, identifier d'une part *praxis* et "savoir-faire", d'autre part *logos* et "savoir" » (p. 18) et toutes leurs variantes selon les écologies locales des institutions dans lesquelles les praxéologies sont accomplies. Ainsi, la notion de praxéologie et l'analyse qu'elle structure permettaient « un regard acéré sur les connaissances à apprendre et à enseigner : loin d'être une notion spéculative (ou contemplative), elle allait jouer un rôle actif dans la suite des choses. (p. 17)

À la suite de l'analyse didactique d'un système didactique donnée – comprenant l'analyse des conditions et contraintes qui déterminent le didactique aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du système didactique en se référant à l'outil de l'échelle de niveaux de codétermination didactique –, c'est l'outil de l'analyse praxéologique qui permet de pousser la profondeur de l'analyse plus loin. Si la science de la didactique est définie comme la science se vouant "à étudier les conditions et contraintes sous lesquelles les praxéologies se mettent à vivre, à migrer, à changer, à opérer, à dépérir, à disparaître, à renaître, etc., au sein des institutions humaines" (Chevallard, 2007, p. 719), avec l'analyse praxéologique, la TAD s'offre un outil très puissant pour analyser le comment et le pourquoi des actions humaines, qu'elles soient à enseigner ou non.

Mais l'analyse praxéologique prise en elle-même n'a pas de cibles privilégiées : toute pratique humaine peut en être l'objet. On peut donc se proposer de faire une analyse praxéologique de toute situation sociale, même quand les œuvres qui y sont activées ou mentionnées, et que l'on soumettra à une telle analyse, n'y ont pas le statut d'enjeux didactiques. Dans la formation scolaire et non scolaire du citoyen, une telle capacité d'analyse permet de prendre du recul par rapport au "faire" technique, au "dire" technologique et aux allégations théoriques : elle

remplit une fonction cardinale d'émancipation solidairement individuelle et sociale. (Chevallard, 2012, Leçons de didactique, p. 44)

Que ce soit l'analyse didactique ou l'analyse praxéologique, les deux niveaux d'analyse constituent des outils essentiels dans le travail non seulement du chercheur en didactique, mais aussi de l'enseignant (au sens large), encourageant une recherche d'intelligibilité des praxéologies, passées, présentes, à créer, y compris de leur sens pour tel ou tel public, personnes et institutions. Dans la section suivante, nous présentons la manière dont ces outils théoriques permettent de problématiser le contexte de la formation en aéronautique.

5. Mise en perspective didactique et problématisation du contexte de la formation en aéronautique

Lors de nos premières observations sur site et au travers de l'enquête documentaire, nous avons constaté qu'un certain nombre de conditions et contraintes pouvait influencer sur le système didactique des instructions instrumentées.

Nous avons pu voir que le milieu de la formation aéronautique dans sa sphère industrielle est empreint d'un environnement règlementaire et technologique fortement institutionnalisé, qui vise à améliorer la sécurité des vols et à homogénéiser ses règles sur un plan international. Les contraintes viennent des instances internationales (minimum acceptable de compétences (AMC), sécurité aérienne, nivèlement des qualifications, etc.) et des industriels (offre de formation séduisante, standardisation des formations par des moyens numériques homogènes, etc.), obligeant les deux parties prenantes à imposer les contenus dans la formation de qualifications. Il s'agit d'enjeux tournés essentiellement vers les connaissances techniques, engageant des méthodes pédagogiques issues principalement de l'instruction militaire, sans évolution depuis les débuts de l'introduction des outils numériques de simulation.

De fait, nous cherchons à comprendre si, et si oui, de quelle manière, ce milieu *aéronautico-militaro-industriel* – requérant une infrastructure pédagogique à forte teneur technologique avec des outils numériques de plus en plus présents –, impose des dispositifs et des méthodes de manière hiératique au corps enseignant. Ce milieu obligerait les instructeurs d'acquérir une maîtrise technique regroupant les éléments des hélicoptères pour lesquels ils sont qualifiés afin de maintenir leurs compétences, mais aussi d'accepter les outils de formation validés par les autorités et prescrits par l'industrie aéronautique dans une logique économique, sans questionner l'ingénierie pédagogique, sans penser aux coûts d'exploitation ni à l'obsolescence. Nous avons questionné la présence ou non de concertation préalable avec les acteurs-enseignants confrontés aux stagiaires, ce à quoi on ajoute à ce stade que cette question est d'autant

plus importante que chacun, les instructeurs comme les stagiaires peuvent avoir des rapports personnels issus d'une pluralité de rapports institutionnels non homogène entre pairs, ce qui nécessiterait des aides associées, aussi bien pour les uns que pour les autres.

Pour analyser ce contexte et préciser le questionnement de notre recherche à la lumière de la théorie anthropologique du didactique (TAD) – cadre de référence annoncé depuis la partie introductive –, notre objectif était d'abord d'identifier les conditions et les contraintes qui pourraient déterminer le fonctionnement des systèmes didactiques opérant dans la formation aéronautique, particulièrement celle concernant l'apprentissage du pilotage de modèles d'hélicoptères. Nous en présentons les éléments saillants ci-après afin de préciser les axes de questionnement de la recherche et de construire sa problématique.

5.1. Étude des conditions et contraintes

Rappelons que selon Chevallard (Chevallard, 2010), l'objet essentiel de la recherche en didactique est *le* didactique. *Le* didactique, au masculin, exprime la "dimension du réel social qui est coextensive à la présence d'une intention, portée par une personne ou, plus généralement, par une institution, de faire *quelque chose* pour que quelqu'un, personne ou institution, "apprenne » *quelque chose* ». En aéronautique, l'intention première de tout contenu de formation comme nous l'avons dit est la sécurité (l'expression *safety* est ainsi omniprésente) portée par les constructeurs pour assoir une légitimité de fiabilité de leurs aéronefs et les autorités aéronautiques pour garantir des règles de sécurité homogènes à tous les endroits du globe. La sécurité constitue de ce fait un exemple caractéristique de contraintes pesant sur les formations en aéronautique.

Les premiers outils théoriques de la TAD que nous avons précisés dès notre introduction générale – les définitions de la didactique et l'outil d'analyse de l'échelle de niveaux de codétermination didactique – ont offert un cadre théorique à notre recherche permettant de délimiter son objet sur les phénomènes intéressant le didactique. Ces phénomènes pouvant être multiples et agir selon des degrés très variables et interreliés, ce cadre s'inscrit dans une démarche exploratoire et heuristique. À ce titre, un certain nombre de conditions et contraintes pesant sur les phénomènes didactiques ont été observées lors de notre enquête exploratoire, afin d'orienter les actions à mener durant les années de la thèse, tant au niveau de la recherche qu'au niveau des attendus de la convention du point de vue de l'industrie bénéficiaire de la CIFRE, *Airbus Helicopters*.

Ce recensement *au préalable* est le résultat d'une pluralité de recueil de données empiriques, comprenant des entretiens non formels avec des instructeurs, responsables de la formation et autres acteurs de l'organisation enseignante ; des observations des pratiques enseignantes en salle de cours, en vol et en simulateur de

vol; la lecture de textes de la réglementation aéronautique et des contenus de la formation. Notre première exploration nous permet de confirmer l'intérêt du cadre théorique de la TAD, du fait de son ouverture, tout au long des enquêtes menées, à d'autres approches pouvant venir éclairer tel ou tel phénomène rencontré. Ce sera lors de la discussion des résultats dans la quatrième partie que nous y reviendrons. Nous présentons ci-après les éléments d'analyse de la phase exploratoire nous permettant de définir plus précisément notre problématique en projetant l'échelle de codétermination du didactique dans le contexte aéronautique.

Nous avons construit l'analyse du contexte, comme expliqué en début de ce manuscrit, en nous appuyant sur l'*échelle de niveaux de codétermination didactique* de la TAD (Chevallard, 2010). Nous retenons que l'étude des conditions et contraintes d'un système didactique doit être observée dans son ensemble, de l'intérieur comme de l'extérieur. En effet, l'observation de l'écologie et l'économie du didactique ne doivent pas, selon Chevallard, se restreindre à la fois au niveau de la pédagogie et des contenus enseignés et/ou à la fois à l'environnement institutionnel, mais à l'ensemble du système didactique déterminant à la construction même *du didactique*.

Il ne s'agit pas de se contenter d'identifier les conditions qui pèsent sur la diffusion de la transposition d'une situation de référence, qu'elles soient externes ou internes – c'est-à-dire, qu'elles appartiennent soit à la conception des contenus et des dispositifs, soit à la mise en œuvre de la formation –, mais de recenser l'ensemble des conditions favorables à l'apprentissage et des contraintes qui pèsent et pénalisent la diffusion des connaissances.

L'échelle des niveaux de codétermination didactique permet alors de déterminer clairement les phénomènes intéressant le didactique au-delà de la simple pédagogie, trop souvent regardée comme étant la principale, voire la seule cause d'une insatisfaction des stagiaires et des effets sur leur apprentissage. Dans le prolongement de ce que nous avons développé dans l'introduction générale, nous avons transposé à présent les niveaux proposés par la TAD à notre contexte. De la *civilisation* au plus haut barreau de l'échelle jusqu'au *sujet* le plus précis objet didactique. Le schéma ci-dessous récapitule de différents niveaux de l'échelle de codétermination didactique avec leur correspondance au milieu de la formation aéronautique.

<u>Désignation des niveaux</u>	<u>Correspondance au contexte aéronautique</u>
Civilisation	Les autorités aéronautiques L'internationalisation
↓↑	↓↑
Société	Les constructeurs Les opérateurs (clients)

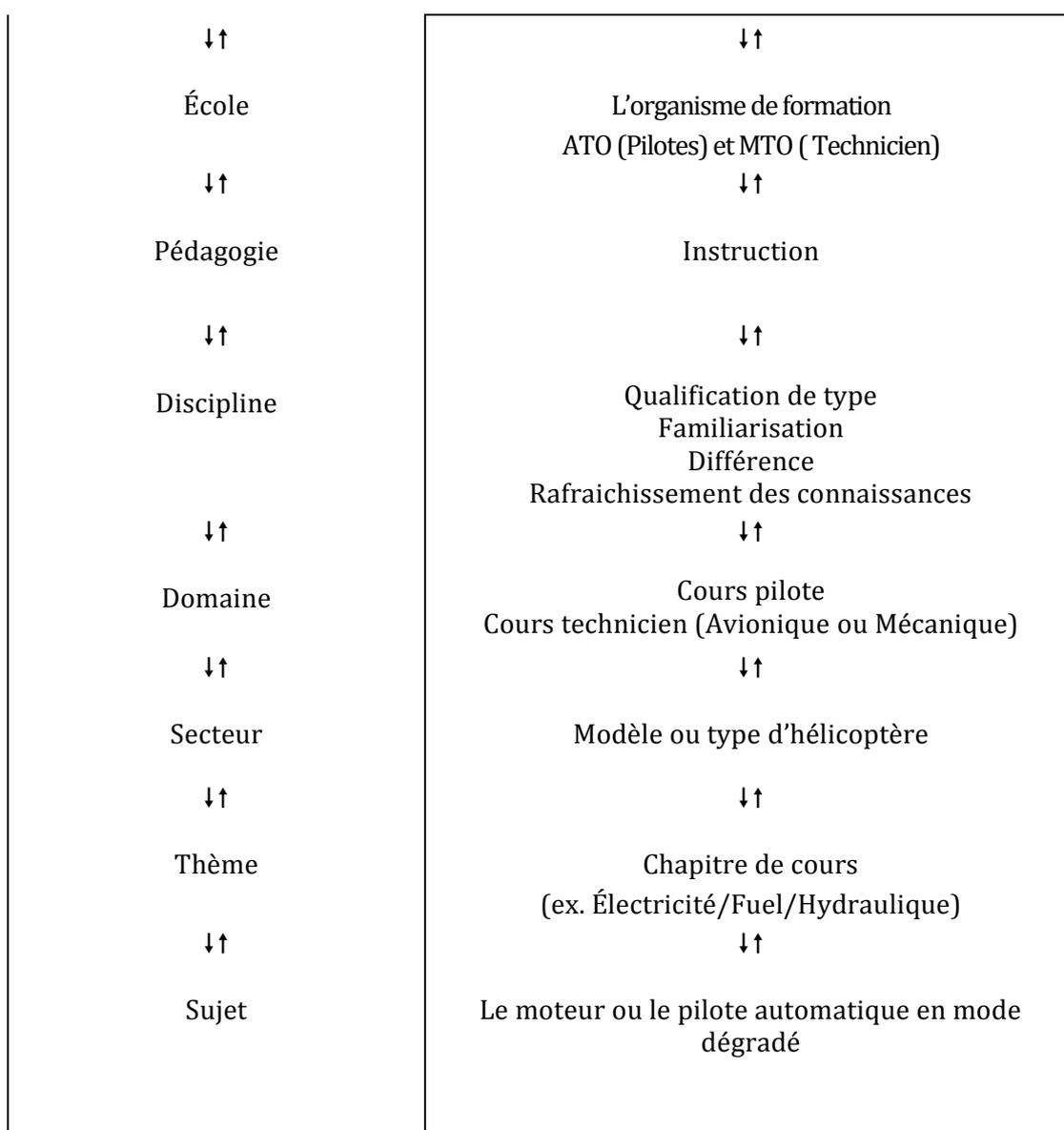


Tableau 1 : Tableau des différents niveaux de l'échelle de codétermination didactique appliqués au contexte

Partons de la *pédagogie* au centre de l'échelle des systèmes didactiques. Nous la nommerons *instruction* pour la ramener à notre contexte. Elle est impactée à son échelon supérieur par l'*école* (ici l'organisme de formation), tributaire elle-même des politiques imposées par la *société* (dans notre cas l'une des institutions qui la composent : le constructeur ou l'usine), et par son organisation. Il est à noter que le terme *société* est, un terme générique (on parle de la société française, anglaise... au sein de laquelle fonctionnent de nombreuses institutions), considéré en TAD comme une réalité distincte de l'ensemble des individus qui la composent. À AHTA, par exemple, les instructeurs n'ont pas la possibilité de modifier le support de cours sans autorisation et sans passer par le service « médias » qui a la charge de réaliser toute modification ou rectification. À son échelon supérieur, l'organisme de formation, et plus précisément le *Type Rating Training Organisation* qui conçoit les cours, est lui-même assujéti à la fois par une institution au niveau de la *société* (l'usine

correspondant principalement aux programmes, aux bureaux d'étude et aux essais en vol) qui lui impose la prise en compte de la demande commerciale et des éléments techniques des appareils, et par les autorités aéronautiques qui demandent de respecter la réglementation et de vérifier, négocier, et valider les cours après chaque création et modification, afin qu'ils soient identiques et disponibles à l'ensemble de la communauté internationale au niveau de la *civilisation*.

Vers le bas de l'échelle, la *pédagogie* (ou instruction) est impactée par la *discipline*, que l'on peut assimiler pour notre terrain aux différents types de formations proposées (qualification de type, les cours de familiarisation ou les cours de différences entre deux types). Nous pouvons dire qu'en formation professionnelle, la (ou les) discipline(s) sont assimilées au catalogue des formations. Cet impact trouve alors son origine d'abord dans la durée de la formation. Un cours à la différence ou de familiarisation dure moins longtemps qu'un approfondissement du niveau de la qualification de type. Et s'il a été convenu que sa durée ne doit pas dépasser la semaine de formation en configuration standard, cette durée n'est pas modifiée avec l'introduction d'un interprète qui rallonge pourtant le temps d'interactions. Alors l'instructeur doit adapter son cours à cette contrainte supplémentaire. La discipline est diffusée en fonction d'une pédagogie imposée par les dispositifs qui contraignent les instructeurs à diffuser les cours en utilisant essentiellement des méthodes démonstratives ou au mieux interrogatives. L'essentiel de la diffusion de la formation au sol se faisant avec un diaporama affiché sur un tableau blanc numérique ou de temps à autre avec un simulateur utilisé comme outil de démonstration. De la même manière, le *domaine* impacte les dispositifs en fonction des outils numériques à disposition pour telle ou telle qualification ou des conditions techniques liées au modèle de l'hélicoptère. De plus, un instructeur pilote n'utilisera pas les mêmes documents de référence (ex. : manuel de vol) qu'un instructeur technicien (ex. : carte de travail/documentation). Chaque chapitre de cours ou *secteur* diffère en fonction du domaine. Un instructeur pouvant être qualifié sur plusieurs modèles d'hélicoptères doit en permanence changer de diffuseur, de dispositifs, d'outils et donc de *discipline*. Et enfin, chaque thème et chaque sujet est mutuellement impacté entre eux en fonction du niveau de *profondeur* technique que l'on veut atteindre dans le cours. Un cours à la *différence* entre deux types d'hélicoptère ou un cours à la *familiarisation* (de la compréhension d'un système) approfondira moins les précisions techniques qu'un cours pour une *qualification de type* dans lequel une plus grande explication est indispensable pour l'analyse des situations. Et en outre, un chapitre de cours (ex. l'électricité ou l'hydraulique) n'aura pas la même *profondeur*, en d'autres termes, le même niveau de détails et d'explication des connaissances à acquérir pour atteindre l'objectif pédagogique, suivant s'il s'agit d'un pilote, d'un technicien-mécanicien ou d'un technicien-avionicien. La liste n'est bien évidemment pas exhaustive et ajoutons que certains contenus nécessitent des instruments plus ou moins complexes afin de pouvoir être enseignés, dont les outils de simulation.

5.2. Les conditions et contraintes des formations aéronautiques industrielles

Lors de nos premières observations, nous avons alors constaté, grâce à cet outil de la TAD, un certain nombre de contraintes et conditions qui influe indéniablement les systèmes didactiques, nous les regroupons en six grandes catégories : le temps ; la complexité et la densité des apprentissages visés ; les contraintes institutionnelles ; l'hétérogénéité culturelle, sociale et économique des stagiaires ; la place des outils numériques ; et enfin la culture militaire.

5.2.1. Les contraintes de temps

Il existe de nombreuses contraintes de temps. Les instructeurs évoluent dans des conditions formelles, organisationnelles et temporelles imposées par la société et le marché. Chaque temps de formation est règlementé. De la formation théorique organisée et rythmée en chapitres à la formation pratique dans laquelle il faut compter le « *temps aux instruments au sol* »⁵¹, qui fait référence au temps pendant lequel un pilote reçoit une instruction sur un entraîneur synthétique de vol (généralement des séances de deux heures accompagnées d'un temps de briefing et d'un temps de débriefing) et le temps en vol qui désigne le temps total décompté depuis le moment où l'aéronef commence à se déplacer en vue de décoller jusqu'au moment où il s'immobilise à la fin du vol, moteur éteint.

Ces contraintes didactiques que Chevallard (1982) appelle *chrono - et topogénétiques* sont en outre assujetties à des conditions économiques souvent dictées par une clientèle positionnée dans un marché de plus en plus concurrentiel. *Time is money!* « [...] Il faut prévoir un "cours", un cours à faire et un cours à apprendre, il faut prévoir des "exercices". » (Chevallard, 1982. 16), mais ces adaptations ne sont rendues possibles que si les curriculums ont été pensés au préalable avec du temps suffisant. Or la définition et la justification de ce temps auprès des clients et des institutions sont difficilement ou peu négociées. La marge de manœuvre est réduite et densifiée par des dispositifs chargés de moyens (outils, contenus, règlementation) et d'imprévus (problèmes techniques, conjoncture, langue et interprétation, etc.). D'autant que les contenus et les outils de formation sont pléthoriques, divers et immuables (ou du moins sans une longue et contraignante procédure). Les instructeurs ne peuvent alors se permettre une adaptation légitime à leur cours en fonction du public et du milieu dans lequel il opère, car le temps qui leur est imparti est incompressible.

De plus, il peut arriver que des stagiaires se présentent en retard en cours, sans qu'ils en soient pour autant responsables, surtout dans des périodes pandémiques,

⁵¹ Terme emprunté au règlement de la commission européenne (CE) relatif aux compétences du personnel navigant.

mais aussi durant la formation par de simples problèmes de transport quotidiens de leur hôtel au centre de formation ou de logistique (problème de restauration, de protocole, de connexion lors de cours à distance, etc.). Sans parler des formations s'effectuant dans le pays du client dans lesquelles des obligations administratives, de réglementation ou d'organisation peuvent perturber la durée et le contenu de la formation. Ou de simples problèmes météorologiques qui empêchent d'effectuer un vol. La formation peut être aussi ralentie en fonction de la démotivation ou du désengagement des stagiaires.

En outre, des problèmes informatiques ou logistiques pourraient également perturber le début ou le bon déroulé d'un cours. Pas seulement des problèmes de fonctionnement, mais aussi des problèmes liés au réseau. En effet, afin d'assurer la protection des employés, des infrastructures, du savoir-faire industriel et des activités gouvernementales classifiées, les accès au réseau informatique d'*Airbus* sont assez complexes, ce qui oblige parfois l'instructeur à passer par des « moyens détournés » ou à obtenir de l'aide auprès des services informatiques. En outre, des problèmes de connexion à Internet peuvent également apparaître lorsque les cours sont dispensés à l'étranger en filiale ou directement chez les clients ou lorsqu'une partie du cours est diffusé en formation à distance en mode synchrone via une application de classe virtuelle ou en mode asynchrone par l'intermédiaire d'une application accessible sur le Web (*Web-Based Training*).

5.2.2. La complexité et la densité des apprentissages visés

Nous l'avons vu plus haut, la complexité technique d'un hélicoptère oblige d'inclure, dans le contenu d'un cours, toutes les parties représentatives de l'aéronef pour en comprendre son fonctionnement. Le contenu technique d'une qualification de type dépend en premier lieu du modèle d'hélicoptère concerné. La durée de la formation dite théorique s'appuie sur les connaissances à acquérir de l'ensemble des systèmes et architectures mécaniques et avioniques qui composent l'appareil et des procédures à appliquer. Chaque cours, chaque dispositif s'appuie sur des documents officiels déposés auprès des autorités afin de garantir l'homogénéité de la diffusion, comme nous l'avons dit : la TNA (*Training Needs Analysis*) pour les techniciens, incluant les cartes de travail pour la partie pratique et l'OSD (*Operational Suitability Data*) pour les pilotes, définis à partir du manuel de vol. Le niveau de *profondeur*, c'est-à-dire le niveau de précision technique décrivant un système, comme dit plus haut, varie suivant le type de cours, la spécialité, et le chapitre de cours à proprement parler. De fait, les cours sont très chargés. Un pilote doit effectuer un minimum de deux à quatre semaines de cours et un technicien suit des formations pouvant aller jusqu'à six semaines, sans compter le temps supplémentaire rajouté lors de la présence d'un interprète. Mais outre la durée de la formation, les stagiaires doivent acquérir une connaissance technique surabondante sans être certains que cette acquisition de connaissance soit pérenne. Aucun test n'a été effectué après une formation, mais la quasi-totalité des instructeurs affirme que si un stagiaire devait repasser un test

plusieurs semaines après la formation, le taux d'échec serait important.

5.2.3. Les contraintes institutionnelles

a) *Compression de la temporalité*

La première des conditions et contraintes, qu'elles soient internes ou externes, est celle de la temporalité lors de la création d'un cours. Nous parlons ici de la durée du cours lors de sa conception et non de sa diffusion comme ci-avant. La temporalité de la formation est imposée, dans un souci de standardisation, à la fois par les autorités aéronautiques qui préconisent un temps de formation en accord avec la communauté qui peut être « négocié » avec les organismes de formation de référence du constructeur (*Type Rating Training Organisation* – TRTO –) en amont du dépôt et par la maison mère qui impose une optimisation de la formation pour des raisons essentiellement économiques. La formation ne représentant qu'une partie infime du budget global d'un hélicoptère, passe très souvent, malgré les recommandations de sécurité, au second plan. De fait, le temps de formation se rétrécit très souvent par la pression de la clientèle.

b) *Politique d'uniformisation*

Toute entreprise se doit de réduire, autant que faire se peut, les coûts de conception, de production et d'exploitation. Et en particulier la direction du « *Training Customers* » qui contrôle et édicte les stratégies de l'entreprise et la politique d'uniformisation des formations au sein du groupe Airbus sous l'injonction des programmes de l'usine. L'une des voies est celle de réduire la multiplicité des dispositifs, produits à la fois par l'abondance et l'hétérogénéité des cours de formation proposés dans le catalogue d'AHTA, par la diversité des outils de formation, différents suivant les types d'aéronef, par la complexité des contenus, par les choix politiques de chaque entité de construire des cours de manière différente et par la multiformité des langages ou des logiciels servant à développer les outils de diffusion. Or, cette complexité entrave tout changement radical et oblige à une refonte partielle et souvent insatisfaisante.

c) *À la pointe de l'innovation technologique*

Ensuite, toute entreprise industrielle se doit aussi de se positionner à la pointe des nouvelles technologies et de le faire valoir dans son offre de formation. Surtout pour un secteur d'activité reconnu pour être à la pointe de l'innovation technologique et très concurrentiel.

De plus, tant sur un plan culturel qu'historique, les formations délivrées au sein du groupe AH ont plutôt une connotation technique. Dans le même temps, l'exigence d'innovation faisant partie intégrante de la stratégie du groupe a pour conséquence une problématique permanente de mises à jour des connaissances techniques et des contenus et outils de formation.

d) L'expertise et la subordination

La position d'AHTA Marignane est ambiguë, car elle doit à la fois se déterminer en qualité d'expert lors de la création d'un cours – car appartenant à l'usine et donc bénéficiant de toute la documentation issue des bureaux d'étude – et se subordonner, en qualité d'ATO et MTO, à une formation déposée auprès des autorités, EASA/DGAC, FAA, CAAC, etc.) lors de sa diffusion, comme tous les autres organismes de formation en Europe, voire du monde.

e) La dépendance à la production

D'abord, un hélicoptère comme nous l'avons dit se conçoit sur plusieurs années. Et la création d'un cours ne peut se concevoir que lorsque les données techniques sont acceptées par l'ensemble des bureaux d'étude. Ses données évoluent au fil de la conception et doivent donc être transposées dans les contenus de cours.

Ensuite, les formations en vol s'effectuant sur l'hélicoptère des clients, il se peut que le ralentissement de la production empêche d'effectuer la formation en temps et en heure et oblige un report.

Enfin, les programmes peuvent en amont négocier des conditions de formation, essentiellement de temps, qui impacte l'organisation de l'organisme de formation. Il se peut aussi que les clients imposent leurs modalités pour des raisons opérationnelles (ressources, planification).

5.2.4. L'hétérogénéité culturelle, sociale et économique du public apprenant

La population des stagiaires du *Training Academy* d'Airbus arrive des cinq continents du globe. Cette hétérogénéité apprenante oblige les instructeurs à s'adapter à la culture, aux rites, à la langue native des stagiaires, sans qu'ils soient formés ou du moins informés des particularismes éducatifs et culturels de chaque pays. Toutes les nationalités sont représentées, reflétant ainsi la présence du groupe *Airbus Helicopters* (AH) à l'international, avec ces dernières années, une représentation plus importante des pays de l'Amérique du Sud et de l'Asie.

De plus, les écarts de niveaux aéronautiques des stagiaires, en entrée de formation, peuvent varier en fonction de leur cursus de formation, en fonction du niveau de réglementation demandé par les autorités régionales de leur pays d'origine ou en fonction de leur propre parcours professionnel et des différents opérateurs.

Ensuite, leurs motifs d'engagement en formation et leur intention en début de formation peuvent être divers et variés. Un stagiaire peut venir en formation par prescription de son employeur, c'est-à-dire avec un objectif uniquement participatif afin d'obtenir la qualification pour ne pas perdre son travail ou, au contraire, avec des motivations opératoires ou épistémiques, c'est-à-dire motivées par une réelle volonté d'apprentissage et de parcours d'excellence, au sein de l'organisme de formation qui

appartient au constructeur.

L'hétérogénéité peut venir également du niveau d'anglais des acteurs de la formation qui peut nécessiter, dans certains cas, la présence d'un interprète linguistique impactant ostensiblement le système didactique, en perturbant ou inversement en enrichissant l'apprentissage. Près de la moitié des formations sont réalisées avec la présence d'un interprète. Les stagiaires de certains pays ou continents, généralement les pays de l'est de l'Europe et les pays hispanophones, ne parlent pas obligatoirement ou peu l'anglais. Certains pays utilisent de préférence la documentation dans leur langue d'origine, en particulier les pays qui possèdent une langue logographique ou syllabique. Le rôle de l'interprète est alors essentiel dans la formation. Suivant son niveau de connaissances du vocabulaire aéronautique, il peut interférer sur la bonne compréhension du message que veut faire passer l'instructeur ; ou inversement, il peut enrichir sa compréhension par une reformulation appropriée.

5.2.5. La place des outils numériques

a) Le rapport à l'outil

Le rapport à l'outil numérique d'un stagiaire diffère en fonction des politiques éducatives de chaque pays, de la génération, du niveau social du pays d'origine, ou de son appétence à utiliser les outils numériques. Mais nous retrouvons des niveaux de compétence hétérogènes également chez les instructeurs. En particulier, les avioniques qui utilisent plus souvent les systèmes électroniques seront plus à l'aise face à une interface informatique qu'un mécanicien qui s'emploie sur la structure de l'hélicoptère.

Chaque personne a son propre rapport au numérique, et les institutions aussi (peu d'organismes de formation (ATO/MTO) utilisent autant d'outils de formation en cours au sol qu'AHTA). Il importe alors d'accompagner l'utilisateur pour que l'outil ne soit pas un frein à l'apprentissage ou à l'enseignement.

b) Le manque de réflexion didactique

D'un côté, l'organisation en silo d'une entreprise entraîne très souvent le démarrage d'un projet de manière autonome et indépendante à d'autres projets qui peuvent entre eux avoir des objectifs similaires ou antinomiques. Mais surtout, le manque de consultation et de communication des différentes unités de service peut impacter sur le résultat du livrable initialement développé pour la formation.

D'un autre côté, certains outils numériques sont positionnés dans le curriculum par la maison mère sans modifier la temporalité de la formation et sans réflexion sur la pédagogie. Ce manque de réflexion didactique peut contraindre le bon déroulé d'un cours.

5.2.6. La culture militaire

La communauté des formateurs de AH intervient au sein d'un groupe industriel où la culture militaire et de l'ingénieur domine.

D'un côté, l'origine militaire de la plupart des instructeurs peut entraîner une résistance au changement des pratiques pédagogiques du fait de leur formation initiale et leur culture d'uniformisation et d'assujettissement à l'autorité des institutions et, d'un autre côté, la culture d'ingénieur peut inciter l'intégration, dans les contenus, de données techniques ne répondant pour l'essentiel aux objectifs pédagogiques.

5.3. Problématisation : tensions entre pratique et expansion des outils numériques

Comme introduit plus haut, ce contexte d'apprentissage particulier, à l'écologie imprégnée de toutes ces conditions et contraintes à tous les niveaux de l'échelle de codétermination didactique, implantée dans un milieu « aéronautico-militaro-industriel », requière certainement une infrastructure pédagogique à haute teneur technologique (par exemple, le recours poussé au numérique, à la simulation voire aux outils innovants de réalité virtuelle ou de réalité augmentée), nécessitant, de fait, un suivi et une vigilance didactique et pédagogique permanents pour maintenir les formations à la hauteur des enjeux sociétaux tout en accompagnant les instructeurs et les stagiaires dans leurs constructions de rapports idoines à l'objet, le pilotage de l'hélicoptère ou la maintenance d'un aéronef.

Malgré cela, l'ingénierie de formation au sein du *Training Academy* n'a pas connu de transformation pédagogique majeure depuis l'introduction des simulateurs de vol à pleine échelle dans les années 2000, alors même que le service suit certaines évolutions technologiques et numériques permanentes des outils d'enseignement comme, à titre d'exemple, l'introduction des tableaux blancs interactifs, des émulateurs de structure ou de système, des simulateurs de procédures au vol ou à la navigation, des outils virtuels de maintenance, des *Flight Navigation and Procedures Trainers* (FNPT), et demain l'apparition de plus en plus prégnante des outils de réalité augmentée et virtuelle.

Par conséquent, comme la plupart des organismes de formation, AHTA se retrouve dans une situation paradoxale, où d'un côté, les instruments numériques sont de plus en plus présents dans les parcours de formation, et de l'autre, les instructeurs sont obligés d'acquérir une maîtrise technique, la plupart du temps sans formation associée, au détriment parfois d'une réelle réflexion sur leurs pratiques pédagogiques. D'autant plus que les outils numériques d'apprentissage sont très souvent prescrits par les institutions dans une logique économique sans penser aux coûts d'exploitation et sans trop de concertation préalable avec les formateurs pour définir, par exemple les objectifs pédagogiques, avant même de parler d'enjeu didactique ou de l'ingénierie

de la formation dans son intégralité, comme nous l'avons introduit dans ce manuscrit.

De plus, ces pratiques pédagogiques sont peu ou prou interrogées en aéronautique, où, seuls, généralement, la performance et la fidélité des outils et l'apprentissage sont pris en compte. D'autant que la numérisation d'une formation est souvent pensée dans la seule perspective de l'ergonomie de l'interface des logiciels et des applications avant de l'être dans le champ de la pédagogie voire de la didactique. L'ergonomie est souvent calquée sur celle des bureaux d'études, centrée sur l'utilisation professionnelle finale et peu dans une logique orientée sur les enjeux didactiques et les conditions pédagogiques.

Dans ce contexte, tout service de formation doit alors se questionner sur l'efficacité d'une numérisation de plus en plus généralisée en formation professionnelle continue et sur la cohérence pédagogique de tels dispositifs. Nous avons vu que les questions que ce contexte soulève sont nombreuses, ce qui nécessite de réduire la portée de l'enquête menée sur le temps court de la thèse, en accord avec la convention industrielle de recherche, aux seuls outils de simulation de tâches partielles durant les cours théoriques au sol. L'objectif de notre recherche est alors d'étudier la cohérence de l'intégration des objets de simulation de procédures dans le curriculum de la formation dite « théorique » et leur utilité au sein des pratiques pédagogiques. La question est de mettre en perspective la question des outils, de l'usage et de leur cohérence, avec les conditions et les contraintes qui peuvent impacter les systèmes didactiques. À savoir, quelle est l'influence du numérique sur la transposition didactique interne et externe ? Et quels sont les ajustements nécessaires à la conduite au changement des pratiques digitales ? Des questions qui pourront constituer autant d'axes de questionnement guidant la suite de l'enquête.

Partie 3. Méthodologie de la recherche

Chapitre 5. Approches méthodologiques et méthodes de recueil de données

Le bon sens est la chose du monde la mieux partagée : car chacun pense en être si bien pourvu, que ceux mêmes qui sont les plus difficiles à contenter en toute autre chose n'ont point coutume d'en désirer plus qu'ils en ont.

Le discours de la méthode (1637) de René Descartes

1. Introduction

Notre recherche a pour objectif de contribuer à la compréhension des activités de formation professionnelle avec des outils numériques et précisément avec des simulateurs de tâches partielles utilisés au sein d'un organisme de formation aéronautique lors de cours au sol. L'enjeu est aussi de comprendre les transformations de l'activité et des praxéologies qui s'opèrent et les besoins en accompagnement qu'elles génèrent. Dans les parties précédentes, les conditions particulières de l'organisme de formation servant de terrain à la recherche ont été étudiées : avec un terrain localisé à faible population enseignante, et avec une population étudiante fortement hétérogène liée à sa diversité internationale, sociale et culturelle, et aussi à faible densité – les formations accueillant une moyenne de quatre personnes par cours, pilotes et techniciens confondus –. À ce contexte s'ajoute le statut même de la recherche sous la CIFRE et la position particulière que nous occupions nous-mêmes en tant qu'accompagnateur pédagogique dont les fonctions principales étaient :

- d'aider et d'accompagner les instructeurs dans leur pratique professionnelle
- d'apporter notre expertise pédagogique à l'élaboration, à la réalisation et au suivi de projets au sein du Training Academy
- de participer à la définition et au déploiement des pratiques pédagogiques avec les outils numériques en formation au sol (OTD/MTD) en particulier pour le nouveau cours pilote du H160 (dernier des hélicoptères de la gamme Airbus sorti des usines)
- d'assurer une veille pédagogique et d'en informer les instructeurs et les responsables de la formation
- de contribuer à l'établissement et à la mise à jour des référentiels de compétences des stagiaires
- de concevoir et de mettre en place au moment de la pandémie et du confinement, le dispositif de formation à distance et la formation associée auprès des instructeurs au sein de Marignane.

Cette relation de collaboration de recherche contractualisée avec les acteurs du terrain d'enquête impliquait des attentes réciproques d'amélioration de la compréhension des phénomènes en jeu lors de l'introduction du numérique dans la formation de pilotes d'hélicoptère tant du point de vue professionnel que de la recherche. Il faut noter que la participation des deux parties aux dispositifs de recherche n'est pas motivée par les mêmes finalités. Pour les acteurs du terrain, il s'agit d'une volonté d'amélioration des pratiques professionnelles, de l'efficacité de certaines pratiques en termes d'environnement, de formes et de techniques pédagogiques. Le chercheur s'intéresse à la délimitation d'un objet de recherche dans l'objectif de contribuer à la construction de connaissances scientifiques. Dans le champ des sciences de l'éducation et de la formation, il existe différentes démarches de recherche collaborative entre chercheurs et professionnels dans des dispositifs plus ou moins élaborés. Il peut s'agir de contributions au recueil de données empiriques, mais aussi de conceptions de situations de formation inédites (Guérin, 2022). « [La collaboration] s'appuie notamment sur des outils conceptuels et méthodologiques d'une part et d'autre part sur des savoirs scientifiques relatifs à la construction de l'expérience des apprenants en formation en dehors du travail et en situation de travail. » (p. 131) Quel que soit le dispositif il est généralement constaté que « l'enquête scientifique sur le terrain de l'éducation et de la formation comporte le plus souvent des conséquences sur la transformation des sujets, de leur activité et de leur environnement. » (p. 134) Dans ces cas, les objectifs épistémiques du chercheur et transformatifs des professionnels s'articulent, sans toutefois pouvoir se confondre. Il relève des exigences scientifiques de construire des protocoles de recherche permettant d'assurer cette distinction de finalités.

Comme le notent Marcel et Broussal (2022) « la recherche en SEF [sciences de l'éducation et de la formation] est souvent liée à des demandes d'accompagnement du changement » (p. 247). Ces recherches placent le chercheur « au plus près des préoccupations institutionnelles, organisationnelles ou professionnelles » et « les travaux visent à produire une dynamique d'*accompagnement*, voire de *conduite de changement*, assez proche de l'aide à la décision (gouvernance, pilotage, etc.) » (p. 247). Ces auteurs parlent de *recherche-intervention* dont le cadre de l'action relève souvent de collectifs de chercheurs et d'acteurs professionnels, mais qui présente également un mode de fonctionnement dans lequel nous nous sommes reconnus. C'est le cas en particulier lorsqu'il est noté que la recherche-intervention « soutient, également, l'hypothèse d'un enrichissement réciproque de chacune des deux sphères, *dans* et *par* leur mise en relation. Ici encore ressort la présence des deux visées : "l'une, *heuristique* en termes de production de savoirs scientifiques (le *sur*) et l'autre *transformative* en termes d'accompagnement du changement (le *pour*)" (p. 248). Ils intègrent dans leur modèle d'analyse de ce type de recherche également une dimension (« visée ») critique « permettant d'assumer la dimension politique du changement ». Ils soulignent que "par ailleurs, cette visée critique se caractérise par sa contribution à une dynamique émancipatrice (le *par*)". Enfin cette démarche de recherche-intervention s'appuie sur ce que Marcel et Broussal qualifient "*démarche*

participative (le avec) dans un mouvement d'interrelations dynamiques entre visées et principe". (p. 248) Les auteurs appellent par ailleurs à une vigilance particulière quant à l'incertitude des résultats de ce type de recherche, car "parce qu'elles concernent le devenir de ces groupes ou de ces institutions, ces transformations induisent une part d'incertitude. [...] Comment anticiper sur l'ensemble des conséquences d'une innovation, qu'elle soit pédagogique ou technologique ?" (p. 258). C'est pour maintenir une cohérence interne et externe à la recherche que ces auteurs proposent un cadre à l'enquête basé sur les principes énoncés (sur, pour, par, avec).

Dans le cadre de la CIFRE, le projet de recherche s'est également formulé dans le sens d'une recherche d'intelligibilité des pratiques professionnelles et d'accompagnement dans le contexte complexe de la transition numérique et des transformations qu'elle provoque dans les formations. Le dispositif de recherche a été construit sur la base d'un principe d'adaptabilité et d'ouverture en fonction des résultats obtenus. D'une part la recherche s'appuie sur une démarche d'enquête basée sur différentes méthodes de recueil de données, comprenant aussi bien l'observation, des entretiens et un questionnaire, qu'une enquête documentaire. D'autre part le projet de recherche intégrait la mise en œuvre d'expérimentations de situations de formation inédites dans une visée transformative des activités de l'organisme de formation. Les différentes méthodologies de recherche devant s'articuler et s'adapter au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

En préambule à ce chapitre qui explicite les différentes manières de faire qui ont été adoptées pour la mise en œuvre du projet de recherche, nous devons signaler que la conjoncture défavorable de la crise sanitaire de la COVID-19 et la situation exceptionnelle des confinements successifs que nous avons subie depuis le début de 2020 ont perturbé, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, le déroulement des travaux de la thèse. La pandémie de la COVID-19 et ses contraintes protocolaires qui ont entraîné une baisse générale de l'activité de formation, les confinements décidés par le gouvernement français intervenus à partir du mois de mars 2020 lorsque nous devions commencer nos observations et expérimentations et enfin, la faible demande en formation spécifiquement sur le modèle d'hélicoptère pour lequel nous comptions faire des expérimentations *in situ*, nous a obligé à modifier le projet de recherche initialement programmé et à l'enrichir du mieux que possible en cours de thèse.

1.1. Un recueil de données basé sur un travail d'enquêtes

Il convient dans un premier temps de définir ce que nous entendons par « enquêtes ». L'enquête doit être considérée comme la recherche systématique de la vérité par l'interrogation des acteurs concernés et la réunion d'éléments d'information à disposition. Les données sont d'abord fabriquées par le « regard » de l'observateur, l'« écoute » de l'intervieweur, ou les « questions » de l'enquêteur (Blanchet, 1998). Mais c'est à la fin du raisonnement que l'enquête constitue le fondement du savoir et comme le dit Fabre (2005) : « le savoir vivant n'est jamais de l'ordre de la récitation,

mais de l'opérationnel.» Elle doit se positionner pour investir la réalité sociale du terrain.

Le travail d'enquête que nous proposons de développer se situe dans une démarche scientifique, dans le sens d'une recherche, en omettant toutes les perspectives manichéennes qui opposeraient les bonnes enquêtes quantitatives qui justifieraient de leur authenticité scientifique par la loi des grands nombres aux enquêtes qualitatives qui empêcheraient toute reproductibilité et généralisation, et qui opposeraient les Sciences « dures » aux Sciences « molles », ou les « théoriciens » aux « empiristes » comme le souligne Ladage dans son ouvrage : *Enquêter pour savoir* (Ladage, 2017, p. 38). Précisons également que la TAD n'apporte pas une réponse univoque à la définition de l'enquête. La théorie des rapports personnels et institutionnels que nous avons vue plus haut développe l'idée selon laquelle il conviendrait de positionner l'enquête « pour *telle institution* ... [en l'occurrence pour *Airbus Helicopters Training Academy* et/ou pour les autorités aéronautiques] ... ou pour *telle personne* [les instructeurs et/ou les stagiaires], [...] à tel moment déterminé de l'histoire de cette personne ou de cette institution [...]" (Ladage, 2017, 2017).

Il s'agit bien d'une analyse *anthropologico-didactique* qui induit l'étude des conditions et contraintes développée au début de la thèse. Le milieu de l'aéronautique recèle un très grand nombre de documentations de référence. Il convient dans un premier temps de se les approprier, puis d'observer et d'interroger les acteurs et dispositifs de la formation en situation. Nous avons alors procédé de la sorte.

La première enquête, avant la crise sanitaire, sous la forme d'une enquête documentaire exploratoire et dans une approche compréhensive du terrain est consacrée à l'étude de la documentation institutionnelle, aéronautique et industrielle. La deuxième enquête, avec le même premier objectif et pour la même période, est focalisée sur les pratiques pédagogiques, et les rapports et usages aux objets numériques en formation, s'organisant autour d'entretiens auprès des acteurs de la formation, exclusivement des instructeurs pilotes et techniciens d'*Airbus Helicopters* à Marignane. Cette deuxième enquête servira également de base à l'analyse didactique effectuée dans un second temps. Ensuite, durant les deux derniers tiers de la thèse si une opportunité se présentait, dans une démarche observatoire et préparatoire aux expérimentations futures, nous avons filmé, enregistré, retranscrit pour certaines et analysé des pratiques enseignantes en situation avec des simulateurs de procédure lors d'activités éducatives instrumentées en salle de cours et hors salle de cours (c'est-à-dire dans des salles dédiées à l'utilisation d'outils de simulation). Comme évoqué plus haut, la rareté de ces formations sur le modèle choisi ne nous a permis d'obtenir un matériau d'observations suffisant pour qu'il soit reproductible ou du moins suffisamment représentatif. Ce dernier nous a néanmoins permis d'enrichir ou d'affirmer l'analyse didactique.

En conséquence et en raison des circonstances évoquées ci-avant, nous avons décidé d'ajouter au projet de recherche originel, dans une optique de recherche-action

associée à une recherche participative au sens de Marcel (Marcel, 2020 ; Marcel & Broussal, 2022) un dispositif organisé autour de groupes d'analyse de pratiques professionnelles pour recueillir et étudier les discours réflexifs des instructeurs sur leurs pratiques enseignantes. Ensuite, nous avons complété ce travail d'enquête par un protocole basé sur un questionnaire auprès de tous les instructeurs pilotes et techniciens du groupe *Airbus helicopters* à travers le monde. Cette dernière démarche a permis d'étendre l'analyse à l'international, et sur des terrains ayant une organisation et une culture différente avec des approches singulières des pratiques pédagogiques. L'analyse de la transposition numérique, qui a pu être effectuée ainsi, a été réalisée en tenant compte de ces particularismes. Enfin, pour compléter nos observations, nous avons filmé et analysé deux cours de formation d'instructeur sur le nouvel hélicoptère sorti des usines d'Airbus. Ces nouvelles formations, ayant la caractéristique d'être fortement instrumentées, sont donc riches en phénomènes observables et pourrait permettre à terme de positionner un modèle expérimental de référence.

1.2. L'étude du milieu de la formation instrumentée au sein du *Training Academy*

1.2.1. L'analyse des praxéologies en formation aéronautique instrumentée

À ce titre, notre étude s'intéresse d'abord, comme rappelée dans les chapitres précédents, aux conditions et aux contraintes de la diffusion des praxéologies de l'aéronautique et de la simulation au sein du service de la formation. Il fut convenu alors, en premier lieu, de mener une enquête approfondie de l'existant qui identifia toutes les composantes de la structure institutionnelle : son organisation, ses acteurs, ses pratiques et méthodes pédagogiques, ses usages, ses rites et ses cultures, ses politiques, ses textes institutionnels, ses règlements, utilisés par les acteurs de la formation à tous les niveaux de la coordination didactique et pédagogique. Nous l'avions commencée lors d'une préenquête exploratoire, elle fut alors approfondie par la suite. Car comme le dit Chevallard (2010) : "[...] l'objet d'étude du didacticien est *au départ* un complexe praxéologique *donné*, c'est-à-dire un objet allogène façonné et découpé par des institutions distinctes de l'institution didacticienne." Rappelons que le terme *institution* est ici employé au sens commun de ce qui ne s'est pas établi naturellement, mais a été institué par les hommes.

Les institutions de l'aéronautique et industrielle, et plus généralement les secteurs à risques, sont des milieux opaques et politisés. Ils protègent très souvent leurs savoirs et leurs données. Il convient alors pour le chercheur de s'immerger en son sein afin de recueillir un maximum d'informations en surmontant les obstacles des enfermements praxéologiques.

Nous avons dû pour cela déterminer les interactions et les interrelations qui peuvent exister dans son organisation, c'est-à-dire étudier l'*écologie* et l'*économie* de l'instruction au sol au sein de ces institutions. Mais comme le dit Chevallard (Chevallard, 1998. 28) :

[...] la *problématique écologique*, constitutive de l'approche anthropologique en didactique [...] – « Pourquoi ceci ? », « Pourquoi pas cela ? », etc. – conduit à questionner le réel observable pour se déprendre de l'évidence du fait établi, vécu comme naturel. L'illusion de « naturalité » de l'ordre institutionnel est, dans le registre de l'action, la racine de beaucoup de conservatismes et le fourrier de beaucoup d'impuissances : si les choses sont comme elles sont parce qu'elles se conforment à un ordre naturel, toute modification que l'on voudrait leur imprimer apparaît comme une subversion de cet ordre du monde, ce qui justifie aussi bien le conformisme du quotidien qui est le lot de la plupart que la religion de l'exceptionnel dont quelques-uns se font les grands prêtres.

Il convient alors de sortir de ce *conformisme* institutionnel pour rester dans l'objectivité de l'analyse. Nous avons donc regardé au sein de l'institution enseignante, mais aussi autour des différentes antennes circonvoisines à l'instruction au sol, car une étude praxéologique doit s'intéresser à tous les enjeux didactiques et non-didactiques.

À commencer par l'instruction en vol comme une partie intégrante et déterminante de l'instruction et de l'évaluation de la qualification d'un pilote. Elle est à priori séparée de l'instruction au sol au sein du *Training Academy* à Marignane par un changement d'instructeur en cours de formation lors du passage de la formation pour *l'acquisition de connaissances* (cours au sol) dispensée par les TKI vers la formation pratique, débutée par un passage au simulateur à pleine échelle, puis poursuivie par la formation en vol pour le développement des compétences et la validation de la qualification alors dispensé par un instructeur en vol (TRI) et évalué par un examinateur lors du dernier vol (TRE).

Il fut aussi intéressant d'observer l'instruction des techniciens (mécaniciens et avioniciens) et leur relation avec les instructeurs pilote, car leur apport en connaissances techniques pourrait permettre d'enrichir les savoirs de tout le corps enseignant. Ils sont aussi les garants de la donnée technique et valident son exactitude pour le développement des contenus de cours au sol. Il a d'ailleurs été nommé pour chaque modèle d'hélicoptère un instructeur référent technique. Nous l'avons vu plus haut, la construction d'un cours pour un nouvel appareil débute par une réflexion incluant des techniciens et des pilotes, mais dans laquelle les techniciens proposent une expertise initiale.

Au départ le projet CIFRE fut initié par les pilotes, mais le besoin d'équité, d'optimisation de l'investissement, d'accompagnement auprès des instructeurs techniciens plus nombreux que les pilotes, a fait décider le comité de direction de l'époque de nous demander d'observer l'ensemble des instructeurs d'*Airbus Helicopters Training Academy*, instructeurs de pilotes et instructeurs de techniciens.

1.2.2. L'exploration de l'ensemble des institutions mandantes

Pour cela, nous avons examiné les centres de formation du réseau Airbus à Marignane, ainsi que celles spécialisées dans la simulation, et dans la mesure du possible, toutes les autres instances filiales, concurrentes ou partenaires qui peuvent impacter ces rapports et relations. Cette observation s'est déroulée en deux temps.

Dans un premier temps, nous avons continué notre enquête exploratoire effectuée en début de thèse au sein AHTA à Marignane en identifiant les situations didactiques observables au sein de l'organisme et dans les autres antennes autant que faire se peut, car tout n'est pas toujours observable dans le milieu de l'aéronautique.

Primo, parce que nous nous trouvons dans un milieu extrêmement protégé et contraint par des niveaux d'habilitation d'accès à l'information, comme nous l'avons décrit plus haut, qui préserve des données sensibles qui peuvent présenter un caractère de Secret Défense lorsqu'il s'agit d'hélicoptères militaires, ou à moindre niveau, qui peuvent représenter une protection concurrentielle à la construction aéronautique civile ou à la relation commerciale, avec une recherche systématique de la sécurité (*Safety*), de l'éthique (*Ethic*) et de la conformité aux règles et techniques (*Compliance*).

Secundo, parce que les raisons de sécurité et de dangerosité, de protection d'informations, d'autorisations, de polices d'assurance, ou de simples inexpériences en la matière pourraient nous interdire l'accès aux observations de l'instruction en vol qui représente la plus authentique situation de référence en matière de formation aéronautique. Durant les trois années de thèse, nous n'avons pu faire qu'un seul vol d'observation avec un stagiaire client, mais sans protocole de recherche. Il est rare d'embarquer un observateur durant une séance de *training*. Le seul vol pour la formation autorisée à accueillir un passager est le premier, car il ne présente pas de dangerosité, les suivants incluent des exercices d'autorotation⁵² pour simuler une panne moteur et les autorités interdisent l'accès à des personnes non qualifiées. Le premier vol n'apporte donc que des données relatives à un vol de « prise en main » de la machine.

Et tertio, parce que l'accès aux FFS de la société Helisim, pour l'observation de séances de simulateur à pleine échelle, est également filtrée et répond, elle aussi, à des

⁵² En cas de panne de moteur sur un hélicoptère survenant à une altitude suffisante, la mise en autorotation du rotor principal permet de descendre et d'atterrir sans dommage. De cette façon, l'hélicoptère amorce un mouvement descendant. Relativement au rotor, le flux d'air est donc ascendant. C'est alors lui qui entraîne l'autorotation du rotor dans le même sens, au même titre qu'une éolienne ou un autogire. L'entraînement du rotor par le flux ascendant lui oppose une résistance qui permet la sustentation de l'hélicoptère. Cette résistance aérodynamique équivaut à celle d'un parachute. À l'approche du sol, le pilote agit sur le pas cyclique pour cabrer l'appareil ce qui a pour effet de réduire puis d'annuler sa vitesse de translation. Pour atterrir en douceur, le pilote relève la commande du pas collectif afin de réduire puis d'annuler la vitesse de descente au contact du sol. (Source Wikipédia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Autorotation>, repéré le 25 novembre 2020).

règles de sécurité et de concurrence draconiennes imposées par la société *Airbus* elle-même, mais aussi par le constructeur de simulateurs : *Thales Training & Simulation* actionnaire comajoritaire et empêche un accès libre pour l'observation de situations.

Nous avons, ensuite dans un second temps, visité des centres de formation extérieurs, concurrents, partenaires ou en lien avec des formations utilisant des outils de simulation. Nous avons commencé par visiter le centre de formation d'*Airbus Commercial Aircraft* à Toulouse. Puis, étant sur place, nous avons été invités par le constructeur franco-italien d'avions à hélices ATR⁵³ pour visiter son campus. Même si cela concerne uniquement l'avion, les formations que propose ATR reposent sur le même principe de la qualification de type dispensé au sein du *Training Academy* d'*Airbus Marignane*, avec le même type de structure organisationnelle et avec un curriculum de formation organisée, pour les pilotes, de la même manière, à savoir cours théorique, simulation et vol.

Nous avons par la suite visité l'École de l'aviation légère de l'Armée de terre (EALAT) chargée d'assurer la formation initiale des pilotes et des techniciens d'hélicoptère des trois armées, de la gendarmerie et de l'armée belge et allemande et également la formation technique et tactique de tous les équipages de combat de l'aviation légère de l'Armée de terre par spécialités et systèmes d'armes, de jour comme de nuit. Elle est implantée sur deux sites situés à Le Cannet-des-Maures dans le Var et à Dax dans les Landes. Nous avons visité celle du Var. Ce lieu a d'ailleurs fait l'objet de deux recherches de terrain que nous avons signalées dans notre revue de la littérature scientifique, l'une basée sur la question du transfert des acquisitions sur simulateur à l'activité en situation professionnelle réelle lors de formations initiales au pilotage d'hélicoptère (Rogalski & Colin, 2018) ; et l'autre sur la conception d'un guide normatif destiné aux instructeurs de l'ALAT à partir d'un *serious games* et sur l'appréhension des enjeux et contraintes de la formation professionnelle par la simulation (Lépinard, 2014).

Nous avons également été invités par l'École d'application de Sécurité civile (ECASC), spécialisée dans la formation à la lutte contre les feux de forêt. Son cursus ressemble à celui proposé par ATR et par AHTA lors d'une qualification de type commençant par une cours théorique technique, qui est basé en ce qui le concerne exclusivement sur de l'autoformation accompagnée, puis de manière identique à ces homologues, un passage par la simulation pour finir sur le terrain opérationnel.

Cette enquête exploratoire fut nécessaire à plus d'un titre. D'abord, parce que toutes ces visites ont enrichi notre connaissance de la formation instrumentée par simulation, et elle nous a aussi permis de nous imprégner du terrain de l'instruction et

⁵³ ATR, Avions de transport régional, est un groupement d'intérêt économique franco-italien fondé en 1982 spécialisé dans la construction aéronautique d'avions turbopropulseurs (à hélices) pouvant transporter de 48 à 78 personnes et exploités essentiellement sur des courts courriers.

de ses particularismes en milieu aéronautico-industriel ou militaire. L'industrie ne nous était pas étrangère, mais l'aéronautique l'était totalement. Il a fallu nous acculturer pour en comprendre ses problématiques.

2. Enquête exploratoire des documents officiels et réglementaires

Dans un deuxième temps, lorsque les observations se sont avérées impossibles, nous avons alors collecté, par prise de notes, des données grâce aux déclaratifs des acteurs concernés par la formation : les instructeurs en vol et au sol, les instructeurs techniciens (mécaniciens et avioniciens), les responsables de la société, les acteurs de la maison mère (chefs de projet, ingénieurs d'étude, responsables des opérations, etc.), mais aussi toutes les autres personnes en charge de la conception et de l'exploitation des outils pédagogiques. Nous avons également questionné la documentation technique, institutionnelle et formative (les manuels de vol, les documentations de maintenance, les supports de cours au sol, les grilles d'évaluation, etc.)

Nous avons donc commencé à étudier les documents officiels de l'aéronautique relatifs à la formation de la qualification de type. Les conditions édictées par les autorités (en ce qui nous concerne essentiellement l'EASA et la DGAC) se situent principalement dans les règles relatives à la sécurité et aux contenus des chapitres de cours qui concernent chaque système ou circuit d'un aéronef de la part-FCL (AMC1 FCL.725 (a)) pour les pilotes et dans l'annexe III de la part-66 (*Training Needs Analysis – TNA – for the Theoretical Element of the Aircraft Type Training*) pour les techniciens. Il en va de même pour les autres Autorités qui éditent et valident également leurs propres documents dans leur région respective (FAA aux USA, CAAC en Chine, FATA en Russie, etc.). Nous précisons à nouveau que notre enquête préliminaire ne concerne que les documents et textes de l'EASA.

À cet égard, nous nous sommes alors plongés à la fois sur les textes techniques et théoriques de l'aéronautique, produits par les autorités (EASA, OACI, DGAC) et sur les contenus des cours diffusés à *Airbus Helicopters* et tous les textes institutionnels, et également discuter avec des pilotes, techniciens de leur métier. Ce ne fut pas simple, car la complexité d'une organisation comme *Airbus*, freine les initiatives et la recherche documentaire, en règle générale. Il est nécessaire alors de passer par des procédures de validation et d'autorisation, et de protection intellectuelle, ne serait-ce que pour acquérir un document. D'autant que la diffusion d'un grand nombre de documents est interdite et donc peu exploitable. Ensuite, car le monde de l'hélicoptère impose une culture à la fois endogène due à sa spécificité aéronautique et hétérogène due à l'ouverture à l'internationalisation et au particularisme de ses missions, comme vu dans le paragraphe « l'usage de l'hélicoptère » du chapitre 1. Et enfin, parce que la complexité des textes de l'Union européenne et donc des institutions de la Sécurité

civile ne sont pas d'un abord facile. La structure juridique de ces documents oblige un apprentissage préalable pour les décoder.

Le constructeur et les autorités européennes et françaises ont établi une catégorisation exhaustive des contenus de formation conformes à l'*Operational Suitability Data* (OSD) et à la TNA qui couvre l'ensemble des circuits et systèmes d'un hélicoptère : les spécificités de l'appareil, les fonctions générales, le rotor principal, le rotor de queue, les commandes de vol, le système de transmission, le ou les moteurs, le système d'alimentation en carburant, l'avionique, le système de contrôle automatique du vol (pilote automatique), le système hydraulique et le système électrique. Cette première catégorisation nous a servi à définir en partie les variables à observer.

Nous avons également utilisé le document EASA CS-FSTD (H) (*Certification Specification for Flight Simulation Training Device*) de l'EASA et la brochure (HE6 (*Advantages of Simulators (FSTDs) in Helicopter Flight Training*)) de L'European Helicopters Safety Team (EHEST), qui recense et catégorise l'ensemble des outils de simulation susceptibles d'être utilisés en formation, comme décrit dans le paragraphe 4 du chapitre 2.

Les documents techniques, les cartes de travail, les manuels de vol représentent aussi des documents de référence de l'aéronautique sur lesquels les instructeurs s'appuient pour construire les cours.

3. Enquête exploratoire par entretiens

Puis dans un troisième temps, nous avons mis en place un dispositif de recherche sur la base de dix-huit entretiens semi-directifs d'environ une heure, chacun, auprès des instructeurs pilote au sol et des instructeurs mécaniciens et avioniques du *Training Academy* d'Airbus Marignane à usage exploratoire et compréhensif autour de l'exploitation en formation des outils numériques de type *part-task* (à tâches partielles) appelés, comme nous l'avons précisé plus haut, au sein de la communauté des pilotes aéronautiques : *Other Training Devices* (OTD) et dans la communauté de la maintenance aéronautique : *Maintenance Simulator Training Devices* (MSTD) et/ou *Maintenance Training Devices* (MTD).

3.1. L'objectif scientifique

Il s'agissait de comprendre les problématiques relatives aux pratiques pédagogiques des instructeurs avec des outils numériques à disposition dans le curriculum d'une formation théorique.

L'objectif principal fut donc, en premier lieu, de déterminer les modalités des conditions de ces formations et les contraintes qui influent sur le fonctionnement du système didactique, en prenant appui sur l'échelle de codétermination didactique pour élargir l'analyse à tous les niveaux de l'enjeu didactique. Dans un second temps, l'objectif était de recueillir des données discursives concernant ces pratiques et usages pédagogiques lors d'une formation utilisant des simulateurs de tâches partielles, ou des outils pédagogiques numériques en règle générale au sein de la communauté des instructeurs au sol pour enrichir notre exploration.

Pour cela, nous avons d'abord réalisé une grille d'entretiens, en nous appuyant sur les travaux de Blanchet et Gotman (2010), dans laquelle nous définissons la population en précisant sa typologie et sa taille, le mode d'accès et de constitution de l'échantillon interrogé, la durée estimée et moyenne des entretiens, la scène, c'est-à-dire la définition du lieu et la position des participants, et enfin, les conditions d'interview et de captation.

Il est à rappeler que cette enquête par entretiens se situe dans le cadre d'une exploration. Nous l'avons donc construit avec des questions certes guidées, mais en acceptant l'inattendu et les orientations données par l'instructeur interrogé. Malgré la forme précise de certaines questions de base qui nous ont servi de classement et de comparaison lors de l'analyse, nous avons consenti à laisser progresser la personne soumise à l'entretien, en suggérant elle-même des questions ou des idées nouvelles, voire dans certains cas en déplaçant le centre d'attention afin d'enrichir le propos, sans pour autant mettre en danger la cohérence de l'enquête, comme le précise Paul Thomson (cité dans Blanchet & Gotman, 2010).

3.2. La population

3.2.1. Présentation

L'ATO et le MTO du *Training Academy* de Marignane disposaient, au moment des entretiens, d'une population moyenne et variable d'environ 70 instructeurs répartis comme suit :

- 22 instructeurs pilotes dont 12 TKI (instructeurs cours sol) et 10 TRI (instructeurs vol)
- 26 instructeurs mécaniciens (B1.3)
- 23 instructeurs avioniciens (B2)

Que ce soient des pilotes ou des techniciens, chaque licence ou qualification concerne un type d'hélicoptère et chaque instructeur peut être qualifié pour un ou plusieurs types. La répartition dépend également de la gamme des hélicoptères (léger, moyen, lourd).

Parmi la population des instructeurs pilotes, seuls les *Theoretical Knowledge Instructors* (TKI) qui dispensent des cours au sol ont été sollicités. Même s'ils ont eu,

un moment dans leur carrière et dans d'autres structures, à instruire au sol, les instructeurs pilotes en vol (*Type Rating Instructors*) ne sont pas concernés par ces entretiens, car les OTD⁵⁴ sont uniquement utilisés lors des cours théoriques au sol. Néanmoins, nous interrogerons l'ensemble de la population lors d'un questionnaire que nous détaillerons ci-après. Parmi les TKI, il existe néanmoins une différence concernant ceux qui sont qualifiés et habilités à instruire en simulateur de pleine échelle FFS (*Synthetic Flight Instructors*) et ceux qui ne le sont pas. Ces derniers sont peu nombreux, car ils ne concernent principalement que les hélicoptères légers pour lesquels les FFS sont rares, voire inexistantes, ou du moins peu utilisés, car le passage aux simulateurs synthétiques de vols n'apporte pas une évidente plus-value à la formation et également imputable à la courte durée de ce type de formation et à son efficacité (rapport coût/intérêt). Mais, il est à noter compte tenu de l'absence ou du moins du manque de simulateur à pleine échelle pour les petites machines de type *écureuil*, les instructeurs qualifiés pour ce type de machine peuvent utiliser alors des outils de substitution pendant le cours au sol.

Néanmoins, au sein de la population de pilotes, les instructeurs les plus concernés par l'utilisation des OTD sont ceux qui qualifient sur les machines moyennes de la gamme du type H175 ou H160 dont les dispositifs de cours sont les plus instrumentés.

Parmi la population des instructeurs techniciens, nous distinguons les instructeurs mécaniciens, des techniciens avioniciens. Pour rappel, les premiers, possédant une licence européenne (Part 66/Part145) de maintenance aéronautique B1.3 (Hélicoptères équipés de moteurs à turbine), maintiennent et réparent la partie physique de l'aéronef; et les seconds, avec une licence B2 (avionique), maintiennent essentiellement la partie électrique, électronique et informatique de l'appareil. Ces derniers, au regard de leur fonction, ont *a priori* un rapport au numérique plus affirmé que les techniciens mécaniciens pour lesquels l'outil numérique est très peu usité au regard de leurs techniques professionnelles; privilégiant alors les maquettes réelles et les éléments physiques de l'aéronef.

L'échantillon cible a donc été défini en fonction de la représentativité relative des pilotes et des techniciens, suivant les critères de l'enquête. Le principal critère de sélection s'appuie sur l'usage des outils numériques d'AHTA lors des pratiques pédagogiques des instructeurs.

Nous n'avons pas sollicité les instructeurs qui n'utilisent jamais ou n'ont pas à leur disposition des outils numériques de simulation en salle de cours.

Nous avons ensuite sélectionné les interviewés suivant les critères secondaires suivants :

⁵⁴ Pour rappel : *Other Training Devices*, tous les outils numériques de formation non crédités par les Autorités aéronautiques..

- Par âge
- Par ancienneté dans l'instructeur et dans l'entreprise
- Par formation initiale (militaire, privé ou mixte)
- Par profil d'instructeur
- Par qualification sur les modèles ou la gamme d'hélicoptères :
 - Gamme des légers : EC120 - AS350 - EC130 — AS355
 - Gamme des moyens : AS365 - EC155 - H175 — H160
 - Gamme des lourds : AS332L1 - AS332L2 - EC 225 — NH90
- Par fonction dans l'entreprise (instructeur, cadre encadrant, responsable de la gamme ou chargé des évaluations/tests)
- Par caractéristique psychologique d'utilisation (appétence ou réticence aux outils numériques).

3.2.2. La taille de l'échantillon

Attendu que les informations issues des entretiens sont validées par le contexte et non, comme dans un questionnaire, par leur probabilité d'occurrence, nous avons estimé que la taille de l'échantillon nécessaire et suffisante à la réalisation de l'enquête devrait être comprise entre 15 entretiens au minimum et de 20 au maximum, soit entre 20 et 30 % de la population cible. La taille finale est constituée de 18 entretiens. Ce qui représente environ un quart de la population moyenne globale.

3.2.3. Récapitulatif des profils

Nous présentons ci-dessous le profil des instructeurs par entretiens :

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18
TKI	TKI	TKI	B2	B1.3	B1.3	TKI	TKI	B1.3	TKI	B1.3	B2	TKI	B1.3	B2	B1.3	B2	B1.3

Légende et échantillonnage :

			Echantillon		Population	
TKI	Theoretical Knowledge Instructeur	Pilotes	7	39%	22	31%
B1.3	Instructeurs mécaniciens à Hélicoptères à moteur à turbine	Mécaniciens	7	39%	26	37%
B2	Instructeurs avioniques	Avioniciens	4	22%	23	32%
			18	100%	71	100%

Tableau 2 : Tableau de la répartition des personnes interviewées

La comparaison avec la répartition de la population cible est sensiblement respectée hormis pour les avioniques où l'écart est de 10 %. En ce qui concerne les pilotes la proportionnalité de l'ensemble des pilotes a été respectée même si notre cible ne s'adresse qu'aux TKI. Sur les dix TKI présents au moment de la thèse, nous en avons interrogé sept.

3.2.4. Le choix des personnes

Le choix de personnes à l'intérieur des catégories que nous venons d'identifier a

été défini quant à lui en collaboration avec les responsables de la formation à partir du fichier du personnel instructeur. Ce choix peut paraître subjectif ou orienté au regard de la sélection suggérée par un manager. Il a néanmoins permis de respecter à priori les critères définis ci-dessus et leur représentativité relative, car nous ne connaissions pas suffisamment la fonction, les caractéristiques et la personnalité de chaque instructeur au sein de l'institution au début de notre enquête pour en définir un panel proportionné. L'échantillon est donc bâti à partir d'une sélection de composantes non strictement représentatives, mais caractéristiques de la population des instructeurs au sein du *Training Academy* suivant les préconisations de Blanchet et Gotman (2010).

3.3. Le dispositif des entretiens

3.3.1. La scène des entretiens

Les entretiens se sont déroulés dans des salles de cours disponibles et habituellement utilisées par les instructeurs afin d'instaurer un sentiment de confort et de confiance pour les personnes interrogées. Les entretiens ont eu lieu de préférence le matin pour éviter les phénomènes de contamination du discours (fatigue, digestion, déconcentration, etc.) et d'abstraction des situations antérieures de travail qui peuvent influencer voire dénaturer le propos.

3.3.2. Durée

La durée estimée et annoncée en début d'entretien aux instructeurs questionnés se situait autour de l'heure. La durée moyenne réelle des entretiens a été finalement de 52 minutes et 21 secondes. L'entretien le plus long a duré 1h13 et le plus court 38 mn.

3.3.3. Conditions d'interview et de captation

c) Interview

Il a été rappelé aux interviewés à chaque début d'entretien, ce qui suit :

- L'entretien se situe dans le cadre d'un dispositif de recherche lié à la CIFRE et qu'il porte sur l'usage des outils numériques disponibles au sein de l'entreprise et s'intéresse aux pratiques dans le curriculum de la formation.
- L'entretien ne devait pas dépasser une durée d'une heure. Il sera enregistré en audio puis transcrit pour analyser son contenu dans les règles méthodologiques d'une recherche.
- Pendant cette heure, nous allons discuter de l'utilisation des outils numériques pendant l'instruction. Ce qui nous importe est de savoir comment ces outils sont utilisés, de comprendre le point de vue d'un instructeur sur le sujet, et d'inventorier les points d'amélioration et les contraintes qu'ils peuvent identifier.

- L'entretien est et restera anonyme, c'est-à-dire que, l'intitulé de l'entretien sera nommé et écrit comme suit : « entretien n° x⁵⁵ ». Les instructeurs interviewés seront nommés sous cette forme « TKI⁵⁶ » pour les pilotes, ou B3.1⁵⁷ pour les mécaniciens ou B2⁵⁸ pour les avioniques. Je serai moi-même mentionné comme étant « l'enquêteur ».
- Les enregistrements audios seront conservés, mais non diffusés. Seuls la transcription anonyme et ses résultats seront utilisés uniquement à des fins d'analyse scientifique. Cet enregistrement sera la propriété du chercheur et ne sera en aucun cas utilisé à d'autres fins.

d) Type de relances et de registres

Nous avons utilisé les quatre types de relances d'un entretien semi-directif ou non directif défini par Salès-Wuillemin (2007) soit en utilisant :

- Les répétitions simples, par répétition de tout ou partie de la fin de la dernière phrase de l'enquête.
- Les répétitions thématiques, par répétition d'une phrase située à n'importe quel endroit de la dernière prise de parole de l'enquête.
- Les reformulations en résumant ou tentant de clarifier sa dernière prise de parole
- Les formulations du non-dit en tirant une conclusion concernant les faits mentionnés ou l'attitude de l'enquête au sein de sa dernière prise de parole.

Ainsi que les deux types de registres distincts utilisés suivant les recommandations de Salès-Wuillemin (Salès-Wuillemin, 2007) à savoir :

- Le registre modal qui se traduit par une reprise du propos précédée de la mention explicite de l'énonciateur pour une plus grande implication de l'interviewé (ex. : « pour toi », « selon toi », « à ton avis »)⁵⁹
- Registre référentiel qui suppose de ne pas faire mention explicitement de l'énonciateur avant la reprise ou la reformulation pour une moins grande implication de l'interviewé qui produit un discours général.

e) Captation

La totalité de chaque entretien a été captée à l'aide d'un enregistreur audio numérique de type dictaphone puis transcrit sur traitement de texte (Microsoft Word). L'enregistrement audio est conservé sur support numérique comme preuve de

⁵⁵ x : nombre par ordre alphabétique de passage

⁵⁶ TKI : *Theoretical Knowledge Instructor*

⁵⁷ B3.1 : instructeurs mécaniciens

⁵⁸ B2 : instructeurs avioniques

⁵⁹ Il est d'usage dans la communauté aéronautique d'utiliser le tutoiement dans les conversations même entre personnes non intimes. Il n'est donc pas question de « copinage » de cet emploi du « tu » dans les entretiens mais d'une forme grammaticale utilisée entre pairs afin de faciliter les échanges.

données recueillies et sa retranscription est publiée en annexe à cette thèse.

Chaque instructeur interrogé a signé une autorisation d'enregistrement de la voix au regard de l'article 9 du Code civil sur le respect de la vie privée ainsi que sur le Code de la propriété intellectuelle, suivant les documents en français, anglais et espagnol que le lecteur peut consulter en annexe.

f) La période de captation

Les entretiens se sont réalisés durant le dernier trimestre 2018, le premier ayant eu lieu le 5 septembre 2018 et le dernier le 12 novembre de la même année.

3.4. La grille d'entretien

3.4.1. L'objectif de la grille d'entretien

La grille est destinée à définir les questionnements du cadre théorique et méthodologique aux entretiens, dont l'objectif exploratoire, compréhensif et complémentaire aux expérimentations futures doit permettre de mieux définir les problématiques liées au fonctionnement des systèmes didactiques en situation simulée lors des formations théoriques au sol au sein du *Training Academy* et de mieux connaître le métier d'instructeur dans l'aéronautique.

Notre enquête par entretien s'inscrit donc dans la tradition sociologique de Weber dont l'objet central est l'activité définie comme un comportement compréhensif qui vise la personne questionnée à répondre dans les contraintes de la situation et en interaction avec l'intervieweur pour mettre en évidence son *vécu* (Blanchet, 2010).

3.4.2. Les questions

Il est à noter que chaque question exposée ci-dessous n'a été posée ni obligatoirement avec la même formulation, ni dans sa totalité, ni encore dans l'ordre défini dans la grille d'entretien. Notre grille de questions a principalement servi de support, tout en offrant une certaine liberté à l'instructeur. Nous rappelons comme noté ci-avant qu'il soit de coutume dans la communauté des instructeurs d'utiliser le tutoiement dans les échanges entre pairs. Nous le considérons alors comme facilitateur d'expression.

Voici le détail des questions figurants sur la grille :

Les impacts de la réglementation sur les usages pédagogiques et plus généralement sur la formation

En quoi la réglementation influe ou impacte la formation ?

Quelle est la part de la réglementation qui relève des contraintes internationales et celle qui relève du constructeur ?

De ton point de vue, existe-t-il plus de contraintes identifiées relatives à Airbus ou à l'EASA ?
Lesquelles ?

Formation des instructeurs aux outils numériques

Quelle est ta formation initiale d'instructeur ?

As-tu bénéficié d'une formation sur les outils numériques ?

Si elle a eu lieu, comment s'est passée cette formation ou cette autoformation ? Est-elle actualisée ?
Si oui, à quelle fréquence ?

Sinon, comment voudrais-tu qu'elle soit organisée ?

Place des outils numériques dans une formation théorique

Comment tu t'en sers ? Et lesquels ?

Quels seraient les points d'amélioration de ta pratique que tu imagines avec ces outils numériques ?

Freins et accélérateurs

Quels sont les freins ou les accélérateurs que tu peux identifier avec les outils à disposition ?

De ton point de vue, sont-ils adaptés à la transposition didactique, aux techniques et à l'objectif pédagogique

Maintien en condition opérationnelle

L'outil est-il conforme dès sa mise en service et lors de sa mise à jour ?

Y a-t-il un maintien et un suivi de configuration ?

Les usages (fréquence, utilisation, compétences)

Quelles sont les fréquences d'utilisation et diffèrent-elles suivant les types d'appareils, et suivant les chapitres ou même suivant la population ?

Conception des scénarios de simulation recontextualisée avec la situation de référence

Utilises-tu un scénario ? Un scénario déjà construit ou le construis-tu toi-même ?

Par quel découpage : Segmentation, fractionnement, simplification ?

Évaluation de l'apprentissage sur les *part-tasks*

Quels types d'évaluation pratiques-tu lors de séances de simulation ?

Les conditions et contraintes identifiées

Quelles sont selon toi les contraintes et les conditions à l'utilisation de ces outils ?

Comportementale

Compétences techniques

Type d'outil

Temps

Sécurité

Règlementation

Disponibilité (stagiaires/instructeur)

Hétérogénéité des stagiaires

Langues d'origine

Économique

Organisationnelle

Disciplinaire (profondeur du cours)

Implantation

Interprétation

Les plus-values pédagogiques à utiliser les outils numériques de simulation

Quelle est la plus-value de ces outils dans ta pratique pédagogique ?

Question de conclusion

As-tu quelque chose à ajouter que nous n'aurions pas évoqué ?

Nous avons utilisé les conditions et contraintes identifiées lors de notre enquête exploratoire pour confirmer ou infirmer les problématiques que peuvent rencontrer les instructeurs dans leur pratique lors de formations instrumentées par le numérique et constituer la grille d'analyse.

a) *Les institutions mandantes*

En TAD, il convient en premier lieu de repérer l'*institution mandante* pour étudier le fonctionnement d'un système didactique puis la question rencontrée dans la conception et la mise en œuvre du projet de formation. En aéronautique, il existe deux institutions mandantes principales, la première concerne la réglementation et la seconde la conception afin d'élaborer un cours de qualification de type pour chaque machine. Il est important donc de connaître leurs impacts et le niveau de contraintes rencontré par les instructeurs, mais aussi les stagiaires, selon l'avis des premiers.

b) *La formation des instructeurs*

D'autre part, il existe en formation aéronautique par la simulation un paradoxe complexe d'unicité de la formation des instructeurs en simulation et d'hétérogénéité des dispositifs de simulation (Lépinard, 2014). Les outils numériques de formation sont destinés à un type de machine, et pour un même type, il peut donc exister plusieurs formes de simulateur dans la même formation au sol et en fonction du centre de formation. Ce qui oblige les instructeurs qui sont eux-mêmes qualifiés sur plusieurs machines de se former sur différents outils à la fois. Il est donc important d'avoir leur point de vue concernant les moyens mis en œuvre par l'institution pour les former. Et par la même, leur rapport aux instruments pourrait varier selon la spécialité et leur fonction.

L'expérience et le cursus de l'instructeur peuvent être aussi interrogés pour identifier le rapport générationnel aux instruments.

c) *L'approche pédagogique de l'usage des outils numériques*

Quelles sont les méthodes pédagogiques, les gestes didactiques utilisés lors de leur formation ? Existe-t-il des guides pédagogiques qui pourraient les aider dans leur pratique ? D'un point de vue didactique, une situation de simulation est une médiation didactique entre le stagiaire et la situation professionnelle de référence (Samurçay & Rogalski, 1998). Cette médiation fait appel à des compétences de réflexivité de la part des stagiaires et des instructeurs. La question est de savoir si ces outils sont utilisés comme des outils de conduite de situation ou plutôt comme outils

de démonstration de situation.

d) Les obstacles constatés par les instructeurs

Le ressenti des instructeurs est peu interrogé dans la littérature sur les questions relatives aux formations en général. Or, il convient de recenser les conditions et contraintes constatées par les acteurs de la formation.

e) Maintien en condition opérationnelle

La complexité technique des outils numériques en aéronautique ainsi que les mises à jour constantes des systèmes informatiques dans les avions réels rendent difficile la mise en condition opérationnelle (la fidélité technique de l'outil) compte tenu des coûts de fabrication et de maintenance. Donc la question de la conformité initiale et du suivi en conformité est fondamentale pour assurer un transfert cohérent entre simulation et avion réel.

f) Les usages (fréquence, utilisation, compétences)

L'organisation dans le temps de la formation dépend aussi de la place des outils dans les curriculums. Leur positionnement et leur préparation devraient être interrogés. Le positionnement de l'outil dépend du type d'appareil, du chapitre de cours. Y a-t-il une préparation guidée ou une scénarisation des exercices établis au préalable ?

g) Évaluation des dispositifs de formation

Tout dispositif, toute formation, tout enseignement doit être évalué. Comment les instructeurs évaluent-ils leur pratique ? Sont-ils en mesure de définir l'intérêt de l'outil de simulation en situation de formation ? Ont-ils des guides d'utilisation ? Évaluent-ils les apprentissages en continu ? Et comment le font-ils avec les outils numériques en situation ?

4. Enquête par observations des pratiques professionnelles des instructeurs

4.1. Introduction

Nous avons également observé et capté des pratiques en et hors des salles de cours. Certaines observations, et principalement au début de la thèse, ont été effectuées par prise de notes ouverte. Mais comme le précise Veillard (2013), les techniques de prise de notes ouverte sont souvent soumises à certaines contraintes : d'abord, *la non-ubiquité visuelle de l'observateur*, du fait du déroulement des cours dans différents lieux de formation (salle de cours, salle des OTD, hangar) qui ont rendu la prise de note moins ergonomique dans certains cas ; ensuite, *la vitesse d'écriture cumulée*, et pour ce qui nous concerne, la contrainte supplémentaire de l'ajout du

passage de l'oralité du cours en anglais vers l'écriture en français ; de plus, *la nécessité d'une longue immersion pour repérer des récurrences*, sachant que certains cours peuvent durer plusieurs semaines, ce qui rend difficile le repérage des praxéologies communautaires ; et enfin, *la constitution d'un protocole difficilement reproductible*, pour laquelle la traçabilité ne peut pas se standardiser.

Néanmoins, ces prises de notes nous ont permis de mieux appréhender le métier d'instructeur, de commencer à regrouper les tâches afférentes à l'usage du numérique en formation aéronautique.

4.2. Cadre juridique

Chaque acteur impliqué par la captation vidéo a été informé de son usage et de leurs droits. Nous avons fait signer pour chacun d'entre eux (incluant les instructeurs et les interprètes) une autorisation de captation et d'exploitation conformément à la Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés⁶⁰.

Il va sans dire que lors d'observations uniquement par prise de notes aucun document d'autorisation n'a été fait signer.

4.3. Préparation du terrain

Lorsqu'il a été possible, nous avons opté pour un dispositif de captation vidéo avec des caméras fixes et/ou changeantes posées sur un trépied plutôt qu'à l'épaule, car cela permet d'obtenir des séquences et des enregistrements plus longs et qui peuvent être analysées ensuite par des chercheurs non présents durant les enregistrements. En revanche, « l'expérience montre qu'une seule caméra cadrée sur l'enseignant ne suffit pas, dans la mesure où l'on reste aveugle à l'environnement de la pratique de l'enseignant, c'est-à-dire à ce qui se passe dans le reste de la classe » (Veillard, 2013, § 30). D'autant que d'une part, les formations incluent très souvent un interprète partie prenante du système didactique et d'autre part, l'organisation de la pratique enseignante dépend également du positionnement et de l'usage du simulateur dans la salle de cours. Nous avons donc privilégié la mise en place de caméras par champs croisés. De plus, notre préparation s'est faite en collaboration avec les instructeurs impliqués, tant sur le choix du chapitre du cours et du moment d'intervention que des déplacements dans la classe. Pour mettre en place le matériel, nous avons dessiné le plan du dispositif (voir ci-après) pour pouvoir le valider et le reproduire sur d'autres cours.

⁶⁰ Voir annexes.

4.4. Captation vidéo et enregistrement

Nous avons donc mis en place un dispositif de captations vidéos lors de séances de cours avec un simulateur de système de cockpit appelé *Helionix Advanced Tools Simulator (HATS)* ou *Helionix Trainer* suivant les modèles et leur génération. Pour rappel, *Helionix* est un système avionique construit par *Airbus Helicopters* qui équipe à ce jour quatre modèles d'hélicoptère de la gamme *Airbus*, mais pourrait être étendu à d'autres modèles. Ce simulateur de tâches partielles peut être utilisé en formation comme outil d'entraînement ou comme outil de transfert entre théorie et pratique pour les pilotes et les techniciens sur tous les aéronefs équipés d'*Helionix*. Il comprend un simulateur de panne et un entraîneur interactif de procédures. Certains modèles sont équipés des manettes de pilotage fixes (Manche « collectif » et manche « cyclique » posées sur une table, le palonnier n'étant pas représenté). Il est généralement implanté sur un ordinateur à forte capacité de calcul et équipé de quatre écrans sur lesquels sont projetés la représentation modélisée du cockpit (avionique, piédestal, et plafonnier) ainsi que l'outil de scénarisation (pannes) et de paramétrage du logiciel. Sur le nouveau cours du H160, il est également reproduit sur un écran mural pour l'afficher au côté du support principal du cours.

Pour rappel, nous avons choisi cet outil pédagogique, car il est un des seuls simulateurs de procédure qui soit utilisés au *Training Academy* de Marignane à la fois par les instructeurs techniciens et par les pilotes, car si la finalité de ce dispositif est d'observer les pratiques en salle de cours et hors salle de cours, elle est également de comparer ces pratiques et les gestes didactiques en fonction du profil de l'instructeur.

Nous avons alors convenu de filmer des séances d'un même chapitre de cours avec différents types d'instructeurs pour comparer les pratiques auprès de trois types d'instructeur à Marignane (mécaniciens, avioniciens et pilotes) sur le même outil avec un même objet c'est-à-dire le même chapitre de cours, en l'occurrence le *système électrique*. Le choix de ce chapitre a été fait en accord avec les instructeurs, en fonction de la similarité de diffusion des trois spécialités, de l'utilisation du simulateur dans le curriculum de la formation et de la possibilité d'observer des situations d'apprentissage en *Normal Functioning* et en *Degraded Functioning* qui correspond à deux niveaux d'enseignement, l'un démonstratif et l'autre par résolution de problèmes.

Nous avons filmé trois séances : une séance dans une salle de cours dans laquelle était positionné le HATS pour un cours de qualification de type de B1.3 (mécaniciens), une séance dans la salle dédiée au HATS pour un cours de qualification de type de B2 (avionique), et un cours au sol pour pilotes dans cette même salle.

Les deux premières séances filmées ont été montées, sélectionnées et retranscrites pour l'analyse didactique. Nous avons également montré ces séances filmées (celle des salles dédiées au HATS) aux deux instructeurs concernés. Ces autoconfrontations n'ont pas été retranscrites.

Nous présentons ci-après, les deux dispositifs mis en place en fonction du type de salle. Le premier se situe dans une salle de cours classique. Toutes les salles étant équipées d'un tableau numérique interactif. Dans celle qui nous concerne, un HATS mobile a été positionné au fond de la salle. Le second dispositif a été installé à l'intérieur d'une salle dédiée aux HATS dans laquelle trois HATS sont à la disposition des instructeurs et des stagiaires, soit en accompagnement du cours, soit en autoformation.

4.5. Agencement du dispositif de captation

4.5.1. Dispositif de la salle de cours n°4

Le premier dispositif est composé des éléments techniques suivants :

- Trois caméras positionnées comme indiqué sur le schéma ci-dessous : La caméra 3 a été déplacée pour fixer la captation sur le HATS lorsque les stagiaires sont positionnés devant le simulateur et autour de l'instructeur.
- La caméra 1 est un caméscope fixé sur un trépied à hauteur d'Homme
- La caméra 2 est une tablette de type iPad fixé à un trépied posé sur une table
- La caméra 3 est un appareil photo de type réflex avec fonction vidéo.
- Un micro-cravate sans fil est porté par l'instructeur.
- Deux micros de type dictaphone sont positionnés pour le premier sur une table au centre des tables en U entre le traducteur et un stagiaire. Et le second près du HATS.

Afin de faciliter le montage, nous avons utilisé un clap de synchronisation du son et de l'image placé à l'intersection des trois champs de vision des caméras entre l'instructeur et les stagiaires. Le montage final son/vidéo a été réalisé avec les logiciels *Camptasia* et *iMovie*.

Ce dispositif n'a été utilisé qu'une seule fois lors d'un cours de mécanicien sur le H175. Nous avons effectué la captation le 13 mars 2019, avec un instructeur mécanicien, quatre stagiaires et un interprète. La durée brute d'enregistrement a été de 1h43.

Il est à noter que durant la captation, nous avons rencontré un problème de fonctionnement de la caméra 1 et nous n'avons *in fine* pu utiliser que de deux angles de vue (Caméra 2 & 3). Nous avons alors rapproché et obliqué le champ de vision de la caméra 2 vers le HATS, et avancer la caméra 3 lorsque le groupe se positionnait autour du HATS.

De plus, l'enregistrement son a été défectueux et la retranscription a été partielle.

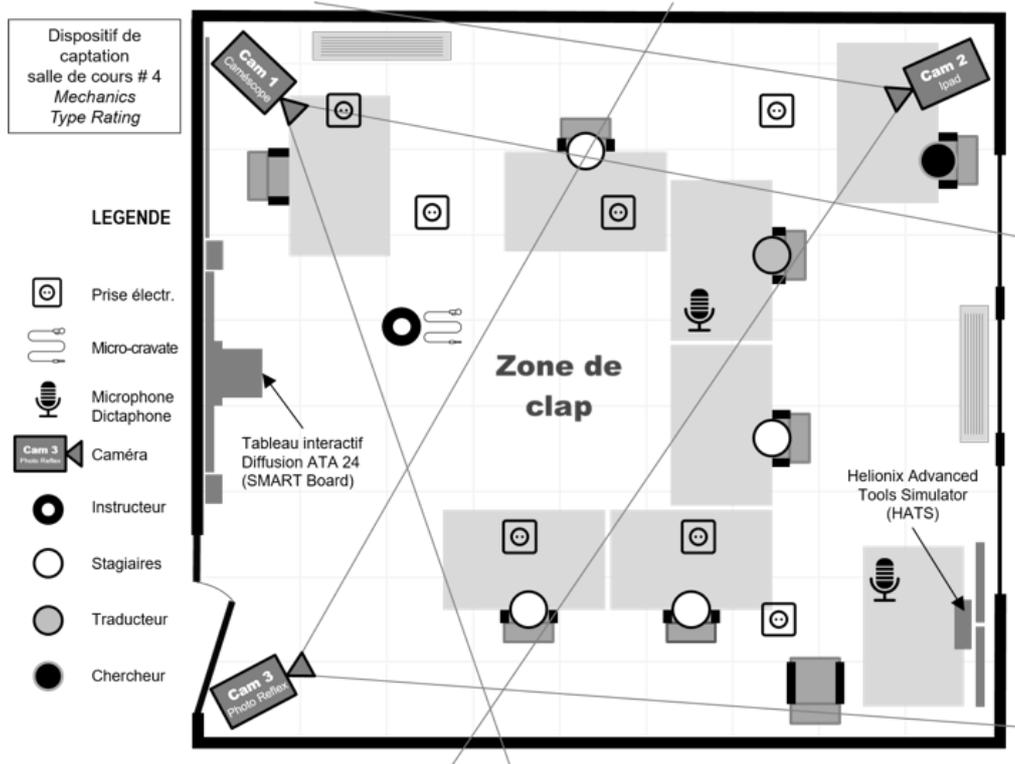


Figure 6 : Dispositif de captation vidéo salle 4

4.5.2. Dispositif de la salle « Labo » des HATS

Le second dispositif est composé des éléments techniques suivants :

- Deux caméras positionnées comme indiqué sur le schéma ci-dessous :
- La caméra 1 est une tablette de type iPad fixé à un trépied posé sur une table. Son champ visuel se situe des stagiaires et de l'instituteur jusqu'à l'interprète.
- La caméra 2 est un smartphone de type iPhone fixé sur un trépied à hauteur d'Homme. L'angle de vue fixe le dos de l'instituteur et des stagiaires et le HATS.
- Un micro de type dictaphone positionné sur une des tables entre les deux stagiaires.

Afin de faciliter le montage, nous avons utilisé également dans ce dispositif un clap de synchronisation du son et de l'image placé à l'intersection des deux champs de vision des caméras dans le dos des stagiaires. Et le montage final son/vidéo a été aussi réalisé avec les logiciels *Camptasia* et *iMovie*.

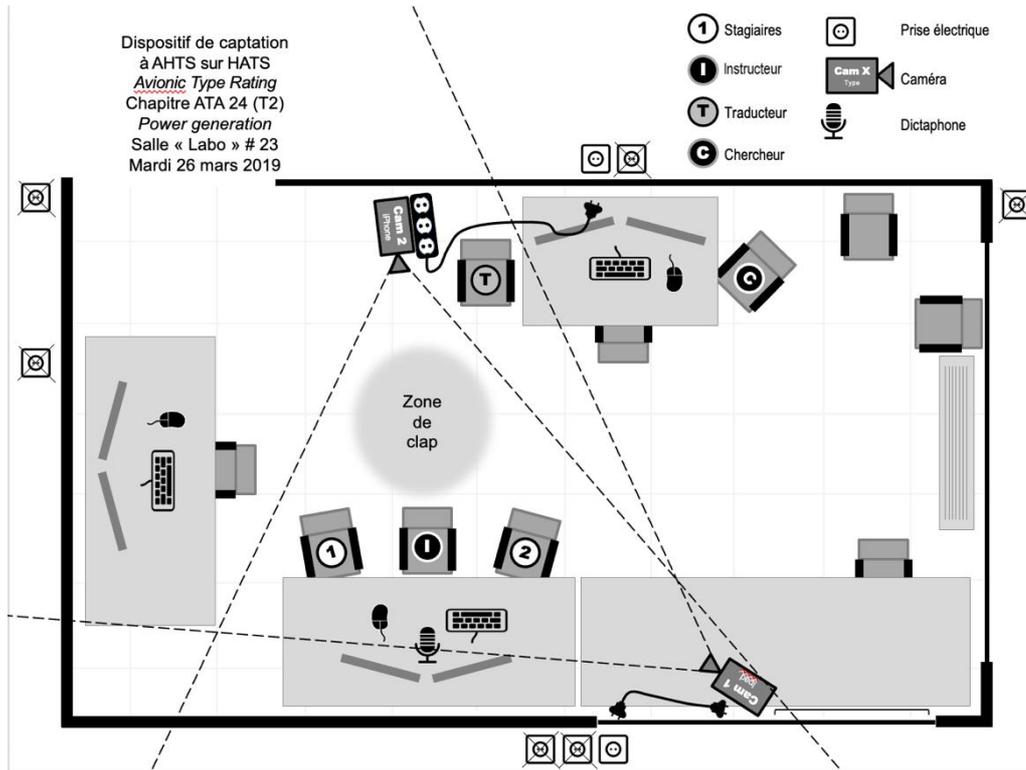


Figure 7 : Dispositif de captation vidéo #1 salle « Labo » HATS

Ce dispositif a été utilisé, la première fois, avec deux stagiaires avioniques, un instructeur avionique et une interprète. Cette dernière était positionnée derrière le groupe qui faisait face aux écrans du HATS. L'instructeur étant assis entre les deux stagiaires. Le doctorant chercheur observait la scène, par prise de notes, assis hors champ des caméras à la gauche de l'interprète. Les prises de note et les captations retranscrites en anglais et espagnol et traduites par l'interprète ont servi l'analyse didactique.



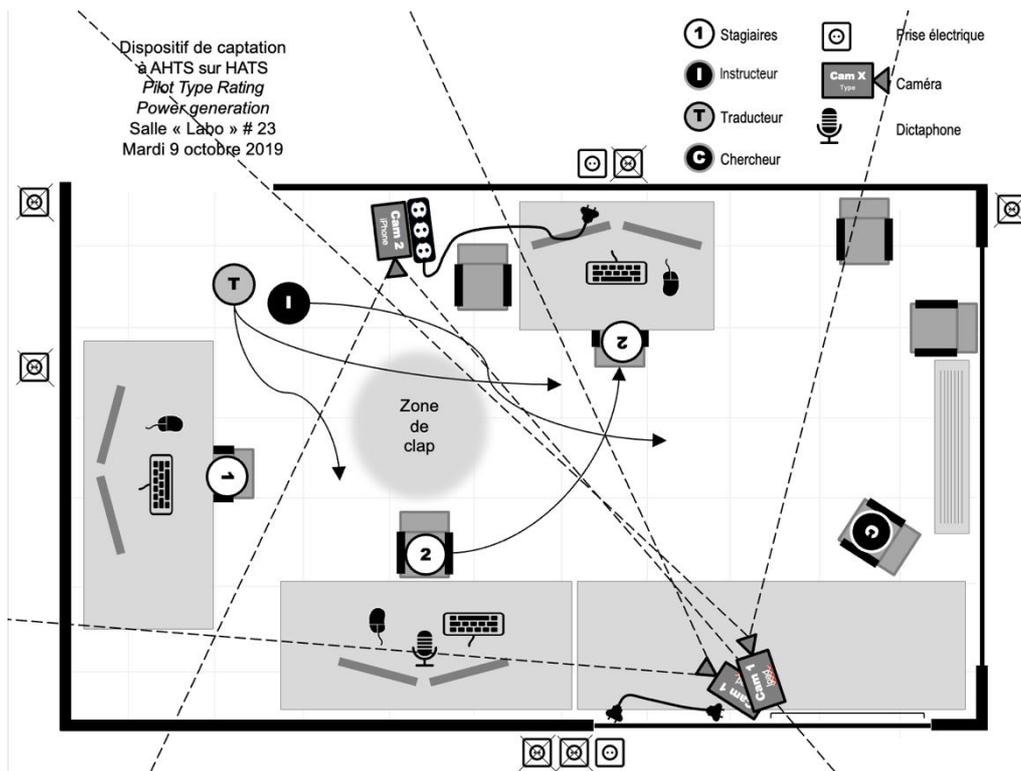


Figure 8 : Dispositif de captation vidéo #2 salle « Labo » HATS

Dans la même salle, le second dispositif comprenait deux stagiaires pilotes, un instructeur TKI et un interprète. Contrairement au dispositif précédent, deux des trois HATS étaient actifs et les stagiaires étaient positionnés individuellement devant un HATS. L'instructeur, en position de *coach*, et l'interprète évoluaient derrière les stagiaires à la demande et au besoin. En cours de séance, le HATS #2 est tombé en panne et le stagiaire 2 s'est déplacé vers le HATS #3. Nous avons alors recadré le stagiaire 2 avec la caméra 1.

5. Dispositif expérimental de groupes d'analyse de pratiques professionnelles (GAPP)

5.1. Introduction

Dans un cinquième temps, nous avons mis en place un dispositif expérimental de groupe d'analyse réflexive des pratiques professionnelles auprès des instructeurs.

L'analyse réflexive de pratiques pédagogiques ne fait pas partie de la culture du milieu de l'aéronautique. Les échanges se traduisent généralement par des *débriefings* ou des *brainstorming* informels ou de discussions par équipe de même spécialité. L'approche ergonomique des situations prévaut à l'approche psychologique (Weill-Fassina & Pastré, 2004); (Boccaro & Delgoulet, 2015). Ils doivent orienter la

conception de formation comme peut le faire de manière plus « évidente » le travail des opérateurs en production (Boccaro & Delgoulet, 2015). En d'autres termes, l'aéronautique et la métallurgie font plus appel à la procédure qu'au processus. De plus, l'essentiel des échanges, s'ils existent, est d'ordre technique. Nous avons pu constater lors de discussions et d'observations que les instructeurs discutent essentiellement des erreurs qu'ils peuvent trouver sur une diapositive d'un cours représentant le schéma d'un circuit, des problèmes de fidélité rencontrés sur des outils numériques ou des évolutions technologiques et conceptuelles de l'aéronef. La pédagogie, les notions de relations éducatives, le rapport au savoir (ou plus généralement aux praxéologies) sont rarement évoqués entre professionnels de l'instruction. Nous pensons alors *à priori* que la mise en place d'un espace organisé et structuré d'expression puisse faire évoluer les mentalités et développer la réflexivité des acteurs de la formation. Cette démarche entre dans le cadre de la professionnalisation des instructeurs énoncée dans la CIFRE et sa visée expérimentale.

5.2. Définition

Il convient premièrement de définir les groupes d'analyse de pratiques et leur visée. Nous avons pour cela réalisé une revue de la littérature scientifique spécifique à ce sujet, afin d'identifier un cadre de référence théorique pertinent, au mieux adapté à notre contexte.

Blanchard-Laville et Fablet (Blanchard-Laville & Fablet, 1996) en donnent cette définition :

- « Est regroupé sous l'appellation d'analyse de pratiques professionnelles, toutes activités, qui sous cette appellation ou une appellation similaire :
- Sont organisées dans un cadre institué de formation professionnelle, initiale ou continue ;
 - Concernent notamment les professionnels qui exercent des métiers (formateurs, enseignants, travailleurs sociaux, psychologues, thérapeutes, médecins, responsables de ressources humaines...) ou des fonctions comportant des dimensions relationnelles importantes dans des champs diversifiés (de l'éducation, du social, de l'entreprise, etc.) ;
 - Induisent des dispositifs dans lesquels les sujets sont invités à s'impliquer dans l'analyse, c'est-à-dire à travailler à la co-construction du sens de leurs pratiques et/ou à l'amélioration des techniques professionnelles ;
 - Conduisent à une élaboration en situation interindividuelle, le plus souvent groupale, s'inscrivant dans une certaine durée et nécessitant la présence d'un animateur, en général professionnel lui-même dans le domaine des pratiques analysées, garant du dispositif en lien avec des références théoriques affirmées »

(Blanchard-Laville et Fablet, 1996, p. 262-263).

Les groupes d'analyse de pratiques professionnelles (GAPP) que nous avons désignés comme tels pour une meilleure lecture de l'acronyme et dont les appellations sont diverses (Altet, 2000), sont des dispositifs basés sur l'analyse, en groupes restreints, de pratiques professionnelles vécues à partir d'un récit différé. Ils

s'adressent à des professionnels d'un même milieu, débutants ou non, pouvant rencontrer des difficultés ou non, mais surtout désireux de mieux comprendre leurs pratiques afin de les faire évoluer. Ils peuvent intéresser les enseignants, les formateurs et donc les instructeurs, mais ne sont pas réservés aux métiers de l'éducation. Ils peuvent s'adresser aussi au milieu de la santé, à celui du travail social, et à celui du management, et généralement à tout métier ayant trait aux rapports humains.

Le Groupe d'Analyse de Pratique, selon Robo (Robo, 2002), sur lequel nous nous appuyons pour monter notre dispositif, est basé sur une « démarche clinique [afin...] de prendre du recul vis-à-vis d'une pratique : [...] ; elle permet d'élaborer des hypothèses ou des stratégies d'action par la réflexion individuelle ou collective ». Généralement constitué d'un animateur dont le rôle de « maître du temps », de régulateur, de garant du bon fonctionnement du groupe est fondamental et d'un exposant choisi parmi des participants en groupe restreint. Il est important de préciser que les sujets exposés à analyser ne sont connus qu'au sein du groupe et au moment de l'exposé. Pas avant pour éviter toute forme de préparation ou de positionnement subjectif et intéressé. Le rôle de chacun des acteurs est déterminant pour le bon fonctionnement du groupe.

Les participants

Ils décident collectivement et démocratiquement du choix de l'exposé si plusieurs propositions se manifestent. Après la prise de décision sur le choix de l'exposant, ils écoutent l'exposé de la situation, posent des questions d'élucidation, émettent des hypothèses de compréhension, écoutent à nouveau l'exposant lors de la conclusion, puis analysent en groupe la pratique. Autant que faire se peut, aucun participant ne doit se positionner en tant que conseiller, juge, expert ou sachant, ils sont amenés à rechercher, de manière objective, la neutralité dans une démarche empathique.

L'exposant

Sur le principe du volontariat et à la suite du choix du groupe, un des participants décrit un vécu professionnel personnel, puis répond (s'il le souhaite) à des questions d'éclaircissement par le groupe, puis écoute silencieusement des hypothèses de compréhension et d'éventuels modifiables ; et enfin clôture la séance s'il le désire et participe à l'analyse collective de la situation.

L'animateur

Son rôle est essentiel. D'abord dans le dispositif mis en place, il planifie, organise et s'assure de la constitution du groupe. Ensuite, il installe et redéfinit le protocole aux membres du groupe de participants, en décrivant le cadre, les règles et en précisant les objectifs in fine. Il fait également procéder à l'émergence puis à la décision du choix de la situation proposée (généralement de manière négociée avec les autres participants).

Il est garant de la gestion du temps, des prises de parole, du respect du protocole et des règles de fonctionnement et de vie, de l'intégrité des participants, et de l'orientation des débats. Il peut et doit si nécessaire recadrer un débat qui aurait tendance à sortir du cadre de l'exposé. Il peut intervenir dans l'analyse et rédige, puis publie à la fin le compte rendu de la séance.

Tous les participants contribuent avec l'animateur au temps d'analyse de la pratique. Robo (Robo, 2002) rajoute un niveau de méta-analyse que nous n'avons pas pris en compte dans ce contexte, mais que nous utilisons dans la recherche comme analyse didactique.

Le groupe d'analyse de pratiques professionnelles a donc pour objectif d'aider un acteur professionnel (celui qui va exposer une situation) à mieux lui faire comprendre le contenu d'une expérience, vécue et singulière, qu'il présente sans pour autant lui apporter des réponses ou lui prodiguer des conseils. Le groupe d'analyse de pratique exclut toutes formes d'attitudes, de jugements, de postures d'expert. C'est la réflexion collective qui prime. Pour notre protocole, nous l'avons étendu à l'ensemble de l'entreprise dans le but de faire apparaître une plus grande richesse de points de vue.

5.3. Le dispositif

5.3.1. Les différentes phases

Le dispositif que nous avons mis en place s'appuie sur le protocole préconisé par Robo (Robo, 2002), selon lequel le nombre de participants hors animateur ne doit pas dépasser cinq personnes.

Il est découpé en six phases de 0 à 5. Chaque phase est définie, chronométrée et cadrée. Elle représente un moment déterminé qui démarre par la phase 0⁶¹, phase de démarrage, en passant par la phase 1, le moment de l'exposé, puis la phase 2 des questions et la phase 3 des hypothèses, ensuite la conclusion en phase 4 de et la dernière phase 5 de l'analyse.

Lors de la phase 0 de démarrage, l'animateur décrit le cadre, présente les objectifs, les principes, le déroulement et la répartition du temps. Les participants qui veulent exposer proposent un titre ; puis, décident ensemble du sujet. En cas de vote non majoritaire des candidats participants, l'animateur choisira le sujet et proposera au candidat exposant non retenu de présenter son sujet lors d'un prochain GAPP.

Durant la phase 1 de l'exposé, le participant volontaire et retenu par le groupe présente le récit d'une situation professionnelle vécue. L'animateur rappelle au besoin les consignes de temps et de contenu et peut, durant l'exposé, reformuler pour

⁶¹ Elle est notée « 0 » par l'auteur car se situant avant l'exposé elle n'est pas considérée comme productive de données.

favoriser la compréhension. Les autres participants écoutent.

Au cours de la phase 2 des questions, les participants posent des questions à l'exposant pour recueillir plus d'informations sur la situation. L'exposant y répond. L'animateur, toujours garant des prises de parole et du temps, peut intervenir pour questionner et recentrer les échanges.

Ensuite, au cours de la phase 3, les participants émettent des hypothèses pour la compréhension et l'amélioration, pendant que l'exposant écoute et prend des notes. L'animateur, quant à lui, recentre les idées, guide et veille aux différents niveaux d'analyse. Il peut, s'il le désire et pense être utilisé, participer aux hypothèses.

La phase 4 de conclusion permet à l'exposant de reprendre la parole pour dire quelque chose, ce qu'il veut, et conclure s'il le souhaite. Les autres écoutent.

Enfin, la dernière phase 5 consiste à analyser la séance. L'animateur consigne les différentes phases sur un compte-rendu de GAPP puis la fait valider par le groupe avant sa diffusion.

Le compte rendu rédigé par l'animateur et validé par le groupe est ensuite publié et accessible à toute la communauté. Ce texte peut être alors utilisé pour des actions managériales, ou comme partage de pratiques, ou uniquement pour répondre aux interrogations de l'exposant.

5.3.2. La formation des animateurs

L'animateur réclame pour exercer sa fonction généralement une forte expérience dans le domaine. Malheureusement, n'ayant ni les ressources ni le temps pour donner de l'expérience aux animateurs, nous avons décidé de les choisir parmi le personnel d'AHTA. Nous n'avons pas seulement choisi des instructeurs, car nous considérons que l'hétérogénéité des participants enrichit la réflexion collective. Ce choix s'est effectué d'abord sur la base du volontariat puis dans la capacité emphatique que nous avons évaluée lors de séances d'essai. Nous avons ensuite formé à la pratique d'animateur six d'entre eux. La formation s'est déroulée soit en groupe soit individuellement avec des séances de mise en situation en groupe restreint, puis lors de la première séance de GAPP en situation réelle, nous nous sommes positionnés en tant que participant et observateur. À la fin de la première séance de chaque animateur, nous avons effectué un *débriefing* pour discuter des points à améliorer puis pour aider à la réalisation du compte rendu.

5.3.3. L'organisation

La difficulté de proposer des activités supplémentaires aux instructeurs et autres personnels repose essentiellement sur leur planification, sur la clarté et la diffusion de l'information et sur le traitement motivationnel des participants potentiels. En effet, la plupart des instructeurs lorsqu'ils ne sont pas en cours, sont soit en préparation, soit

en expertise, soit en congés. Leur agenda étant donc très tendu, les possibilités de les inviter à participer à des groupes d'analyse de pratiques sont restreintes. De plus, il est toujours délicat de faire adhérer des personnes à des dispositifs qui leur sont inconnus et dont les pratiques ne sont pas reconnues par les institutions et par leur culture institutionnelle.

Nous avons néanmoins réussi à promouvoir cette pratique d'abord par l'adhésion des animateurs, formés et volontaires comme expliqué plus haut, puis par la voie d'explications informelles individuellement et par la voie d'un imprimé⁶² remis en main propre et diffusé par courrier électronique que nous avons alors conçu et dans lequel nous expliquons le dispositif « GAPP », son organisation, son intérêt. Cette démarche a permis d'encourager l'adhésion de nouveaux participants disponibles aux dates proposées par les animateurs.

5.3.4. Les GAPP effectués

Sur une période allant de décembre 2020 à janvier 2021, nous avons effectué cinq « GAPP ». Les sujets exposés concernaient le processus d'évaluation des instructeurs en interne, la difficulté de la diffusion d'un cours au sol pour des pilotes par un instructeur technicien, l'insatisfaction de stagiaires avant même de commencer un cours, et enfin l'utilisation des outils numériques au sein de l'organisme de formation. Chaque GAPP a duré deux heures en respectant la durée des phases détaillées ci-dessus. Les comptes-rendus écrits par les animateurs et validés par les groupes respectifs ont été déposés sur un serveur et rendus publics à la communauté.

Ce dispositif de Groupes d'analyse de pratiques professionnelles nous a servi à l'analyse didactique et praxéologique et sert également à l'expérimentation future destinée à la professionnalisation des instructeurs par le développement de leur pratique réflexive.

6. Enquête par questionnaire

6.1. Introduction

Pour faire face à la problématique de la baisse d'activité survenue au premier trimestre 2020, cumulative à la crise sanitaire et ses confinements et au manque de formation sur les hélicoptères équipés du système *Helionix*, nous avons adjoint à notre projet de recherche la construction d'un questionnaire à destination des instructeurs du groupe *Airbus Helicopters* pour mieux connaître et comprendre leur rapport aux outils numériques utilisés dans leur pratique formative. Il n'était pas prévu initialement d'interroger tous les instructeurs du réseau à l'international, car la CIFRE

⁶² Voir annexes

avait été initiée par l'entreprise AHTS pour s'intéresser aux problématiques de Marignane. Néanmoins, ce dispositif a eu pour premier avantage de s'affranchir de la possible absence des acteurs sur site consécutive aux contraintes sanitaires et également a permis de recueillir des descriptions des actions des acteurs sociaux dans leurs pratiques numériques et pédagogiques en prenant de la distance par rapport au contexte local de la recherche.

Dans son livre sur le questionnaire, De Singly (2020) relaye l'idée de Bourdieu et Passeron selon laquelle l'enquête par questionnaire a pour ambition première d'« expliquer ce que les acteurs font par ce qu'ils sont, et non pas ce qu'ils disent de ce qu'ils font » contrairement à l'entretien. Néanmoins, l'apport de ce dernier permet d'écouter ce que les acteurs sociaux disent de leurs propres pratiques pour en dégager ensuite les éléments les plus pertinents afin, comme le préconise ce même auteur (De Singly, 2020), « d'élaborer progressivement une problématique, un questionnement théorique qui servira de support à la seconde phase, celle de la formulation du questionnaire. » C'est dans cette optique que nous avons conçu ce questionnaire.

Le questionnaire est construit pour répondre à une démarche de recherche mixte articulant une approche aussi bien quantitative que qualitative. La démarche est quantitative et déductive en ce qui concerne les dimensions déjà explorées dans les autres dispositifs que nous venons de décrire à partir du cadre théorique de la didactique et pour lesquelles nous souhaitons mieux saisir le degré et la nature de l'utilisation des outils numériques pour alimenter notre connaissance du rapport personnel et institutionnel à ces outils. La démarche est inductive en ce qui concerne les dimensions que nous estimons encore à explorer dans une approche qualitative afin d'être en mesure de décoder le sens que les acteurs attribuent aux outils numériques dans la formation. Cette démarche inductive, qui donne un « statut fort » au terrain (Van Campenhoudt et al., 2017, p. 194), a été centrale tout au long de notre recherche en interaction étroite avec le terrain, nous a semblé essentielle à préserver dans ce dispositif d'enquête par questionnaire. Nous avons intégré cette écoute à la parole libre des participants dans les questions ouvertes, afin de laisser au mieux une liberté de parole (et de témoignage) aux répondants.

Il est à noter que le questionnaire a été testé et validé par un petit groupe d'instructeurs disponible à Marignane. L'objectif de ce prétest a été d'évaluer la clarté, la précision et la justesse des termes utilisés et des questions posées, la forme des questions, la syntaxe de la formulation en anglais, la durée de réponse, et d'éliminer toutes les questions ambiguës ou refusées, et de repérer les omissions principalement sur les qualifications, licences et autres outils. (Vilatte, 2007)

6.2. La population

La conception d'un questionnaire, centré sur une pratique ou un usage, commence par la définition des questions de recherche et la délimitation des contours

des pratiques étudiées (De Singly, 2020). Il est en effet impossible de tout observer, en particulier lors de situations complexes et des choix doivent être fait.

Le premier concerne la distinction entre instructeur-pilote et instructeur-technicien. Nous aurions pu établir un questionnaire commun aux deux communautés de pratiques, mais tant les outils pédagogiques utilisés que leurs terminologies et leurs fonctions dans la formation étant dissemblables, ainsi que les questions relatives à l'usage de tel ou tel outil n'auraient pas pu concerner les deux professions de la même manière. Nous avons donc décidé d'établir deux questionnaires distincts avec des questions communes et des questions propres à la spécialité en interrogeant des pratiques identiques, mais avec des outils différents.

Le deuxième choix concerne la population ou l'univers ciblé. À l'origine, nous voulions interroger l'ensemble des instructeurs pilotes et techniciens qualifiés par l'EASA afin de garantir un volume et une certaine représentativité de la communauté des instructeurs d'hélicoptères. Malheureusement, il n'existe pas de fichier référencé de l'ensemble des instructeurs au sein des Autorités européennes et même de la France. La raison principale vient du fait qu'un instructeur est rattaché à un ATO ou MTO et non à une autorité aéronautique, et il peut de surcroît être qualifié auprès de plusieurs autorités en même temps. De fait, les listes auraient pu éventuellement être demandées auprès de chaque organisme de formation sur la base du fichier du personnel, mais d'abord, le risque de refus dû à la confidentialité professionnelle était trop grand ; puis, il existe environ une soixantaine d'ATO uniquement en France ce qui rend déjà la tâche longue et fastidieuse, et de surcroît, selon les dires du responsable des ATO de la DSAC, seulement une très faible majorité d'instructeurs pilotes utilise des OTD ou MTD dans leur cours au sol. Ce qui est moins vrai en Europe, mais l'enquête individuelle aurait demandé un travail chronophage sans être certain de l'efficacité de la démarche. D'autant que cette enquête ayant débuté en troisième année de thèse, le temps et les moyens restants n'étaient pas suffisants pour s'engager dans ce genre d'investigation.

Nous avons donc décidé de nous limiter aux instructeurs du groupe *Airbus Helicopters* et de ses filiales. Là non plus, aucun fichier à jour n'était disponible. Mais, nous avons pu le constituer avec l'aide des responsables de chaque région qui ont envoyé un mail à leur représentant d'une part pour présenter la recherche, et d'autre part, pour qu'ils nous envoient la liste des instructeurs pilotes et techniciens de chaque filiale.

Une fois le fichier reçu, nous avons constaté qu'il ne contenait que peu de détail quant aux caractéristiques de la population totale et qu'il n'était pas complet. En effet, nous n'avons reçu aucune liste des techniciens allemands. L'Australie, la Malaisie, le Kazakhstan et Helisim ne possèdent pas de technicien. Eu égard à ces quelques facteurs limitatifs, la liste finale constituée au moment de l'enquête s'établissait comme suit :

93 pilotes instructeurs.

87 techniciens dont 52 mécaniciens, 31 avioniques, un avec la double compétence (avionique et mécanicien), deux instructeurs spécialisés dans le matériau composite et un instructeur responsable des formations des instructeurs.

Nous présentons ci-dessous les tableaux de la répartition des personnes interrogées et le taux de réponse de la population d'abord des pilotes ci-dessous puis des techniciens, ci-après, et l'écart que cela représente entre le nombre d'envois et le nombre de réponses par centre. Le premier constituant la population interrogée en fonction du fichier du personnel qu'Airbus a pu nous fournir et le second représente le nombre de réponses constituant l'échantillon.

	Population		Echantillon		Ecart	
	Nombre total	Pourcentage par centre	Nombre de répondants	% de répondants par centre	Nombre de non répondants	% de réponses
Airbus Helicopters Australia	3	3%	1	2%	2	33%
Airbus Helicopters Chile	1	1%	0	0%	1	0%
Airbus Helicopters China Co Ltd	0	0%	0	0%	0	-
Airbus Helicopters Deutschland	10	11%	1	2%	9	10%
Airbus Helicopters Espa	2	2%	1	2%	1	50%
Airbus Helicopters Inc (AHNA)	14	15%	2	5%	12	14%
Airbus Helicopters Japan	8	9%	3	7%	5	38%
Airbus Helicopters Malaysia	4	4%	2	5%	2	50%
Airbus Helicopters Mexico	1	1%	1	2%	0	100%
Airbus Helicopters South Africa	2	2%	2	5%	0	100%
Airbus Helicopters South-East Asia	2	2%	1	2%	1	50%
Airbus Helicopters Training Services	23	25%	16	38%	7	70%
Airbus Helicopters United Kingdom	2	2%	2	5%	0	100%
Eurocopter Kazakhstan Engineering (ECKE)	1	1%	1	2%	0	100%
Helibras Helicopteros do Brazil	6	6%	5	12%	1	83%
Helisim	14	15%	4	10%	10	29%
Total	93	100%	42	100%	51	45%

Tableau 3 : Répartition des personnes interrogées et le taux de réponse de la population des pilotes par centre

6.3. La taille de l'échantillon

Compte tenu de la faible densité de la population cible et du manque de dimensions considérées hormis chez les instructeurs techniciens pour lesquels nous distinguons clairement les mécaniciens des avioniques, le choix de l'échantillonnage par quotas pour ces catégories a été privilégié. Sur l'ensemble des deux populations, nous avons également dégagé comme variable indépendante les pilotes des techniciens, lorsque des questions communes seront concernées.

Parmi les 93 instructeurs pilotes interrogés, nous avons reçu 42 réponses, soit 45 % de répondants. Ce résultat peut paraître faible, mais s'explique par le fait que les pilotes, qui sont majoritairement des instructeurs et examinateurs pilotes en vol

(TRI/TRE), sont focalisés par leurs missions aériennes à travers le monde et moins préoccupés et peu disponibles pour les tâches hors vol. Leur disponibilité, même sur des périodes longues, n'est pas assurée. Néanmoins, la seule représentativité que l'on peut retenir chez les pilotes, compte tenu du manque de détails sur la population cible, est la répartition géographique.

De la même manière que pour les pilotes, les tableaux ci-dessous représentent le nombre de répondants, constituant l'échantillon, par rapport au nombre de personnes interrogées constituant la population cible. Le premier tableau est réparti par spécialité de technicien, le second par centre. Nous constatons que la taille de l'échantillon des techniciens est plus représentative. Ils ont été 47 sur les 87 à répondre (54 %) (voir le second tableau ci-dessous par répartition par centre). Et nous avons une majorité représentative sur la répartition par spécialité, car le pourcentage de l'échantillon de mécaniciens et d'avioniques correspond à l'ensemble de la population de référence, comme le montre le premier tableau ci-dessous.

Spécialité	Nombre population		nombre de répondants		
		% population		% de répondants	% de réponses
Airframe (B1.3)	52	60%	30	64%	58%
Avionic (B2)	31	36%	16	34%	52%
Other	4	5%	1	2%	25%
Total	87	100%	47	100%	54%

Tableau 4 : Taux de participation des instructeurs-techniciens par spécialité

	Population		Echantillon		Ecart	
	Nombre total	Pourcentage par centre	Nombre de répondants	% de répondants par centre	Nombre de non répondants	% de réponses
Airbus Helicopters Australia	0	0,0%	0	0%	0	-
Airbus Helicopters Chile	1	1,1%	1	2%	0	100%
Airbus Helicopters China Co Ltd	1	1,1%	1	2%	0	100%
Airbus Helicopters Deutschland	0	0,0%	0	0%	0	-
Airbus Helicopters Espa	3	3,4%	1	2%	2	33%
Airbus Helicopters Inc (AHNA)	10	11,5%	7	15%	3	70%
Airbus Helicopters Japan	4	4,6%	1	2%	3	25%
Airbus Helicopters Malaysia	0	0,0%	0	0%	0	-
Airbus Helicopters Mexico	3	3,4%	0	0%	3	0%
Airbus Helicopters South Africa	1	1,1%	1	2%	0	100%
Airbus Helicopters South-East Asia	6	6,9%	1	2%	5	17%
Airbus Helicopters Training Services	53	60,9%	29	62%	24	55%
Airbus Helicopters United Kingdom	2	2,3%	0	0%	2	0%
Eurocopter Kazakhstan Engineering (ECKE)	0	0,0%	0	0%	0	-
Helibras Helicopteros do Brazil	3	3,4%	5	11%	-2	167%
Total	87	100%	47	100%	40	54%

Tableau 5 : Taux de participation de l'échantillon des techniciens par centre

Sur l'ensemble des instructeurs interrogés, seulement la moitié ont répondu à notre questionnaire, et ce malgré deux relances. Même les instructeurs de Marignane (Airbus Helicopters Training Services) ne sont que 70 % pour les pilotes et 55 % pour les techniciens à avoir répondu. Après discussion auprès de certains d'entre eux, les raisons invoquées seraient plutôt dû à leur charge de travail essentiellement en déplacement (en moyenne 50 % des instructeurs dispensent les formations hors site de Marignane).

6.4. Outil de conception et de diffusion

Le questionnaire a été conçu et élaboré à partir le logiciel Sphinx Declic 2 entièrement en ligne (la version diffusée est reproduite en page 333 de l'annexe C). En revanche, nous n'avons pas utilisé, pour une raison de confidentialité, le logiciel pour diffuser le questionnaire. Nous n'avons donc eu aucune donnée de suivi de réponses hormis le nombre de participations. Nous avons envoyé le lien du questionnaire par mail à partir de notre adresse professionnelle d'Airbus. Le corps du mail a été rédigé pour les pilotes comme pour les techniciens comme suit :

Subject: Pedagogical survey on digital training tools

Dear instructor,

My name is Philippe Bonnet. I am currently working on a thesis in the frame of a partnership between Airbus and Aix-Marseille University, France. My thesis deals with the use of digital tools for ground-based training courses. My area of focus is how instructors use digital training tools (for those available), and which tools may be deemed particularly useful for training in the classroom.

I have prepared a questionnaire that I would like you to answer.

The questionnaire will take about 15 minutes to complete.

Terms and conditions of answers:

- This is not an Airbus survey;
- Your reply to this questionnaire is only on voluntary basis, there is no obligation to answer; but the more the community responds, the more representative the responses will be;
- All data collected will remain confidential and will be treated anonymously;
- Results will be available on demand.

Please click on the link below to answer:

<http://sphinx2.espe.univ-amu.fr/v4/s/jvxius>

Thank you in advance for your participation

Philippe BONNET

Project manager & PhD Student

Faculté des Arts, Lettres, Langues et Sciences humaines (Aix-Marseille université)

Ecole doctorale Cognition, Langage, Education (ED 356) - Laboratoire ADEF (EA 4671)

ESTMV - Airbus Helicopters Training Services

T +33 (0)4 42 85 84 70

P +33 (0)6 16 99 63 06

E philippe-philippe.bonnet@airbus.com

Airbus Helicopters Training Services

Aéroport International Marseille-Provence

13725 Marignane Cedex

France

6.5. Les questions

6.5.1. Introduction autour des questionnaires

Le choix des questions a été fait en fonction des critères relevés dans notre enquête exploratoire. Ces critères s'appuient sur l'identification et la volonté d'exploration plus poussée des conditions et des contraintes de la formation instrumentée dans le milieu de la formation aéronautique industrielle. Il s'agit de repérer les méthodes pédagogiques utilisées en cours, les conditions et contraintes (nous appellerons ces dernières, pour une meilleure compréhension par la communauté des instructeurs, « obstacles ») et enfin les aides apportées aux instructeurs sur leurs usages et en particulier la formation associée à l'introduction de ces outils. Nous avons également voulu identifier le profil des instructeurs interrogés, non représentatif de la population de référence, ou du moins non identifié, mais intéressant pour une exploration plus approfondie des données recueillies.

Nous avons subdivisé le questionnaire en quatre parties :

La première partie *About you* interroge le profil des instructeurs : leur genre, leur âge, leur centre de formation, leur(s) licence(s) *ab initio* pour les pilotes et de maintenance pour les techniciens, les heures de vol des pilotes, leurs qualifications, leur position institutionnelle, leur expérience d'instructeur, et sur quel modèle s'adresse leur qualification. Même si le fichier de la population n'apporte pas ce niveau de précision sur la qualité de l'instructeur, il nous paraissait important de détailler ces variables pour analyser les résultats en fonction des caractéristiques de chacun d'entre eux.

Dans la deuxième partie *Other Training Devices (OTDs) use* pour les pilotes et *Digital tools use* pour les techniciens, nous interrogeons la pratique enseignante des instructeurs avec des outils numériques de formation. Pour les pilotes, nous excluons les outils de type FSTD crédités (FNTP, FTD, FFS), considérés comme des outils de la formation dite « pratique » pour l'EASA. Nous nous intéressons uniquement aux outils utilisés dans la partie théorique de la formation d'un pilote, les OTD. Pour les techniciens, il s'agit des MSTD ou MTD disposés en salle de cours, hors hangar à maquettes réelles. Les listes présentées sont basées sur les outils couramment utilisés dans les centres de formation *Airbus*, comme détaillés dans la section 4.3 du chapitre 2 : « Les outils numériques de formation utilisés en cours au sol chez AHTA ».

La troisième partie « *Training of OTDs or MSTDs use* » concerne la formation des instructeurs à l'usage des outils numériques utilisés en formation. La question qui se pose dans cette partie est de savoir si un accompagnement est prévu par l'institution ou comment ces outils sont appréhendés par les instructeurs.

La dernière et quatrième partie « *Your free speech* » laisse libre court aux répondants de s'exprimer à l'aide de deux questions ouvertes sur les axes

d'amélioration et les contraintes qu'ils estiment subir dans la pratique de leur métier avec ses outils.

6.5.2. Préambule du questionnaire

En introduction, pour chacun des deux questionnaires, nous avons précisé l'objet du questionnaire comme suit :

Pour les pilotes

Purpose

Digital tools are more and more present in ground training courses, furthermore, unlike for airplanes, the civil aviation authorities don't define any rules, rankings, and credits concerning the use of Other Training Devices (OTDs) on helicopters. Simulation tools are thought more in terms of replicability than pedagogical use.

Through this questionnaire, we would like to make a census of the use of these training tools by pilot instructors in and/or outside the classroom

Pour les techniciens

Purpose

Digital tools are more and more present in ground training courses. Furthermore, unlike for airplanes, the civil aviation authorities

don't define any rules, rankings, and credits concerning the digital tools in technical training on helicopters.

Through this questionnaire, we would like to make a census of the use of these training tools by technician instructors in the classroom

Les modalités sur la confidentialité des données recueillies et la durée estimée de réponse sont communes aux deux questionnaires :

Specifications

All data collected remains confidential and will be treated anonymously.

The questionnaire takes about 15 minutes to complete.

We would be grateful if you could answer this questionnaire as honestly as possible. Thank you in advance.

6.5.3. La langue procédurale

Il est à préciser que le questionnaire a été réalisé en anglais, langue admise et commune par l'ensemble des instructeurs du groupe *Airbus Helicopters* et des autorités aéronautiques.

6.5.4. Construction des questions et structure du questionnaire

a) *Description des profils des participants*

Dans ce paragraphe, nous commentons le choix des questions et pour éviter toute redondance d'explication, nous présenterons les questions communes aux deux

questionnaires et celles spécifiques aux pilotes et aux techniciens. Nous désignons la question par un numéro accompagné de P pour pilote, pour T pour technicien et pour PT pour les deux.

Si nécessaire, nous enrichirons nos commentaires par des résultats explicatifs.

PREMIÈRE PARTIE : « ABOUT YOU »

Nous interrogeons dans cette partie les profils des instructeurs.

1 PT. *What is your gender?*

Il est de coutume d'identifier la variable « genre » dans tout questionnaire pour tester son impact, même si en sciences sociales notamment, les recherches sur la question du genre et de l'usage des technologies restent aujourd'hui encore trop marginales et peu visibles (Dagiral, 2006).

Dans la communauté des instructeurs, techniciens et pilotes, la quasi-totalité des instructeurs est du sexe masculin. Sur l'ensemble du réseau Airbus Helicopters, il n'y a qu'une seule instructrice⁶³ pilote et deux instructrices⁴⁴ techniciennes ce qui représente environ 1 % de la population. Seule une des deux techniciennes a répondu au questionnaire. La variable du genre ne sera donc pas prise en compte dans notre étude, car elle n'apportera pas une pertinence précise et une représentativité relative à l'usage des outils numériques de formation.

2 PT. *Which of the following ranges describes your age?*

Ici nous nous intéressons à la tranche d'âge. Même s'il n'existe là non plus quasi pas de fondement théorique sur la notion de tranche d'âge, il est de coutume de découper les tranches d'âge, selon De Singly (De Singly, 2020), de cinq en cinq ans ou de dix en dix. Nous avons opté pour la tranche de dix en dix, de moins de 25 à plus de 65 ans, car la variable de l'âge n'est qu'indicatif dans notre enquête. Nous avons néanmoins commis une erreur qui n'a pas à priori de conséquence sur notre analyse. Nous avons proposé des tranches de réponse superposées à leurs extrémités (25-35, 35-45, 45-55, 55-65). Les personnes dont l'âge est un multiple de 5 ont dû faire un choix (tranche supérieure ou inférieure).

Il est à noter qu'à l'origine, nous ne possédions pas les tranches d'âge de la population ciblée. Cette variable n'est donc pas utilisée pour vérifier la représentativité des réponses.

3 PT. *What training center do you report to?*

L'une des conditions émises par l'institution Airbus est la standardisation de la formation et l'une des contraintes de la formation est l'hétérogénéité culturelle des

⁶³ La féminisation de ce terme que j'emploie ne correspond pas à la réalité. Il est plutôt de coutume de parler d'instructeur-femme.

stagiaires accueillis et ainsi que des instructeurs à travers le monde. Il est donc important de prendre en compte la variable géographique dans notre analyse.

Il existe au sein du *Training d'Airbus Helicopters* 16 centres de formation, filiales du groupe, implantés sur les cinq continents (voir la liste dans le chapitre « 5.2. : La population » et « 5.3. : La taille de l'échantillon, ci-dessus).

4P. What are your pilot licenses and/or certifications ?

Cette question ne concerne que les pilotes. Il n'est pas nécessaire pour un technicien de posséder une licence, il lui suffit de posséder la qualification idoine (Part. 145) et l'expérience nécessaire pour pratiquer son métier, contrairement aux pilotes qui doivent posséder des licences de pilotages à jour. Comme présenté dans le paragraphe 5.2 : « Les licences, certifications et qualifications aéronautiques », la licence de pilotes peut être obtenue à titre privé (Licence de Pilote privé - PPL(H)) ou à titre professionnel (Licence de pilote professionnel hélicoptère - CPL(H) et Licence de pilote de ligne hélicoptère - ATPL(H)). Nous n'avons pas pris en compte les qualifications de VFR (*Visual Flight Rules*) et l'habilitation au vol de nuit avec des jumelles à vision nocturne (JVN). Certains instructeurs peuvent la posséder, mais elle n'est pas représentative de l'ensemble des instructeurs qui délivrent des qualifications de type. En revanche, nous avons ajouté les licences militaires qui sont acquises hors du cadre civil et les licences avec la qualification de vol aux instruments dite « IR » (*Instrument Rating*) qui suit les règles de vol en IFR (*Instrumental Flight Rules*), obligatoire pour les hélicoptères en équipage.

La liste des propositions de licences pilote est la suivante :

- CPL(H)
- PPL(H)
- ATPL(H)/IR
- CPL(H)/IR
- Military licence
- Other

4T. What is your specialty?

La variable à priori la plus représentative de notre questionnaire. Les réponses à cette question devront permettre de comparer les deux spécificités techniques des instructeurs d'un MTO.

Comme nous l'avons spécifié dans le contexte, les spécialités des instructeurs-techniciens du groupe sont, soit « *Airframe – Mechanic Technician Instructor (B1.3)* », soit « *Avionic Technician Instructor (B2)* ». Nous avons rajouté deux spécialités qui existent au sein du Training d'Airbus : *Structure Repair Instructor* et *Deep Maintenance Instructor*, même si cette dernière ne concerne que les mécaniciens.

Contrairement aux pilotes, nous n'avons pas trouvé nécessaire de proposer un choix complémentaire, car la liste composée est exhaustive au regard de la réglementation.

5P. How many helicopter flight hours have you completed (for all helicopter types)?

L'expérience d'un pilote se calcule sur le type de missions effectuées durant sa carrière, mais surtout en fonction de ses heures de vol (toutes activités confondues), même s'il est important de préciser que ce calcul est basé sur du déclaratif. À chaque vol, un pilote remplit son carnet de vol, en précisant les heures en vol et la mission effectuée (lors de formation ou en mission opérationnelle).

Comme pour l'âge, nous avons découpé les propositions de réponse par tranche. De moins de 500 heures de vol à plus de 5000 heures. Contrairement à l'âge, nous avons respecté les espaces entre paliers : « *Less than 500 hours – Between 501 and 1499 hours – Between 1500 and 2999 hours – Between 3000 and 3999 hours – Between 4000 and 5000 hours – More than 5000 hours* ».

6P. What are your instructor qualifications?

De la même manière que la quasi-totalité des questions relatives au profil des instructeurs, nous ne possédions pas cette donnée dans la population cible. Nous interrogeons donc la population pour connaître cette répartition.

7P et 6 T. What position do you hold in your company?

Il existe plusieurs fonctions dans un ATO, comme détaillées dans le paragraphe 3 du Chapitre 1 . Nous avons rajouté, à la liste énoncée plus haut, la fonction de chef d'équipe « *Team Leader* », et d'instructeur sénior qui caractérise un nombre d'heures d'instruction supérieure à 4500. Étant donné qu'il n'existe aucune référence officielle sur la nature des fonctions, nous avons donné la possibilité au répondant d'ajouter des fonctions que nous n'aurions pas proposées. Pour rappel, toute qualification est obligatoire pour enseigner dans la spécialité et la fonction qui concerne la formation.

Pour les techniciens, les fonctions d'un MTO n'étant pas répertoriées dans les textes officiels hormis le *Training Manager*, nous avons listé les emplois connus au sein du Training d'Airbus : *Training Manager* (déjà évoqué), *Deputy of Training Manager* (son adjoint qui n'existe à notre connaissance qu'AHTA Marignane et qui est responsable des équipes d'instructeurs), *Team Leader* (Chef d'équipe par catégorie d'hélicoptère et par spécialité), et *Instructor*. Pareillement aux pilotes, nous avons laissé la possibilité aux répondants d'ajouter ou de préciser des fonctions.

10P et 5 T. What type of helicopter are you qualified on?

Il est là question d'identifier la répartition des qualifications des instructeurs par type d'hélicoptère. La qualification identifie le type de machines sur laquelle l'instructeur est qualifié et aussi le type d'outils à sa disposition. Chaque catégorie et

chaque type de machine possède des outils spécifiques.

De plus, un instructeur peut se qualifier sur un nouveau type de machines en fonction des besoins en formation et donc également de la vente des hélicoptères auprès de la clientèle d'Airbus. Il n'est donc pas étonnant de constater que la répartition des qualifications est en total accord avec la flotte en activité et/ou les commandes en cours.

8P et 7 T. *What year did you first become an instructor?*

Nous interrogeons ici l'expérience dans la fonction. Il est important de distinguer l'ancienneté (question suivante) de la première expérience. Un certain nombre d'instructeurs interrompent leur métier d'instructeur pour retourner à l'opérationnel avant de revenir à l'instruction.

9P et 8 T. *How many years of instructor experience do you have all categories included?*

Comme mentionné ci-avant, les années d'expérience d'un instructeur ne sont pas obligatoirement situées en fin de carrière. Cette variable va nous permettre d'identifier le ratio de l'expérience avec la pratique professionnelle.

b) Rapports et utilisations aux outils de formation

DEUXIÈME PARTIE : «OTHER TRAINING DEVICES (OTDS) USE» & «DIGITAL TOOLS USE»

11P et 9 T. During the training if you use OTDs/Digital Tools from the list below how do you use them?

Il nous importe ici de connaître les méthodes pédagogiques utilisées lors d'une formation instrumentée en fonction de l'outil. Lors de nos observations en salle de cours ou hors de la salle et lors des entretiens effectués en début de thèse, nous avons remarqué que les instructeurs emploient les simulateurs essentiellement comme des outils de démonstration. Ils utilisent des méthodes pédagogiques essentiellement expositives, transmissives, magistrales ou démonstratives. Or, les pratiques pédagogiques devraient, selon la littérature, être plus centrées sur la mise en situation des apprenants par l'intermédiaire d'environnements numériques, qui reproduisent les conditions opérationnelles des compétences à maîtriser (Bonfils, Collet, Durampart, & Duvernay, 2015) que sur des méthodes classiques. Il convient alors de tester le style professionnel utilisé par les instructeurs en fonction des outils à leur disposition.

La seule différence qui existe par rapport à la question des pilotes tient du type d'outil. Si pour les pilotes, le terme d'OTD est accepté et entendu par la quasi-totalité des pilotes, chez les techniciens les termes de MTD ou MSTD ne sont pas connus par l'ensemble de la communauté. Nous avons donc choisi le terme de *Digital Tools* plus approprié. Parmi les deux listes, seuls trois modèles d'outils de formation sont utilisés à la fois par les pilotes et par les techniciens. Il s'agit des émulateurs de circuit et de système (*Circuit and System Emulator*), des tablettes pour les stagiaires (*Digital Tablets for Trainees*) et du HATS ou *Helionix Trainer*.

Nous avons listé tous les outils à disposition des instructeurs pilotes du *Training d'Airbus Helicopters*.

Comme énoncé dans le paragraphe 6 du chapitre 2, les outils sont les suivants :

- Cockpit Part Task Trainer (CPT)
- FMS simulator
- Circuit and System Emulator
- Avionic Trainer (ex. Helionix Trainer)
- 3D Component Locator (CompLoc)
- Helicopter Flight Training Manual
- Electronic Flight Manuel
- Weight & Balance Software
- Perfo Application
- Digital Tablets for Trainees

Pour chaque outil, nous interrogeons les praxéologies ponctuelles,

institutionnelles et personnelles.

12P et 10 T. Do you consider the above list of OTDs (or digital tools) to be exhaustive?

13P et 11 T. If not, could you describe any OTDs (or digital tools) you can't find on this list and how you use them according to the above suggestions?

Étant donné que nous ne connaissons pas tous les outils utilisés par les filiales, car chacune d'entre elles est autonome de leur gestion, nous demandons de nous décrire les outils réellement utilisés.

14P et 12 T. In your opinion, what are the obstacles to the digital tools' use?

L'objectif premier de cette question est de connaître les conditions et contraintes qui influent sur le système didactique des instructions instrumentées au sol au regard du déclaratif des instructeurs pilotes et techniciens.

Pour les pilotes, la question posée concerne les obstacles aux usages des OTD's. Nous avons opté pour la terminologie «*obstacles*» acceptée en prétest par les instructeurs de Marignane plutôt que les termes de «*constraints and conditions*», peu utilisés dans la communauté aéronautique.

In your opinion, what are the obstacles to the digital tools' use?

	Strongly disagree	Disagree	Agree	Strongly agree	No opinion
OTDs are often not design for training, consequently they are unsuitable for training purposes	<input type="radio"/>				
Instructors are not comfortable with OTDs because they are not trained to use them	<input type="radio"/>				
OTDs' avionics do not correspond to the avionics installed on the actual aircraft	<input type="radio"/>				
It is very time-consuming to use OTDs	<input type="radio"/>				
Instructors don't have a guide that could help them get the trainees working	<input type="radio"/>				
The cost-to-use ratio (cost vs number of trainees per year) is too high	<input type="radio"/>				
Frequent malfunctioning interfere with training	<input type="radio"/>				
The cost of an OTD, including cost of maintenance is too expensive	<input type="radio"/>				
The authorities give no credit for practical training.	<input type="radio"/>				
OTDs use needs particular teaching methods with which instructors are not prepared	<input type="radio"/>				
OTDs regulation is unclear	<input type="radio"/>				

Commentaires sur le choix des items :

OTDs are often not design for training, consequently they are unsuitable for training purposes

Certains outils numériques proviennent de la conception avant d'être transformés en outils de formation. Il s'agit alors de savoir si cette affirmation est perçue comme vraie par les instructeurs et si ces outils correspondent à leur attente et aux besoins en formation.

Instructors are not comfortable with OTDs/Digital Tools because they are not trained to use them

Peut-on déceler un manque de formation, comme les entretiens nous l'ont révélé ?

OTDs' avionics do not correspond to the avionics installed on the actual aircraft

Existe-t-il un écart de fidélité au sens de A. S. Nyssen & de Keyser entre la machine réelle et la représentation simulée ?

The use of OTDs is very time consuming

Beaucoup d'instructeurs se sont plaints lors de notre enquête exploratoire du manque de temps du fait du manque de positionnement de l'outil.

Instructors don't have a guide that could help them get the trainees working

Cet item est également le résultat de l'enquête exploratoire durant lequel nous nous sommes aperçus que l'usage de ces outils est rarement accompagné d'un guide pédagogique.

The cost-to-use ratio (cost vs number of trainees per year) is too high

Même si nous ne sommes pas sûrs que les instructeurs soient en mesure de répondre à cette question par méconnaissance des coûts d'acquisition, d'investissement et d'exploitation, il nous paraît intéressant de connaître leur opinion sur cette question.

Frequent malfunctioning interferes with training

La question de la fiabilité des outils numériques qui peut devenir une contrainte à la formation.

The cost of an OTD, including cost of maintenance is too expensive

Même commentaire que le rapport cout-utilisation. Il s'agit ici de l'investissement pour maintenir en conformité les outils de formations.

The authorities give no credit for practical training

OTDs regulation is unclear

Notre enquête exploratoire a révélé que la plupart des instructeurs connaissent mal la réglementation, ce que nous souhaitons vérifier plus généralement.

OTDs use needs particular teaching methods with which instructors are not prepared

La question relative à l'accompagnement et la formation des instructeurs.

15P et 13 T. In your opinion and generally, what are the benefits of OTDs for training?

Nous demandons l'apport de ces outils dans la performance de l'apprentissage selon les instructeurs.

16P. According to which training criteria do you select the exercises performed on OTDs?

Utilisent-ils les outils avec des scénarios ou des exercices écrits par l'institution ou par eux-mêmes ? Nous questionnons le rapport personnel et institutionnel déterminant la sélection des exercices.

17P et 14 T. Are your OTDs brought into compliance with real aircraft equipment as soon as they are put into service?

Nous interrogeons ici la conformité de la fidélité des outils par rapport aux dernières mises à jour livrées avec l'aéronef. Des écarts trop importants entre deux mises à jour peuvent être un handicap à la formation, ce que la communauté appelle « *the negative training* ».

18P et 15 T. Are your digital tools maintained in operational condition (update)?

Au-delà de la conformité, la condition opérationnelle d'un simulateur assure la notion de validité énoncée plus haut.

c) Formation des instructeurs

TROISIÈME PARTIE : 'TRAINING OF OTDs / MTDs USE'

20P et 16 T. Have you received training on OTDs/Digital Tools?

21P et 17 T. In your opinion, which training would be most appropriate for each of the following OTDs/Digital Tools?

Une des principales problématiques évoquées par les instructeurs lors de notre enquête exploratoire est le manque de formation. Nous voulons le confirmer auprès d'une population plus large.

d) Questions ouvertes

QUATRIÈME PARTIE : 'YOUR FREE SPEECH'

22P et 18T. What would you suggest to improve the use of OTDs/Digital Tools?

23P et 19T. In your opinion, using OTD, what mistakes should be avoided?

Ces deux dernières questions totalement ouvertes permettent au questionné une liberté de propos qui encourage souvent l'émergence d'idées inattendues.

7. Conclusion

Comme nous l'avons introduit, cette thèse a été contrarié par la conjoncture sanitaire et économique et par un terrain localisé à faible population enseignante, et une population étudiante fortement hétérogène liée à sa diversité internationale, sociale et culturelle, et également à faible densité. Il a fallu alors s'assujettir à ces contraintes pour établir des dispositifs de recherche permettant de recueillir suffisamment de données afin comprendre les transformations de l'activité et des praxéologies qui vivent dans ce milieu si particulier et les besoins en accompagnement qu'elles engendrent.

Le projet de recherche s'est également formulé dans le sens d'une recherche d'intelligibilité des pratiques professionnelles et d'accompagnement dans le contexte complexe de la transition numérique et des transformations qu'elle provoque dans les formations. C'est dans ce sens, que nous avons construit les différents dispositifs de recherche pour répondre à cette problématique d'enquête. Même si la conjoncture défavorable nous a obligé à reconstruire en fonction des aléas la méthodologie de recherche initialement prévue, elle aura permis de recueillir un nombre important de données pour l'analyse didactique.

Chapitre 6. Les résultats de la recherche

1. Introduction

Après avoir décrit les méthodes de recueil de données dans le chapitre précédent, nous dressons dans celui-ci les résultats obtenus, puis analysés, pour identifier les conditions et les contraintes de la formation aéronautique instrumentée, référencées dans cette thèse. Nous expliquons d'abord les méthodes retenues pour l'analyse des données en exposant ensuite étape par étape les résultats tout en les analysant au fur et à mesure, afin de faciliter la lecture au regard de leur grand nombre.

2. Les méthodes d'analyse des différents dispositifs de recherche

2.1. Méthode d'analyse des entretiens

L'analyse des entretiens doit permettre de confirmer ou d'infirmier la catégorisation des conditions et contraintes repérées lors de l'enquête documentaire, ainsi que lors des observations et des entretiens non formalisés effectués durant notre enquête exploratoire en début de thèse. Selon Bardin (2013), la catégorisation peut employer deux démarches opposées : par « boîtes » lorsque les éléments à classer découlent directement de fondements théoriques ou par « tas » lorsque « le titre conceptuel de chaque catégorie n'est défini qu'en fin d'opération » (Bardin, 2013. 152). Nous retiendrons la première tout en laissant la place à la deuxième afin d'affiner les catégorisations générales. Nous confirmerons et compléterons ainsi les thèmes retenus à la fin de l'analyse avec les entretiens semi-directifs dont les retranscriptions sont reproduites en annexe A. L'analyse que nous effectuons est donc *thématique* au sens de Bardin (2013, p. 229) c'est-à-dire « [qu'] on ne tient pas compte de la dynamique et de l'organisation [car malgré la constitution d'une grille d'entretien relativement structurée, nous avons laissé le champ libre à la discussion], mais de la fréquence des thèmes relevés dans l'ensemble des discours considérés comme donnés, segmentables et comparables. ». En ce sens, nous ne nous sommes pas occupés du style, des figures de rhétorique ou des interpolations, uniquement du contenu sémantique.

Néanmoins, toujours selon cette auteure, une bonne catégorisation impose certaines qualités :

- La première est l'*exclusion mutuelle* qui doit éviter que des ressources partagées d'un même système de catégories ne soient utilisées en même temps.
- La deuxième est l'*homogénéité* des registres d'analyse qui doivent être uniques dans un même ensemble catégoriel.
- La troisième est la *pertinence* au regard du cadre théorique.
- La quatrième est l'*objectivité* et la *fidélité* relative à la position du chercheur.
- Et enfin la dernière est la *productivité*, étant entendu que les résultats obtenus doivent apporter une richesse en indices d'inférences, en hypothèses nouvelles et en données fiables comme l'indique l'auteure.

Rappelons que suivant les explications énoncées dans la deuxième partie de ce manuscrit (chap. 4, § 5.2), nous avons fait ressortir une première catégorisation des conditions et contraintes de la formation d'*Airbus Helicopters Training Academy* décrite de la manière suivante : les contraintes de temps ; la complexité des apprentissages ; les contraintes institutionnelles ; l'hétérogénéité des stagiaires ; la position des outils numériques ; la culture militaire ; le rapport au numérique.

Nous avons alors établi le codage à partir d'une grille nous permettant de recenser et d'organiser les extraits significatifs, comme indiqué ci-après, avec des exemples de verbatim :

Type d'instr.	Date	Durée	N° Entretien	N° Ligne	Les contraintes de temps	La complexité des apprentissages	Les contraintes institutionnelles	L'hétérogénéité des stagiaires	Le statut des outils numériques	La culture militaire	Le rapport au numérique
TKI B2 B1.3	JJ/MM/AAAA	00:52:57	1	57	"Ils pourraient manipuler, mais il faudrait que je les fasse, il faudrait les faire venir au tableau oui ce qui n'est pas sur l'écran, il faudrait les faire venir ici. Ça peut poser problème avec le temps encore" (B2, E.4, L.737)	Mais bon il y a des trucs, quand on a une architecture des fois c'est un peu trop complexe pour les pilotes, mais on ne va pas en faire une simplifiée, c'est justifié. (TKI, E.8, L.234)	Mais encore une fois, si on les met en situation dynamique et que après ils se retournent et disent je ne comprends pas on fait quoi avec le simulateur ? On fait pause et on refait toute l'explication ? Au prix de l'heure de simulateur, ... (TKI, E.7, L.563)	ça dépend du groupe. Ça dépend des personnalités, ça dépend de la culture des gens. Ça dépend de leur niveau de connaissances. (B1.3, E.5, L.202)	C'est-à-dire que c'est un outil de validation technique. Ce n'est pas un outil pédagogique. Et c'est très difficile, selon moi, c'est assez difficile de faire de la pédagogie (B1.3, E.6, L.131)	je trouve que c'est comme quand j'étais dans l'armée de l'air. Quand tu te retrouves en état-major tu ne voles plus et tu es dans ton bureau « ah oui, il aurait dû faire ça, il aurait dû faire ça » Tu perds complètement contact avec la réalité. (TKI, E.8, L.604)	[...] quand on affaire à des clients assez jeunes, ça ne leur pose pas de gros problèmes. En revanche avec des clients, plus anciens, moins confrontés à l'informatique, pour le plus ancien des deux. Ça pose un problème (B1.3, E.6, L.276)

Tableau 6 : Tableau des codages et relevés d'extraits significatifs des entretiens semi-directifs

Nous avons réalisé un repérage dans le discours des participants des types de conditions et contraintes en fonction du niveau de l'échelle de codétermination didactique. C'est-à-dire les résultats les plus pertinents seront alors placés à leur niveau idoine afin d'identifier leur impact sur le système didactique. Pour rappel, la TAD précise que l'écologie et l'économie du didactique ne peuvent se comprendre si l'on ne prend pas en compte l'ensemble des niveaux qui la co-déterminent et leur impact tant aux niveaux supérieurs qu'inférieurs. De telle manière, le geste didactique de toute instruction, au sens large, peut modifier une condition de quelque niveau que ce soit dans l'échelle de codétermination afin, comme le souligne Chevallard (2010), de contribuer à l'émergence d'un type déterminé d'apprentissage.

Nous avons alors découpé les unités de sens par thème sémantique. Nous voulions au préalable utiliser un logiciel d'analyse sémantique pour « dégrossir » le découpage d'unités de sens par mot afin d'analyser les répétitions. Mais ce traitement automatique du langage ne nous a malheureusement rien apporté tant sur sa *pertinence* que sa *productivité*. En effet, les mots les plus fréquemment exprimés étaient, bien évidemment après avoir exclu les mots de transition, les adjectifs et les adverbes, « simulateur ou simulation », « salle de cours », « carte de travail », « outils », « temps », « tablette », « VMT », etc. Tous ces mots sortis de leur contexte sémantique et non pertinents sont inutilisables pour notre analyse. Nous avons donc réalisé notre analyse par regroupement après sélection des extraits correspondant à notre précatégorisation lors des lectures.

Nous précisons que nous avons admis que la règle de l'*exclusion mutuelle*, comme définie plus haut, puisse être remise en cause dans la mesure où un même élément d'une phrase ou d'une idée relevée peut apparaître dans deux voire plusieurs catégories. Pour éviter toute ambiguïté d'analyse, le niveau de l'échelle de codétermination didactique utilisé permet de préciser la distinction que nous apportons.

De plus, nous avons indiqué à la fin de chaque citation la référence du codage des entretiens qui permettra aux lecteurs de retrouver les textes intégraux dans l'annexe A de la manière suivante : (spécialité de l'instructeur, E. + numéro d'entretien, L. + numéro de ligne) ex. : (TKI, E.10, L.657) ou (B1.3, E.11, L375).

Il est enfin à préciser que la captation des entretiens a eu lieu fin 2018, mais nous n'avons commencé les analyses qu'un an plus tard pour mieux appréhender et mettre en contexte et en perspective le discours très technique des instructeurs.

2.2. Méthodes d'analyse des questionnaires

D'après (Ganassali, 2014, Introduction XIV) :

Les choix méthodologiques dépendent dans la réalité, des objectifs de recherche, certes, mais aussi des compétences acquises et des prédispositions personnelles, des traditions locales et

enfin du montant des crédits alloués. Mais la plupart du temps, la variété des instruments de mesure est une richesse. On perçoit en effet que la combinaison des deux approches – sous la forme de méthodes mixtes ou quali/quantitative – permettrait de réaliser des études plus complètes et donc plus riches.

Les questionnaires destinés aux pilotes et aux techniciens comportent, nous l'avons vu plus haut, des questions fermées, semi-ouvertes (à la suite d'une question fermée) et ouvertes. Au regard de la taille réduite des deux populations cibles ($n = 94$ pour les pilotes ; $n = 87$ pour les techniciens), et malgré le taux de participation important (respectivement 45 % pour $n = 42$; 54 % pour $n = 47$), nous avons privilégié l'exploration des données quantitatives recueillies par tri à plat et par tri croisé afin de repérer les caractéristiques particulières des participants, sans recourir à des tests statistiques. Pour l'analyse des questions ouvertes nous avons utilisé la même grille que pour les entretiens, celle de l'échelle de niveaux de codétermination didactique afin de d'enrichir notre compréhension des conditions des formations en aéronautique et les contraintes dont témoignent les participants et éventuellement des liens avec des caractéristiques particulières de personnes et des contextes. Pour rappel, pour les deux populations, le questionnaire est découpé en quatre parties : la première partie correspond à l'identification des profils de la population, la deuxième partie questionne les praxéologies aéronautiques, la troisième partie interroge la formation des instructeurs et la dernière laisse l'expression libre.

2.3. Méthode d'analyse des observations et du dispositif des GAPP

Dans les premières parties de ce manuscrit de thèse, nous avons souligné que l'une des méthodologies les plus importantes de notre recherche a été l'observation directe tout au long des fonctions accomplies au titre du statut d'employé d'Airbus dans le cadre de la CIFRE. Ces fonctions se situant principalement dans l'interaction avec les membres du service de formation AHTA et de ses clients, il n'a que rarement été possible de produire des traces sur le quotidien pouvant servir le recueil de données pour le travail de thèse. Nous avons réalisé une prise de notes personnelle nous permettant, surtout les deux premières années, de faire le récit informel de notre vécu et la cartographie du fonctionnement du service, ce qui nous a ensuite permis de construire la description du contexte produite en première partie. La grande proximité avec le terrain d'enquête et ses acteurs était une position qu'il a fallu d'abord comprendre au mieux afin de construire « un positionnement de distanciation et d'objectivation dans le recueil et l'analyse de matériaux empiriques » (Albero & Paivandi, 2022, p. 373). Au regard du contexte hautement contraint par des questions de sécurité, de forte concurrence voire de Secret Défense, il n'était pas envisageable de considérer ces observations comme un terrain d'étude, exigeant alors la présentation d'éléments empiriques pour étayer les recherches menées. C'est pour ces raisons que les dispositifs d'entretiens et de questionnaires ont été privilégiés.

Toutefois, pour répondre à l'attente d'expérimentations de dispositifs pédagogiques répondant aux besoins que l'observation a pu identifier, nous avons pu concevoir en interaction avec les membres du service un certain nombre d'expérimentations, dont le dispositif des GAPP est le plus important. La méthode d'analyse a été construite à partir de la littérature scientifique (Robo, 2002) que nous avons décrite plus haut, avec la contribution des participants, ce qui nous a permis d'expérimenter plus pleinement la position de chercheur-intervenant en tirant l'attention encore une fois sur l'« exigence d'objectivation en produisant des résultats partiels qui adhèrent aux intérêts des acteurs jouant un rôle d'informateurs auprès du chercheur » (Albero & Paivandi, 2022, p. 374). L'expérimentation a ainsi pu faire l'objet d'un recueil de données rigoureux facilitant la mise en œuvre de l'analyse qualitative des données, tant au niveau des acquis professionnels que de celui des résultats intéressant la recherche.

3. Résultats

3.1. Résultats de l'enquête par entretiens

Les 18 entretiens menés auprès de la population décrite plus haut dans la section 3.2. du chapitre 5 (tableau 2) ont permis de produire un corpus de discours d'un total de 182 201 mots, selon la répartition suivante :

Numéro entretien	Profils des instructeurs		Date des entretiens	Durée des entretiens hh:mm:ss	Pourcentage de durées / total	Volume en nombre de mots	Pourcentage de mots / total
	Sigle	Type					
E1	TKI	Pilote	05/09/2018	00:52:57	5,13%	9 761	5,36%
E2	TKI	Pilote	10/09/2018	01:11:46	6,95%	11 727	6,44%
E3	TKI	Pilote	12/09/2018	01:09:21	6,72%	12 356	6,78%
E4	B2	Avionique	13/09/2018	01:00:03	5,82%	11 042	6,06%
E5	B1.3	Mécanicien	17/09/2018	01:01:03	5,91%	8 774	4,82%
E6	B1.3	Mécanicien	01/10/2018	00:50:07	4,86%	8 431	4,63%
E7	TKI	Pilote	02/10/2018	00:56:39	5,49%	7 845	4,31%
E8	TKI	Pilote	03/10/2018	01:13:41	7,14%	12 888	7,07%
E9	B1.3	Mécanicien	08/10/2018	00:49:47	4,82%	9 303	5,11%
E10	TKI	Pilote	10/10/2018	01:08:45	6,66%	10 345	5,68%
E11	B1.3	Mécanicien	11/10/2018	00:47:41	4,62%	11 012	6,04%
E12	B2	Avionique	17/10/2018	01:05:02	6,30%	13 819	7,58%
E13	TKI	Pilote	19/10/2018	00:56:25	5,47%	9 766	5,36%
E14	B1.3	Mécanicien	29/10/2018	01:01:24	5,95%	11 240	6,17%
E15	B2	Avionique	30/10/2018	00:37:20	3,62%	6 967	3,82%
E16	B1.3	Mécanicien	05/11/2018	00:51:03	4,95%	9 407	5,16%
E17	B2	Avionique	12/11/2018	00:56:20	5,46%	9 422	5,17%
E18	B1.3	Mécanicien	13/11/2018	00:42:51	4,15%	8 096	4,44%
			Total	17:12:15	100,00%	182 201	100,00%
			Moyenne	00:57:21		10 122	

Pour faciliter la compréhension de la distribution des discours que nous analysons, nous reproduisons ici le codage des participants et le tableau de leurs caractéristiques :

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18
TKI	TKI	TKI	B2	B1.3	B1.3	TKI	TKI	B1.3	TKI	B1.3	B2	TKI	B1.3	B2	B1.3	B2	B1.3

		Echantillon		Population		
TKI	Theoretical Knowledge Instructeur	Pilotes	7	39%	22	31%
B1.3	Instructeurs mécaniciens à Hélicoptères à moteur à turbine	Mécaniciens	7	39%	26	37%
B2	Instructeurs avioniques	Avioniciens	4	22%	23	32%
			18	100%	71	100%

Tableau 2 : Tableau de la répartition des personnes interviewées

Nous dressons l'analyse des résultats des entretiens en nous appuyant sur les catégories préalablement identifiées (détaillées dans le paragraphe 5.2 du chapitre 4), de contraintes qui peuvent peser sur le fonctionnement des formations et qui s'imposent de manière plus ou moins forte dans la diffusion des connaissances. Nous retrouvons l'ensemble des catégories identifiées en amont, avec néanmoins des degrés variés de présence dans les discours.

3.1.1. Les contraintes de temps

Nous constatons dans le discours des instructeurs que les contraintes de temps concernent autant les pilotes que les techniciens.

Les instructeurs expriment des contraintes de temps de différentes manières.

Liées aux différences de niveau des stagiaires

Il peut s'agir de contraintes dues à la différence de niveau des stagiaires et du type d'hélicoptères qu'ils utilisent avant la formation et des options qui se trouvent sur leur nouvel aéronef. Et au-delà des niveaux techniques, il peut y avoir des écarts techniques importants d'un hélicoptère d'un même type à un autre, compte tenu des options choisies par le client et même des « philosophies » de conception dissemblables d'un constructeur à l'autre (B2, E.4, L.614).

En effet, la conception de certains hélicoptères concurrents diffère des hélicoptères Airbus, et même certains pilotes étrangers n'utilisent, par habitude d'usage, que très peu les automatismes des aéronefs, en pilotant en manuel (*Handling*). Ce qui oblige les instructeurs à passer plus de temps sur certains chapitres, sur le pilote automatique ou sur la documentation (TKI, E.8, L.715 ; B2, E.4, L.275). De toute manière, « il y a des gens avec qui on aura un tout petit peu plus de temps ou d'avance et ça dépend de l'hélicoptère des clients et de leur optionnel. » (TKI, E.2, L.355), mais pour d'autres, on peut perdre énormément de temps (B2, E.17, L.98)

Liées à la structuration des cours

Il peut s'agir aussi de la structure et de la densité des cours qui oblige par

certains côtés une diffusion surabondante d'informations (TKI, E.2, L.603) et faire des choix de priorité (B1.3, E.6, L.459) en sélectionnant de leur propre chef les choix didactiques alors imposés par la structure.

Liées à l'usage des outils numériques de formation

Il peut s'agir de l'usage des outils numériques en formation au centre de notre recherche. La plupart des instructeurs-techniciens interrogés – excepté un des avioniques à l'origine du projet VMT (*Virtual Maintenance Trainer*) qui a prononcé plus de 90 fois dans l'entretien le sigle VMT – considèrent le VMT comme un outil chronophage et sans constater, de manière évidente pour certains d'entre eux, une quelconque performance de l'apprentissage. Les discours d'inappétence à l'usage des outils numériques de formation s'expriment principalement chez les techniciens-mécaniciens qui considèrent pour la plupart que l'usage des outils numériques non seulement ne remplace pas la maquette réelle, mais prend du temps à son exploitation. Malgré tout, même les « pro-VMT » lui reprochent un manque de scénarisation ou d'exercice (B2, E.12, L.181). D'autres le considèrent chronophage, car sa mise en route et l'exploitation même de l'application entravent le déroulement de la séance de formation (B1.3, E.5, L.62 ; TKI, E.7, L.448).

D'autant que la formation des stagiaires à l'utilisation de ces outils numériques n'a pas été prévue dans le temps de la formation et cela a pour conséquence un ralentissement de la diffusion voire un renoncement à son utilisation (B1.3, E.9, L.93).

Nous avons également constaté que la maquette (c'est-à-dire l'aéronef dans le hangar dédié à la formation) satisfait plus les instructeurs en termes de temps qu'un outil numérique (particulièrement chez les techniciens) (B1.3, E.11, L.570 ; B2, E.12, L.508), sous-entendu lorsqu'on n'utilisait que les maquettes (B1.3, E.15, L.151).

En résumé, la plupart des instructeurs considèrent cet outil comme une charge plus qu'une aide à l'enseignement et au transfert de la théorie vers la pratique (B1.3, E.6, L.637)

Une grande majorité des instructeurs-techniciens considèrent le VMT, l'un des MSTD (*Maintenance Simulator Trainer Device*) disponibles chez AHTA, comme un dispositif chronophage ou du moins n'étant pas pensé au regard du temps de la formation, car souvent mis en service après la création du cours. Ils lui trouvent une perte de temps quant à son utilisation.

D'autres rajoutent dans leur discours, la contrainte d'obsolescence ou d'avaries techniques et de disposition dans la formation lors de la diffusion des connaissances dans la salle de cours qui peut perturber le temps (TKI, E.08, L.396), et plus particulièrement en parlant de l'Helionix Trainer qui se trouve dans une salle séparée du simulateur FFS ou de la salle de cours. Cette installation dans une salle dédiée avait pour but de permettre aux stagiaires de s'entraîner sur l'outil en auto-formation. Mais

les stagiaires ne peuvent le faire que hors des heures de cours ou de pratique sur FFS. Rares sont ceux qui le font (TKI, E.8, L.893).

3.1.2. La complexité des apprentissages

La réglementation impose de traiter tous les éléments d'un aéronef et par conséquent, les cours pour la plupart des instructeurs sont très chargés, comme le stipulent ces instructeurs-techniciens : « La réglementation veut que tous les chapitres [soit couvert] [...] [car] il y aura au moins une question [de test] dessus. » (B2, E.4, L.379)

Généralement, sur cinq semaines de cours, on présente à peu près une vingtaine de sujets. [...] Pour chaque sujet, on va toujours avoir une approche qui va être le but, ensuite ça va être la description du système. Le fonctionnement ensuite du système et puis pour terminer on va voir tout ce qu'on va simuler en fait des pannes et on va aller vraiment dans la recherche de panne. Dans l'expertise. (B1.3, E.5, L.223 ; B1.3, E.5, L.486)

La complexité des systèmes

De plus, les stagiaires doivent non seulement apprendre les caractéristiques techniques des machines, mais également les particularités des options de leur propre machine. Ce qui augmente la complexité et le volume des apprentissages. (TKI, E.2, L.357) et « [...] parce qu'il a beaucoup de jeux de couleurs dans nos hélicos divers et variés. Donc, au bout d'un moment tu te dis est-ce que c'est vraiment représenté de la bonne façon ? » (TKI, E.2, L.553).

Alors, l'instructeur trie « dans la masse d'informations qui est donnée aux clients, à l'élève » (B1.3, E.6, L.87). Rappelons que ce sont les instructeurs qualifiés sur la machine qui construisent les cours, mais néanmoins :

Les instructeurs, qui ont conçu ce cours, ont fait un choix dans l'enchaînement de la présentation du système. Donc, on commence par la présentation générale, la description, la localisation, ensuite on parle du fonctionnement normal. On explique le fonctionnement normal. Comment c'est censé marcher normalement sans panne et ensuite, on va rentrer dans des cas dégradés. Dans ces cas dégradés, on va définir quelques pannes et pas toutes. Quelques pannes. On va les définir pour les expliquer et ensuite je vais essayer d'utiliser un maximum d'éléments qui me sont donnés pour leur montrer ces pannes-là ou le fonctionnement et normal et anormal, enfin les deux fonctionnements puisqu'ils pour qu'ils visualisent bien. (B1.3, E.6, L.451).

Encore faut-il posséder une certaine expérience et une parfaite connaissance technique de la machine pour « appuyer » sur les points importants : « Et c'est vrai que parce que la critique qu'on peut faire c'est très difficile de savoir tout ce qui existe à un moment donné [...] Surtout pour un jeune instructeur. » (B1.3, E.9, L.245)

D'un autre côté, la complexité des cours peut générer une frustration chez les stagiaires-pilotes dont le but principal est le vol. Un des instructeurs-pilotes développe cette idée en voulant positionner le stagiaire dans un cockpit d'entraînement afin de diminuer la charge cognitive pour son apprentissage au début de la formation, car

l'attention d'un pilote semble être plus affirmée dans un cockpit qu'en salle de cours :

Quand on a travaillé sur la TNA, on a eu l'idée d'avoir la possibilité de brider l'outil aux différentes étapes. Dans la première phase, on a toujours la présentation générale. On donne l'hélico, [...] avec un descriptif succinct des différents systèmes. Et mon idée c'est que là, on se serve du cockpit trainer pour surtout les pilotes. Pour leur faire une mise en route. Check-list complète mise en route et pour leur montrer comment on fait. Comment vivent les systèmes. Comment ils se révèlent. Comment ils interagissent. Les différents affichages. Comme ça, au lieu de partir sur des petits bouts et faire la synthèse à la fin, on leur donne une mini explication et on leur donne une première vue. Ensuite, on découpe le cours dans différentes étapes, et tant qu'on est dans la phase interface, on bride l'outil à l'interface puisqu'un pilote, [...] c'était le cas du PTT NH90, on leur disait appuyez là pour regarder ça et quand on avait la possibilité soit de les réunir pour avoir un vrai cockpit, soit de les séparer pour mettre deux groupes sur deux outils différents. Quand on était derrière le groupe qu'on commandait, il suivait, mais l'autre groupe il faisait tout sauf ce qu'on leur demandait de faire parce que tout ce qu'ils veulent faire c'est de le voir voler. (TKI, E.7, L.225)

L'automatisation des systèmes de pilotage ne facilite pas pour autant l'apprentissage.

Il y a tellement de protection et de choses que le système fait automatiquement. Il faut les lui expliquer. Il faut lui expliquer pourquoi il réagit comme ça et comment il le protège, c'est aussi pour lui donner confiance et ensuite il faut la connaissance technique des systèmes pour pouvoir comprendre ce qui se passe en cas de panne et surtout pourquoi on lui demande de réagir comme ça là (TKI, E.7, L.523)

On va assez loin dans les explications concernant les logiques, l'électronique et ainsi de suite. Et puis après, ce sujet-là se retrouve diffusé un petit peu pour tous. En diffusion pour tous et comme souvent c'est le temps qui manque et l'argent qui manque (B1.3, E.5, L.260)

En effet, l'automatisation des systèmes appelle à l'apprentissage obligatoire du fonctionnement de ces systèmes, pour les cas de pannes principalement. Ce temps d'explications peut être perçu comme autant de temps encore qu'il faille attendre avant de pouvoir voler.

Profondeur des cours

La TNA des techniciens affiche trois niveaux de connaissances ou de *profondeur* en fonction de la spécialité, comme nous l'avons expliqué au chapitre 4, qui n'apparaît pas aussi clairement chez les pilotes. Ce niveau de profondeur n'est pas toujours compris chez ce profil d'instructeurs (pilote) : « [...] le niveau de profondeur pour moi c'est une nébuleuse. Et j'avoue que sincèrement que pour certains points je suis perdu. Je ne sais pas. Je n'arrive plus à savoir ce qu'on nous demande » (TKI, E.10, L.721 ; TKI, E.3, L.32). La raison évoquée est la « communalité »⁶⁴ des cours pilote et technicien, dont l'objectif pédagogique des uns n'est peut-être pas le même que celui

⁶⁴ Désigne ce qui correspond aux biens communs. La communauté des instructeurs l'utilise comme étant la similitude des contenus des cours pilote et des cours technicien.

des autres et que la notion de profondeur pour un pilote n'est peut-être pas la même pour un technicien (TKI, E.2, L.632).

3.1.3. Les contraintes institutionnelles

Dans l'idéal les apprentissages en aéronautique doivent se faire sur la machine du client dont les options et variantes seront celles exploitées en opération. Les cours sont standardisés au type de machine, mais pas à ses variantes. Ce qui peut entraîner des écarts entre le cours présenté et la réalité. Or, la plupart du temps pour des raisons logistiques, organisationnelles et de protection avant livraison, la machine du client final n'est pas disponible, ce qui peut générer certaines frustrations auprès des stagiaires (TKI, E.1, L.626).

Ensuite les écarts techniques ou de configuration entre l'outil de formation et l'aéronef peuvent poser problème (TKI, E.2, L.509).

La communalité des cours

Comme évoqué plus haut, pour atteindre un objectif de standardisation des supports de cours, afin de réduire les coûts de mise à jour, la société avait décidé et en particulier sur le H175 de mutualiser le cours théorique des techniciens avec celui des pilotes. Mais le contenu ne correspond pas obligatoirement aux attentes pédagogiques des instructeurs (TKI, E.2, L.575).

D'autant que cette standardisation entre techniciens et pilotes avait pour but de réduire les coûts de conception et de mise à jour par les médiateurs qui sont souvent sous-traitants et peuvent pénaliser les communications avec les requérants (TKI, E.2, L.645).

Nous pouvons considérer que cet exemple concerne à la fois la complexité des apprentissages au niveau de la pédagogie sur l'échelle de codétermination didactique, mais également comme nous le verrons ci-après dans le chapitre suivant, cette contrainte peut-être élevée au niveau de la société comme étant une contrainte institutionnelle dont les choix de standardisation de la formation n'ont *à priori* qu'un but économique dont la communalité des contenus ne satisfait pas tous les profils d'instructeurs et essentiellement la communauté des pilotes. « Notre façon d'étudier les choses n'est pas la même, puisque nous on étudie très légèrement le système, mais un petit peu trop en profondeur à cause de la communalité (TKI, E.2, L.629 ; TKI, E.7, L.378). Certains stagiaires pilote peuvent considérer qu'un cours est plus destiné à des techniciens qu'à des pilotes (TKI, E.08, L.259), même s'ils comprennent « que quand on fait une mise à jour si on a des planches communes c'est beaucoup plus simple de faire une mise à jour pour trois spécialités que de faire trois mises à jour » (TKI, E.08, L.285).

Les accès aux données numériques de l'usine peuvent aussi s'avérer contraignants (B2, E.4, L.294 ; TKI, E.13, L.489).

Les conditions liées à la présence d'un interprète

Dans certains cas l'interprète, partie intégrante du système didactique, peut enrichir la compréhension du message de l'instructeur par une reformulation appropriée et aussi rassurer ce dernier sans obligatoirement ralentir la progression du cours (B1.3, E.11, L.769) ou être ralenti dans la diffusion B1.3, E.18, L.477).

Par moment, on est obligé de demander un interprète en catastrophe parce que la personne a échoué en théorie alors que c'est quelqu'un de valable (B1.3, E.18, L.639).

Malgré tout, pour une majorité d'instructeurs, l'interprète reste une aide, car sans leur présence les stagiaires non anglophones ne pourraient suivre aucun cours.

Incompréhension entre développeurs et instructeurs

Les résultats montrent que pour un certain nombre d'instructeurs, qu'ils soient pilotes ou techniciens, il y a des moments d'incompréhension avec les développeurs (B1.3, E.11, L.990).

Dans le prolongement de cette idée de l'obligation « d'avoir l'habitude », il est aussi question de l'obsolescence des simulateurs (TKI, E.10, L.136 et L.141).

Ce que l'un des interviewés explique par l'idée « qu'il faudrait qu'il y ait un suivi de configuration comme on fait pour les appareils » (B1.3, E.09, L.546).

3.1.4. L'hétérogénéité des stagiaires

L'hétérogénéité peut dépendre du niveau d'entrée des stagiaires en formation. Comme nous l'avons dit plus haut, ces différences de niveaux se remarquent plus fréquemment chez les techniciens, car les prérequis sont moins contraints que chez les pilotes qui sont obligés de posséder des licences valides et à jour.

Hétérogénéité de niveau

La forte hétérogénéité culturelle des stagiaires venus du monde entier peut entraîner des différences de niveaux importants d'un stagiaire à l'autre qui génère, selon les niveaux de connaissance, les styles culturels d'apprentissages, un besoin supplémentaire d'explication pour la compréhension et la maîtrise des cours.

Néanmoins, il existe des niveaux techniques chez les pilotes qui diffèrent selon les régions et leurs qualifications initiales. Le changement de constructeur peut entraîner des écarts conséquents de connaissances. Les résultats n'affichent pas de particularités liées aux profils des instructeurs dans ce type de discours. Au niveau de l'instruction : « Le problème c'est qu'en face de nous tu as une population tout à fait hétérogène de pilotes. » (TKI, E.8, L.251 ; B1.3, E.5, L.59). Il est donc nécessaire de faire des choix didactiques et de choix pédagogiques selon le niveau du stagiaire (TKI, E.10, L.728) et « sur un groupe hétérogène tu peux avoir des gens qui sont

capables de pouvoir l'utiliser seul et d'autres qui sont obligatoirement en train de demande de l'aide » (B2, E.12, L.544). L'instructeur peut même dépendre de la susceptibilité de certains stagiaires dont le double statut (client stagiaire) peut impacter les relations éducatives (B2, E.15, L.545).

L'hétérogénéité de niveau peut être également liée au milieu opérationnel dans lequel travaille le stagiaire, ce qui peut entraîner des techniques diamétralement différentes (B1.3, E.6, L.466).

Hétérogénéité culturelle

La rentabilisation de la formation oblige les organisations à prévoir des cours dans lesquels plusieurs cultures peuvent être représentées (B1.3, E.18, L.603 ; B2, E.15, L.479).

3.1.5. La culture militaire

Tous les 18 instructeurs interrogés sont passés par une carrière militaire avant d'intégrer Airbus soit en tant que techniciens soit en tant qu'instructeurs (B2, E.04, L.374 ; B1.3, E.05, L.615 ; B2, E.12, L.120)

Les pilotes ayant déjà une expérience dans l'instruction et ayant déjà obtenu une qualification d'instructeur (FI, TKI, TRI, etc.), comme nous l'avons déjà précisé, arrivent directement en tant qu'instructeur. Ils ne leur restent qu'à passer la qualification de type (TKI, E.01, L.270).

Le style professionnel est ancré dans leur pratique enseignante dans un système extrêmement cadré : "C'était plus guidé dans l'armée." (TKI, E.13, L.836) et lorsqu'ils arrivent en centre d'instruction la plupart doivent souvent se débrouiller seuls sans accompagnement (B1.3, E.18, L.530).

3.1.6. Le statut des outils numériques

Nous rappelons que le statut des objets ou outils numériques qui entre dans la relation didactique à propos du savoir enseigné, se trouvent, comme le souligne Chevallard, (Chevallard, 1992, p. 2), vite marginalisés, privés d'existence épistémologique et didactique d'abord, puis matériellement relégués, si des mises à jour régulières sont opérées sur les simulateurs pour les mettre en conformité avec l'hélicoptère réel. « On n'arrive difficilement à avoir la version qui correspond exactement à notre appareil, mais bon c'est pour l'instant on n'est pas trop mauvais. » (TKI, E.8, L.864), Mais tout dépend encore une fois de la population concernée (B1.3, E.11, L.531).

L'une des contraintes vient du manque de distinction fait entre les différentes spécialités d'instructeur sur leur rapport au numérique (B.2, E.12, L.107).

Ce n'est pas le métier d'un mécanicien d'effectuer des tâches à partir d'un outil

numérique. Il va essentiellement travailler sur des éléments physiques, mécaniques de l'aéronef. C'est encore plus affirmé lorsqu'il s'agit de comparaison générationnelle (B1.3, E.6, L.276 ; B1.3, E.5, L.177) ou culturelles (B1.3, E.18, L.57).

3.1.7. Le manque de formation

Enfin à la lecture des résultats sur les entretiens, nous avons constaté que la plupart des instructeurs réclament indéniablement une formation pour l'usage de ces outils. Leur utilité, souvent complexe : « Le VMT demande un apprentissage » (B1.3, E.6, L.21) afin d'acquérir une parfaite connaissance de son interface et de son utilisation pour éviter toute perte de temps. Une majorité de techniciens serait prête à l'utiliser si et seulement un accompagnement technique et pédagogique leur était proposé (B2, E.17, L105).

Ou du moins par une formation plus accès sur le scénario pédagogique que sur son utilisation technique qui se termine très souvent par vérification des écarts techniques qui peut exister entre l'aéronef et le simulateur, comme nous le confirme cet instructeur mécanicien (B1.3, E.06, L.560).

3.1.8. Conclusion

Les résultats des entretiens confirment un certain nombre de conditions et de contraintes qui impactent la formation et particulièrement auprès des instructeurs qui revendiquent des aides ou un accompagnement qui peuvent se traduire par de la formation ou des guides scénarisés. Les différentes contraintes sont le plus souvent inévitablement et intimement liées. Ainsi les principales contraintes découlent des difficultés de gestion du temps et à l'inverse la gestion du temps met encore plus en lumière l'hétérogénéité des publics ou la complexité des apprentissages et des contraintes institutionnelles.

Ces contraintes, qui s'inscrivent généralement comme des contraintes internes au système didactique, c'est-à-dire situées au sein de la classe au sens de Chevallard (1988), perturbent le temps didactique. Mais ce positionnement n'est pas uniquement lié à la diffusion des savoirs lors de la relation pédagogique (Instruction). Sur l'échelle de niveaux de codétermination didactique, elle peut donc aussi être déterminée par la *société* qui impose, par une volonté d'optimisation et de rentabilité, un « remplissage » des cours qui a pour conséquence une forte hétérogénéité du public apprenant au sein de la classe. C'est alors la confrontation d'assujettissements à différents types de pilotage que l'instructeur se trouve à gérer. Le cas du pilote automatique et des automatismes des aéronefs avec lesquels les pilotes russes n'avaient que peu ou pas construit de rapport antérieurement à la formation chez Airbus, en est un exemple frappant et constitue une contrainte difficilement appréhendable en cours de formation.

Les témoignages recueillis montrent une hétérogénéité des statuts donnés aux outils de formation, c'est-à-dire leur positionnement dans la formation et le temps qui

leur est accordé. Notre analyse s'est plus particulièrement portée sur le rapport des participants à l'enquête aux outils numériques, qui font ressortir des contraintes de différents types, souvent liées au temps, mais aussi aux dimensions financières. Les témoignages sur les difficultés éprouvées par les instructeurs d'intégrer les outils numériques dans le déroulé de l'ingénierie de la formation, faute de temps, mais aussi par manque d'appropriation des outils numériques par les instructeurs eux-mêmes et par les stagiaires. Ceci questionne les rapports aux outils numériques des personnes, instructeurs et stagiaires, individuellement et collectivement. Comment ont-ils été construits? À travers quelles formations et qu'elles expériences? Il ressort des témoignages des dynamiques personnelles, mais aussi institutionnelles autour de la manipulation des outils numériques déterminant leur utilisation en formation. La question qui se pose est celle de l'identification d'un accompagnement des instructeurs (et par extension des stagiaires), permettant de dépasser les freins rencontrés, à partir du moment où on réalise que les outils numériques devront bien faire partie de l'écologie des formations en aéronautique.

3.2. Résultats des dispositifs GAPP

Au regard du caractère personnel et parfois confidentiel des échanges au sein d'un groupe d'analyse de pratiques, nous ne pouvons pas reproduire les retranscriptions des séances ni les documents produits à l'issue des travaux de chaque groupe. Nous présentons ici la description des adaptations réalisées pour répondre aux particularités du terrain ainsi qu'une synthèse des thématiques les plus représentatives de celles abordées durant les séances afin d'observer le mode de fonctionnement qui a pu être mis en place. Pour illustrer notre propos, et sans dévoiler la confidentialité des documents, nous avons inséré entre guillemets quelques extraits significatifs issus des comptes-rendus de réunions.

3.2.1. Descriptif

Nous avons construit un dispositif autour de Groupe d'analyses de pratiques professionnelles dans un but expérimental afin d'une part de recueillir des données discursives provenant des participants au sein du groupe. Ce dispositif servait également la démarche méthodologique d'accompagnement, d'analyse et d'autoanalyse de leurs pratiques professionnelles afin de mettre en évidence les conditions et contraintes de ces pratiques, ce qui correspondait à l'un des attendus de la CIFRE.

Comme décrit dans le chapitre 5, les comptes-rendus des GAPP sont rédigés par les animateurs et validés par le groupe. Son descriptif dépend essentiellement de son rédacteur et du groupe qui va le confirmer ou le corriger avant publication.

Sur la période allant de décembre 2020 à juin 2022, nous avons réalisé sept GAPP. Le GAPP 5 n'a pas été retranscrit, car l'animateur chargé de sa rédaction est

parti en formation à l'étranger durant une longue période. Les sujets des GAPP 1 et 6 sont sensiblement identiques.

Les sujets exposés s'exprimaient de la manière suivante :

GAPP 1 : Évaluation des instructeurs MTO (techniciens) avant le premier cours « client »

GAPP 2 : Diffuser un cours à des pilotes en tant qu'instructeur technicien

GAPP 3 : Insatisfaction des stagiaires avant le cours

GAPP 4 : Utilisation des outils numériques en formation

GAPP 6 : Sentiment de déconsidération lors de la formation initiale interne

GAPP 7 : Document client non disponible pendant la formation « Document »

Nous rappelons que le dispositif GAPP, qui s'appuie sur le dispositif décrit par Robo (2002) et qui a été adapté au terrain d'AHTA, comprend six phases :

Phase 0 : Phase de démarrage (*Rituel de démarrage*) pendant laquelle l'animateur définit le cadre, présente les objectifs et organise le choix de la situation qui sera exposée.

Phase 1 : Phase de l'exposé (*le temps de l'exposé*). Un participant a été choisi par le groupe pour développer une expérience vécue.

Phase 2 : Phase des questions (*le temps des questions*). Cette phase permet d'éclaircir le propos de la situation exposée.

Phase 3 : Phase des hypothèses (*Émission d'hypothèses et recherche du modifiable sur l'amont de la situation évoquée*) durant laquelle les participants et l'animateur proposent des orientations.

Phase 4 : Phase de conclusion (*Conclusion*) qui appartient à l'exposant d'utiliser ou non.

Phase 5 : Phase d'analyse (*Analyse du fonctionnement*) et la rédaction du compte-rendu.

3.2.2. Synthèse des résultats

a) GAPP n° 1 du 23 septembre 2020 – 4 participants + l'animateur.

Les résultats du premier GAPP montrent une problématique liée à la formation interne d'un instructeur technicien et de son évaluation lors de son intégration au sein des équipes. L'exposant décrit une forme de stress et de doute générés par le dispositif d'évaluation. Le cadre de l'exercice d'évaluation "n'est pas [selon lui] clairement énoncé (la répartition des rôles des évaluateurs, le temps de parole)". Des questions techniques « fument dès l'entrée de l'exercice, parfois dans un but de déstabilisation ». L'évalué déclare avoir eu le sentiment d'être « tombé dans un piège ». Ce dernier s'attendait plutôt « à recevoir les derniers conseils » avant son premier cours avec des stagiaires clients.

Durant la phase de questionnement, les participants présents ont demandé à voir

la fiche d'évaluation. « l'objectif de cette demande était de connaître les critères [et les objectifs] d'évaluation énoncés dans cette grille. » De nombreuses questions ont alors été posées.

- Pourquoi existe-t-il une différence avec le process de l'ATO ?
- Quels sont les rôles et les profils des évaluateurs ?
- Pourquoi ne pas laisser une période de présentation avant d'être questionné ? [très souvent par des questions techniques et peu sur la relation éducative]
- Y a-t-il un intérêt de déstabiliser l'instructeur évalué.
- Les examinateurs – le terme « auditeur » est plus fréquemment utilisé dans le milieu de l'instruction aéronautique – adoptent-ils des postures « naturelles » ou inscrites dans un document ?
- Si la grille d'évaluation existe, est-ce que le dispositif est clairement défini ?
- Le comportement des « experts » diffère-t-il suivant les personnes [examinées].

Les participants lors de la phase d'hypothèse ont proposé de rédiger un document qui comprendrait les règles, les objectifs et les attendus de l'évaluation. D'autant qu'« à la lecture de la fiche d'évaluation précitée, il paraît difficile de comprendre les critères d'évaluation, et l'on comprend la confusion qui s'établit ».

Les participants proposent de décrire sur un nouveau document plus précisément les items d'évaluation et de remettre cette proposition aux responsables de la formation.

L'exposant a conclu en disant que cette discussion a permis de révéler qu'il existait un "besoin de réformer ce type d'évaluation [de l'] instructeur qui pose beaucoup de questions à propos de ses objectifs et sur la manière de la conduire”.

La phase d'analyse a précisé qu'il serait néanmoins utile de questionner d'autres instructeurs pour s'assurer qu'il ne s'agit pas « d'un cas isolé ». L'analyse révèle également que « l'instructeur évalué devrait être en mesure de connaître sur quel point il sera évalué ».

b) GAPP n° 2 du 21 octobre 2020 – 3 participants + l'animateur.

Durant ce GAPP, l'exposant décrit une situation durant laquelle des stagiaires pilotes insatisfaits par un instructeur-pilote « reviennent pour suivre un cours diffusé cette fois-ci par des instructeurs-techniciens » (car les contrats commerciaux peuvent s'étendre sur plusieurs années et l'opérateur peut envoyer en formation le personnel qu'il désire sur une période négociée). Les cours de techniciens et la documentation associée étant orientés publication technique, l'instructeur ne possédait pas des documents (Manuel de vol) à jour. Il n'y a pas eu de « base de travail entre le commerce, le client et les instructeurs pour répondre à la demande client. »

Malgré le fait que les stagiaires – l'exposant a utilisé le terme de « client » pour désigner les stagiaires – semblaient satisfaits, les réponses de l'enquête de satisfaction en fin de formation ont été négatives.

« la problématique posée est de savoir comment gérer dans le futur une situation

semblable pour éviter une insatisfaction client et un mécontentement de l'instructeur. »

La phase de questions s'est déroulée avec un échange de questions-réponses entre les participants et l'exposant :

Qu'elle fût le contexte de cette situation, pourquoi est-ce arrivé ?

Les instructeurs du MTO se sont vu attribuer le cours après l'insatisfaction du client

Quelle était la demande client ?

Une liste de question avait été envoyée par le client, mais les réponses qui n'étaient pas orientées pilote ont confirmé une insatisfaction.

Y a-t-il un syllabus ? Non

Est-ce que les besoins stagiaires ont été communiqués à l'instructeur ? Non

Est-ce que les stagiaires connaissaient le contenu du cours ? Non pour le premier cours, oui pour le second. « Aucun instructeur pilote n'a souhaité intervenir dans le cours. »

Combien de temps de préparation ? un mois

Y a-t-il eu une concertation avec l'ATO (les pilotes) ? Non, décision hiérarchique ATO

Pourquoi ce refus ? pas de réponse

Les hypothèses énoncées par les participants seraient de commencer par mieux préparer le travail en amont avec les gestionnaires de contrat et le client-opérateur et/ou les stagiaires. Il s'avère que cette situation s'apparente plus à des réponses opérationnelles précises pouvant être délivrées par l'usine qu'à une formation standard ou sur mesure de la responsabilité unique du training. Repenser le dispositif (distance learning par exemple) et la proposition au client pour mieux définir les besoins en formation.

L'instructeur en question n'a pas été informé suite à l'insatisfaction des clients de la part du commerce d'AHTA. L'autre proposition des participants serait de mieux analyser l'enquête de satisfaction et/ou d'en proposer une plus détaillée pour comprendre les raisons et trouver des solutions en retour.

L'exposant a conclu en remerciant les participants et avoue n'avoir pas suffisamment. « Il trouve l'idée d'effectuer un "briefing" avant ce type de cours est très bonne. »

La méta-analyse de la situation montre un besoin de questionnement en amont et avant la formation pour éviter ce genre d'écueil.

c) GAPP n° 3 du 10 décembre 2020 – 3 participants + l'animateur.

Dans ce GAPP, l'exposant décrit des stagiaires insatisfaits d'Airbus avant même le début de la formation, car des *Technical Event* (TE) n'ont pas été traitées (les TE est une ou des questions techniques posées par le client opérateur à Airbus concernant un problème technique ou une erreur sur la documentation technique de l'appareil). L'exposant décrit et explique les conditions et contraintes de ces *process*. L'instructeur

se trouve alors dans une situation pour laquelle il n'est pas responsable, mais « doit jongler avec les réponses », selon ses dires, et s'excuser auprès des stagiaires et « tout faire pour instaurer un climat de confiance afin que le cours se déroule au mieux ». La question qu'il pose est : « comment apporter des réponses satisfaisantes aux stagiaires sans compromettre l'image de marque de la société les mettre en confiance pour toute la durée du cours.

La phase de questions s'est intéressée aux raisons pour laquelle le support client ne répond pas en temps et en heure. *“Est-ce que dans la réponse le bureau d'étude (BE) précise que la réponse peut être longue ?”* À quelle fréquence cela se produit-il ? Environ un cours sur trois. Est-ce que tu as convoqué le BE ou le *Product support Manager* (PSM).

Les hypothèses seraient d'anticiper cette situation en faisant lire le syllabus aux stagiaires en début de cours et en définissant un « cadre général » afin d'informer le stagiaire qui n'est pas toujours au fait du contenu de cours. Les participants proposent également d'utiliser une application afin de communiquer entre les stagiaires et l'instructeur en amont du cours.

Dans la phase de conclusion, l'exposant a trouvé un réel intérêt à ce GAPP. Il décrit ce qu'il fera désormais en début de cours : « Expliquer les processus pour rassurer les stagiaires » et définir avec eux les problèmes afin de faire une démarche auprès des personnes responsables. « Il est important de perdre 10 minutes pour expliquer et rassurer le stagiaire, en lui montrant que nous prêtons intérêt à leurs problèmes. »

L'analyse met en exergue la nécessité d'anticiper les éventuelles questions qui ne font pas partie de la formation et informer les différents services concernés.

À la suite de ce GAPP, nous avons mis en place un guide pour les instructeurs que nous avons appelé « *contrat didactique* » pour que l'instructeur puisse connaître au plus tôt dans la formation les attentes des stagiaires souvent en décalage avec les négociations commerciales de la formation. Ce guide, aujourd'hui à la disposition de tous les instructeurs, comprend l'objectif d'une telle démarche pédagogique et une liste de questions à poser aux stagiaires en début de formation. (Annexe E)

d) GAPP n° 4 du 29 janvier 2021 - 4 participants + l'animateur.

Ce GAPP présente une situation dont la problématique est au centre de notre thèse. L'exposant nous dit que « les outils numériques sont pensés en tant qu'outils et non en tant qu'usage ». Le positionnement des outils pédagogiques dans le temps de formation, excepté pour le cours du dernier hélicoptère, s'effectue après « sa construction ».

Parmi les questions énoncées :

Qui choisit les outils numériques ? Qui décide que pour tel cours, il y aura tel outil numérique ? Réponse : Souvent des études hors Airbus guident les choix et la maison

mère « donne les outils et les instructeurs doivent les utiliser au mieux ». Les choix pédagogiques ne sont pas définis avec les instructeurs. « On nous donne les outils et on réfléchit pour les utiliser au mieux ».

Est-ce que l'instructeur se pose la question du choix de l'outil pour faire passer les connaissances ? « Non parce que les outils ont été choisis avant la création du cours. ». *Quels sont les critères de choix ?* La maison mère « les choisit comme raison principale de faire gagner du temps. » “Si un outil est bon, il va améliorer la qualité [la performance], il ne va pas faire gagner du temps.”.

Les hypothèses sont diverses : la maison mère devrait questionner en amont les instructeurs au centre de la formation. La réflexion des outils pourrait se faire avant la diffusion du premier cours, mais le manque de retour sur les “connaissances à faire passer ne permettrait pas de choisir à ce moment-là les outils les plus adaptés. « L'outil devrait être choisi quand il a fait ses preuves dans un cours plus ancien. »

« Il faudrait se servir de l'expertise et des compétences et discuter entre concepteur de cours et concepteur d'outils. »

L'analyse de ces échanges met en évidence un besoin de rapprochement entre instructeurs et la maison mère et une réflexion sur l'ingénierie pédagogique. La fusion prévue au premier trimestre 2022 pourrait être bénéfique.

e) GAPP n° 6 du 24 mai 2022 – 5 participants + l'animateur.

L'exposant de ce GAPP décrit la même problématique que le GAPP n° 1. À savoir un manque d'accompagnement ou de considération lors de la formation interne. L'exposant décrit un « coaching individuel » auprès d'un sénior instructeur ‘mené de manière à pousser l'[instructeur stagiaire] dans ses retranchements afin d'en avoir suffisamment ‘sous le pied’ pour pouvoir diffuser de manière sereine. Cette posture enseignante a fait naître auprès de l'instructeur stagiaire un ‘sentiment de déconsidération et de perte de confiance en lui, de dénigrement de sa personne et de doutes sur ses propres compétences et connaissances.’, jusqu'à penser à abandonner le poste. Mais à la fin de l'exposé, il se demande néanmoins si cette méthode pédagogique ne lui avait-elle pas été finalement bénéfique.

Les questions ont été posées autour des relations éducatives et psychologiques. *Est-ce que la personne a été trop dure avec toi ?* « Oui, mais j'ai atteint mes objectifs. Avant de passer entre les mains du sénior-instructeur, comment était encadrée ta formation d'instructeur ? j'ai fait quelques formations règlementaires et pour le reste beaucoup en autonomie pour apprendre la machine, les process internes, m'améliorer en anglais, mais sans vraiment être aidé par quelqu'un désigné pour suivre ma progression. » *Tu penses que c'est la méthode qui faut remettre en cause ?* « Oui, je pense que ce qui a donné des résultats avec moi n'est pas adapté à tout le monde.’ ‘Je pense qu'il doit y avoir d'autres chemins pour obtenir un résultat similaire. »

Les hypothèses émises par les participants sont :

L'autoévaluation devrait être intégrée pendant la formation

Revoir le cadre de l'évaluation

Redéfinir le rôle des évaluateurs

Les nouveaux arrivants devraient bénéficier de plus d'accompagnement pendant leur montée en compétence et d'un référent qui peut les aider à se situer sur leur niveau

Les relations professionnelles sont humaines et à ce titre elles devraient se baser sur l'accompagnement et la bienveillance.

Pour sa conclusion, l'exposant remercie le groupe et la bienveillance qu'il a ressentie durant le GAPP.

L'analyse au regard de la recherche doctorale met en évidence le besoin de redéfinir la formation interne des instructeurs et de revoir le processus d'évaluation.

f) GAPP n° 7 du 7 juin 2022 - 5 participants + l'animateur.

L'exposant nous décrit une situation qu'il vit au moment du GAPP. Il doit effectuer un cours pour lequel ses stagiaires n'auront pas la bonne documentation technique qui devrait correspondre à celle qu'ils utilisent. D'autant que le cours en question traite essentiellement de documentation avec des exercices techniques. Le problème est essentiellement informatique, car l'accès au serveur n'est accessible que par l'instructeur. Il a fait remonter sa demande auprès des services informatiques sans résultat.

Les questions concernent principalement la procédure et le format d'accès à ses données techniques. Et est-ce que c'est défini dans le contrat ? on ne connaît pas le contrat [commercial], mais dans le syllabus ce n'est pas défini.

Les hypothèses sont essentiellement accès sur la meilleure méthode à utiliser pour avertir les services concernés et les responsables du problème.

Cette situation met en lumière l'inexistence d'une procédure de validation de contenus qui peut impacter la satisfaction des stagiaires.

3.2.3. Conclusion

Ce dispositif expérimental que nous avons mis en place a tout d'abord alimenté nos questionnements durant toute la phase de l'enquête documentaire pour développer notre compréhension du fonctionnement des systèmes didactiques au sein d'AHTA. Il a également constitué un dispositif très pertinent pour aller au plus près des pratiques professionnelles des participants, servant de base à l'analyse praxéologique de leurs activités. Les interactions que le dispositif a suscitées ont permis non seulement d'amener les participants à expliciter leurs types de tâches et techniques, mais elles ont également donné une place aux discours justificatifs – de quelque nature que ce soit – au sujet des pratiques vécues. La lecture des problématiques énoncées par les participants exposants, l'analyse des échanges et des productions de ces GAPP, nous ont permis de constater qu'un besoin d'accompagnement, d'aide et de suivi est nécessaire pour surmonter non seulement

les effets des transitions numériques – qui étaient l’objet premier de notre recherche –, mais aussi plus globalement les effets des assujettissements institutionnels que subissent l’ensemble des instructeurs au regard des contraintes repérables à tous les niveaux de la diffusion de la formation. Ces GAPP que nous comptons poursuivre offrent un espace de dialogue structuré et bienveillant que le personnel enseignant et non enseignant réclame. Il permet également de recenser les besoins en formation tout au long de la professionnalisation des instructeurs et des adaptations successives de leurs pratiques aux évolutions numériques et sociétales.

Enfin, il convient d’ajouter que ces différents GAPP nous ont amené à concevoir une procédure validée par la direction (voir en annexe E la présentation du GAPP) ayant donné lieu à une documentation pédagogique interne – évoqué plus haut dans le GAPP n°3 – qui a été reproduite en annexe E : le contrat didactique qui sert aujourd’hui de guide à l’ensemble des instructeurs.

3.3. Résultats de l’enquête par questionnaires

Nous rappelons que les questionnaires à destination d’une part des instructeurs pilotes et d’autre part des instructeurs techniciens ont été conçus en seconde partie de thèse pour enrichir le dispositif de recherche, mais outre leur visée enrichissante, ils avaient également comme ambition, d’une part, de mieux faire apparaître la représentation des profils d’instructeurs au sein du réseau “*Training*” et d’autre part, d’améliorer les connaissances en matière d’usage pédagogique avec des simulateurs de tâches partielles.

La présentation détaillée de l’échantillon, incluant les caractéristiques des différents profils des participants, a été donnée dans le chapitre 5, ce qui nous permet ici de présenter les résultats les plus saillants en trois parties : les profils des instructeurs, l’usage des outils numériques en formation et les réponses aux questions ouvertes.

3.3.1. Résultats relatifs aux profils des instructeurs

a) L’âge et l’ancienneté

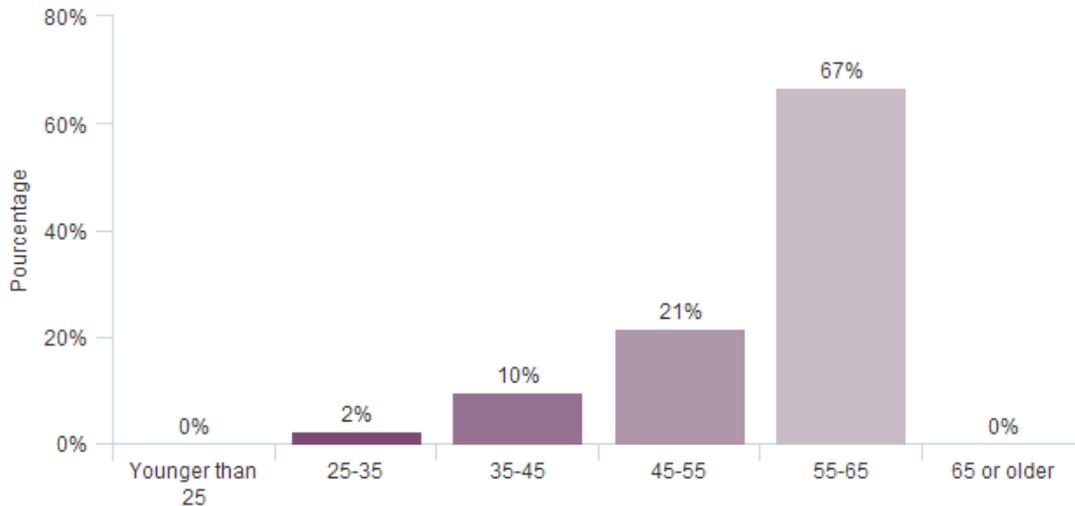


Figure 9 : Répartition des instructeurs-pilotes par âge

Il est intéressant de constater dans un premier temps au regard des réponses de la question 2 PT et de la figure 9 ci-avant, qu'une très grande majorité des répondants-pilotes se situe dans la tranche des 55-65 ans (67 %). La plupart des instructeurs-pilotes passent en effet généralement par une longue expérience en qualité de pilotes opérationnels avant de devenir instructeurs.

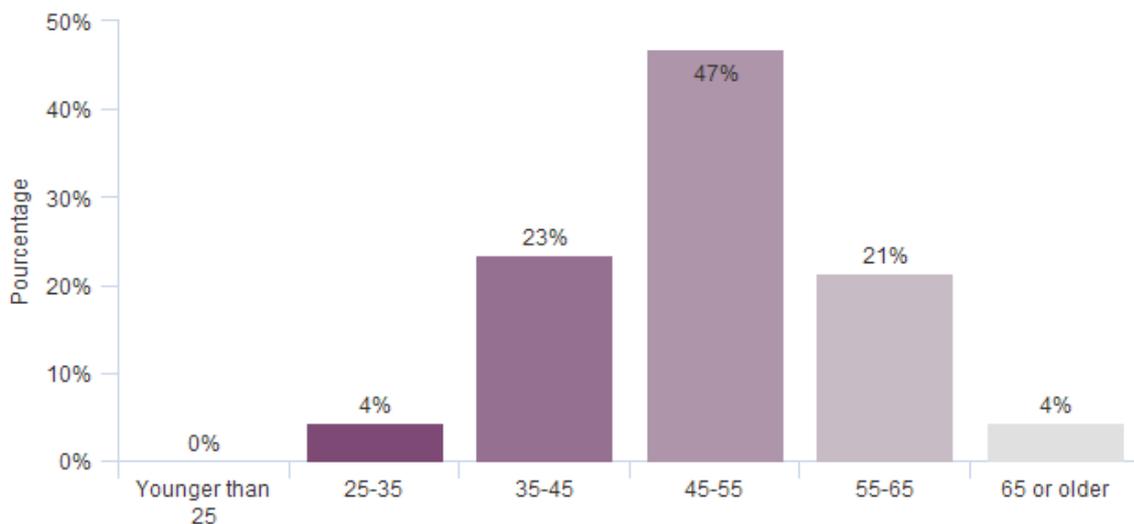


Figure 10 : Répartition des instructeurs-techniciens par âge

En revanche, pour les techniciens, l'expérience requise pour devenir instructeur est plus courte, de l'ordre de 10 années. Par voie de conséquence, la courbe des résultats (figure 10) affiche une forme gaussienne dont le point culminant se situe plutôt dans la tranche 45-55 ans (47 %).

b) La spécialité

La participation des techniciens ($n=49$) se répartit selon pour les deux spécialités comme suit : 64 % de mécaniciens ont répondu contre 36 % des avioniques.

Parmi ces 49 techniciens, nous comptons la participation de cinq *Deep Maintenance Instructor* associés à la qualification B1.3. Nous ne garderons donc pas cette variable, car cette spécialité destinée à former des experts est rarement proposée dans le catalogue des formations d'AHTA . Nous l'avons donc inclus avec les instructeurs mécaniciens. En revanche, nous avons eu un répondant qui a précisé qu'il était "*Structure Repair Instructor*". À AHTA, celui qui délivre les formations de structure est le chef d'atelier. Ces formations sont également assez rares.

c) Le nombre d'heures de vol (tous types d'hélicoptères confondus)

Suivant la figure 11 ci-dessous, une forte majorité des pilotes (76 %) possède plus de 5 000 heures à leur actif. Cela s'explique par le fait que l'échantillon est constitué en majorité de TRI ou FI (instructeurs de vol) et que généralement comme pour l'âge, vu plus haut, la coutume veut que tout type d'instructeur se doit d'afficher une certaine expérience et légitimité auprès des stagiaires qui est souvent liée aux heures de vol, principal critère de compétences reconnu par la communauté des pilotes.

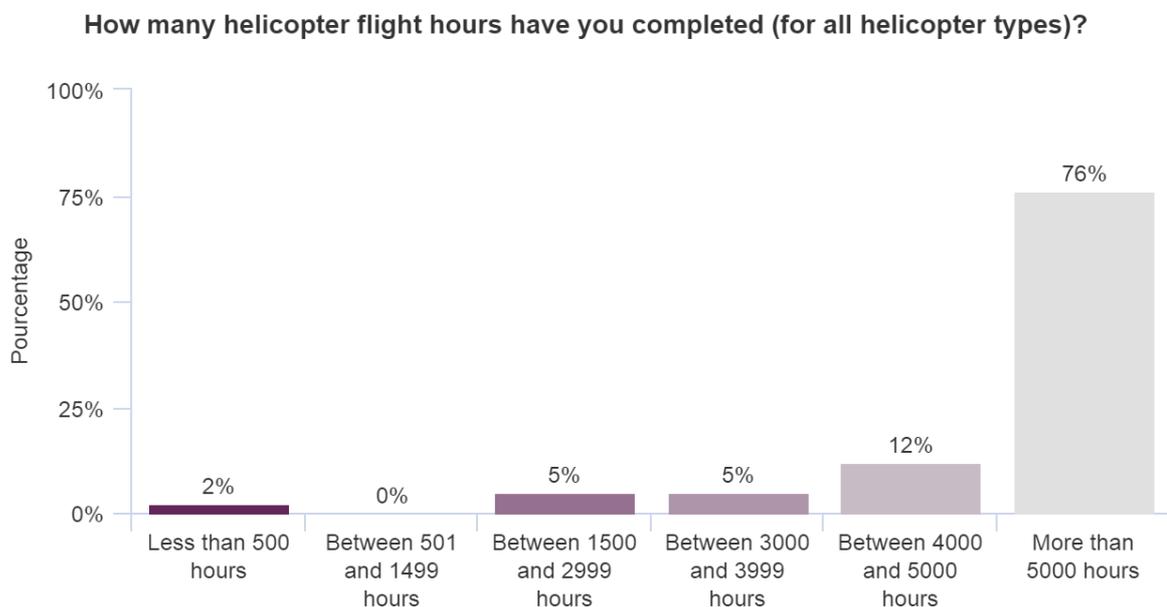


Figure 11 : Le nombre d'heures de vol par pilote

d) Les qualifications

Nous pouvons lire dans les tableaux 7 et 8 ci-dessous que les réponses regroupent l'ensemble des qualifications-instructeurs du groupe Airbus.

Flight Instructor (FI)	48%
Instrument rules Flight Instructor (IRI)	29%
Multi Crew Cooperation Instructor (MCCI)	12%
Synthetic Flight Instructor - Multi-Pilot (SFI-MP)	48%
Synthetic Flight Instructor - Single-Pilot (SFI-SP)	36%
Type Rating Instructor - Multi-Pilot (TRI-MP)	50%
Type Rating Instructor - Single-Pilot (TRI-SP)	57%
Security Training Instructor (STI)	0%
Theoretical Knowledge Instructor (TKI)	55%
Mountain Rating Instructor (MI)	2%
Military instructor qualification	17%
Other	2%

Tableau 7 : Liste des qualifications des instructeurs pilotes en pourcentage

#	FI	IRI	MCCI	SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP	STI	TKI	MI	MIQ	Nb de Qualif.
1				SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP		TKI			5
2									TKI			1
3			MCCI	SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP		TKI			6
4	FI	IRI		SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP					6
5	FI	IRI	MCCI	SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP			TKI			7
6	FI						TRI-SP					2
7	FI	IRI				TRI-MP	TRI-SP				MIQ	5
8			MCCI	SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP					5
9	FI	IRI										2
10						TRI-MP						1
11	FI	IRI		SFI-MP	SFI-SP		TRI-SP		TKI	MI		7
12									TKI			1
13	FI	IRI		SFI-MP		TRI-MP			TKI		MIQ	6
14	FI	IRI	MCCI	SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP		TKI			8
15	FI	IRI	MCCI	SFI-MP	SFI-SP		TRI-SP		TKI		MIQ	8
16				SFI-MP					TKI			2
17						TRI-MP	TRI-SP		TKI			3
18	FI	IRI		SFI-MP		TRI-MP	TRI-SP		TKI		MIQ	7
19	FI						TRI-SP					2
20					SFI-SP		TRI-SP					2
21				SFI-MP	SFI-SP				TKI			3
22	FI					TRI-MP	TRI-SP					3
23						TRI-MP	TRI-SP					2
24							TRI-SP					1
25						TRI-MP	TRI-SP					2
26					SFI-SP				TKI			2
27				SFI-MP								1
28	FI	IRI		SFI-MP		TRI-MP			TKI			5
29	FI					TRI-MP	TRI-SP		TKI			4
30	FI						TRI-SP		TKI			3
31							TRI-SP					1
32				SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP		TKI			5
33	FI			SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP		TKI		MIQ	7
34	FI											1
35	FI						TRI-SP		TKI		MIQ	4
36									TKI			1
37						TRI-MP						1
38	FI	IRI		SFI-MP		TRI-MP			TKI			5
39	FI	IRI										2
40				SFI-MP								1
41				SFI-MP	SFI-SP				TKI			3
42				SFI-MP	SFI-SP	TRI-MP	TRI-SP				MIQ	5
Nb total	20	12	5	20	15	21	24	0	23	1	7	
	Moyenne par pilote											3,5

Tableau 8 : répartition des qualifications par instructeurs pilotes répondants

Nous remarquons aussi que les qualifications les plus représentées au sein du Training d'Airbus sont les instructeurs en vol des qualifications de type (TRI) et les instructeurs pilotes de cours théoriques au sol (TKI). Ce qui n'est pas une surprise au vu du type de formations dispensées chez Airbus (les formations *ab initio* n'existant quasiment pas). Une forte majorité des TKI possèdent en plus une qualification de *Synthetic Flight Instructors* (SFI) (16 sur 23) pour instruire en simulateur à pleine échelle (FFS). Il y a quelques années, le directeur de la formation des pilotes de l'époque, à Marignane, avait proposé aux pilotes qui n'avaient que la qualification TKI, de passer une qualification SFI pour une valorisation du poste. Ceci pouvant expliquer ce fort pourcentage de TKI qualifiés SFI. Les autres TKI non qualifiés SFI sont essentiellement des instructeurs qualifiés sur petite machine qui ne possède pas de FFS.

Le tableau 8 montre que la grande majorité des pilotes affiche plusieurs qualifications (en moyenne 3,5), allant d'une qualification (10 instructeurs) à huit (2 instructeurs) pour les plus qualifiés. Un seul affiche une qualification MI (Militaire) non représentative pour notre étude.

Nous constatons que seulement 20 répondants se sont signalés en qualité de *Flight Instructor* (FI) alors que l'activité principale du réseau est la qualification de type, avec un instructeur (ligne 34 du second tableau) qui ne présente que la qualification FI. Il est possible qu'il n'ait pas signalé sa qualification de TRI, car il a pu considérer que la qualification FI soit générique et signifie selon lui une qualification qui inclut la qualification de type.

Il existe une distinction entre les MP (*Multi-pilot*) et les SP (*Single-pilot*) en fonction du type d'hélicoptères. Généralement, les instructeurs et pilotes qualifiés sur des hélicoptères lourds ou moyens sont également qualifiés pour piloter en équipage (pilote et co-pilote). La qualification SP suffit pour les hélicoptères légers qui se pilotent sans copilote.

Une seule personne (2 % *autres*), affichée dans le premier tableau, a précisé la qualification HHO (*Helicopter Hoist Operations*) qui est une qualification de technicien et non de pilote, car certains pilotes ont aussi des qualifications de techniciens et certains techniciens des licences de pilotes (essentiellement *ab initio*).

Nous pouvons observer à partir de ces réponses une grande diversité de profils de qualifications, impliquant autant d'expériences de pilotage et d'instructions. Les

instructeurs sont embauchés par qualification et peuvent être formés pendant leur emploi sur d'autres qualifications que celles pour lesquelles ils ont été recrutés en fonction de la demande en formation. Cette diversité entraîne un certain nombre de conditions pour instruire, mais aussi des contraintes liées à l'obligation de proroger ces qualifications périodiquement. Il se peut qu'un instructeur ne puisse plus instruire jusqu'à qu'il ait validé son renouvellement de qualification.

e) La fonction dans l'entreprise

Pour les pilotes

Le graphe (figure 12) ci-dessous nous montre que hors distinction de qualification, les instructeurs en vol appartiennent à la majorité (67 %). Les TKI, au centre de notre recherche, représentent 45 % de l'échantillon. Il sera intéressant de croiser la qualification et la fonction, car dans certaines filiales un instructeur peut être à la fois manager, instructeur au sol et au vol. Parmi les réponses, nous avons 19 % de managers qui occupent la fonction de responsable de la formation pilote (*Head of Training*) et 5 % de managers responsables des cours au sol : Chief of Theoretical Knowledge Instructors (CTKI).

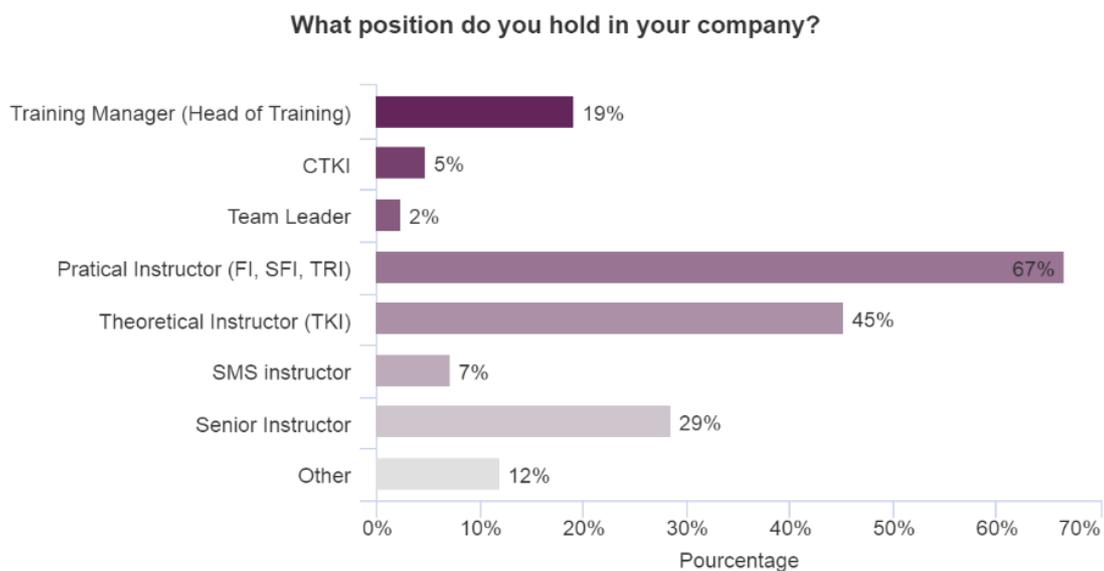


Figure 12 : Répartition des fonctions des pilotes au sein du Training Helicopters d'Airbus

Il y a eu cinq réponses à la question ouverte « autre, merci de préciser » pour préciser : *Chief Test Pilot* (chef des pilotes d'essai), qui est une fonction qui n'intéresse pas directement un ATO, mais qui affiche une certaine compétence technique ; *Flight Ops Representative* (délégué des opérations de vol), qui est responsable de la gestion des vols ; *Head of Safety* (Chef de la sécurité), qui pourrait s'assimiler au *Safety Manager* ; *Contractor* (contractuel), qui signifie que l'instructeur intervient sur demande et par mission, mais n'a pas a priori de contrat à durée indéterminée avec son institution ; *Simulator Instructor* : cette précision nous paraît inappropriée, car le choix d'instructeur sur simulateur (c'est-à-dire sur FFS) était proposé dans la question

sur les qualifications.

Pour les techniciens

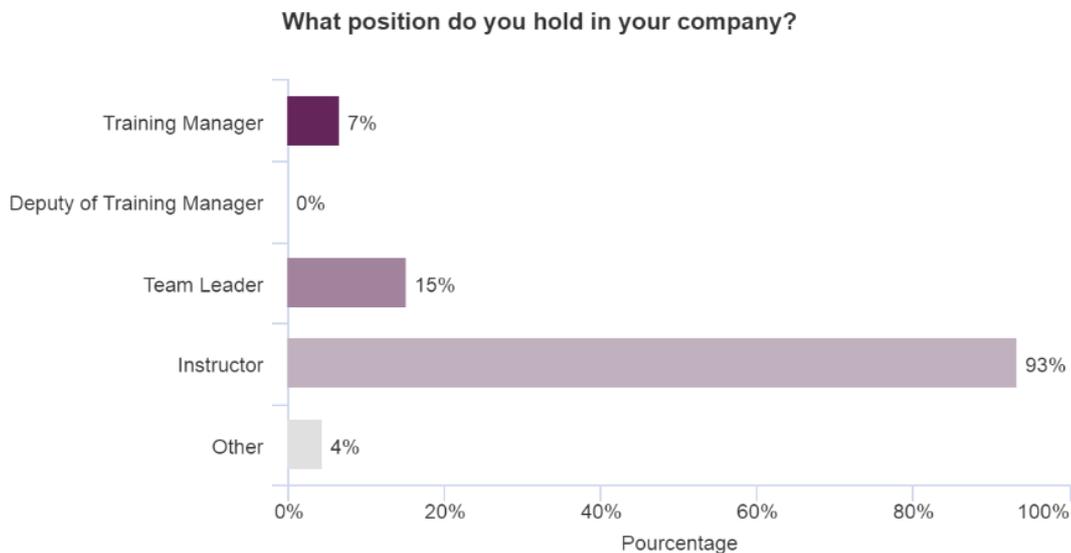


Figure 13 : Répartition des fonctions de l'ensemble des techniciens

Étant donné que la fonction de chef d'équipe n'existe qu'à AHTA Marignane, comme le montre la figure 13 ci-dessus, le pourcentage affiché de chefs d'équipe (*Team Leader*) reste très minoritaire (15 %). Le seul *Deputy of Training Manager* n'a pas répondu. Et les instructeurs affichent une majorité écrasante de 93 %, considérant que tous les chefs d'équipe exercent aussi des fonctions d'enseignement. Nous constatons néanmoins que la fonction managériale est moins représentative chez les techniciens que chez les pilotes.

Deux d'entre eux ont saisi *Technical Support Manager* et *Quality & SMS Inspector*. Le premier est une sorte de technico-commercial en charge des relations et de la construction du projet de formation pour les techniciens et le second est responsable de la sécurité et de la qualité. Des fonctions qui n'existent pas à Marignane, le premier étant en Afrique du Sud alors que le second au Chili.

Les participants à l'enquête sont ainsi majoritairement centrés sur des fonctions d'enseignement-employés, même si les managers peuvent également instruire.

f) Les qualifications de type d'hélicoptère

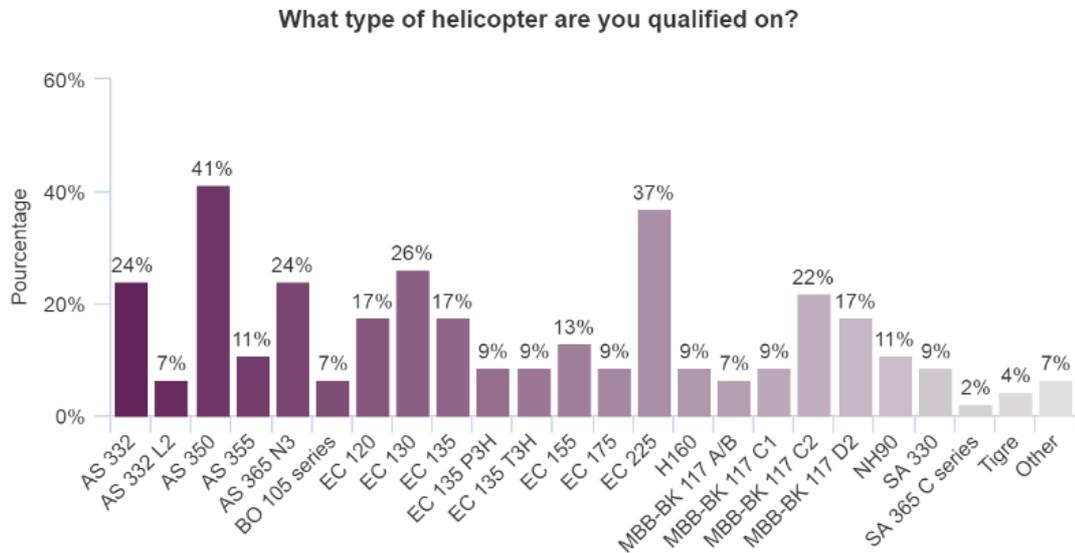


Figure 14 : Répartition du type de qualification par instructeurs-pilotes

es qualifications par type de machines est assez similaire chez les pilotes et chez les techniciens. Nous remarquons donc que les qualifications les plus présentes auprès des instructeurs sont celles des Écureuils (AS350/EC130 & AS355) (41 % et 11 % pour les techniciens et 43 % et 14 % pour les pilotes), et celles de la famille des Super Pumas (AS332, AS332L2, EC225) (24 %, 7 % et 37 % pour les techniciens et 48 % cumulés pour les pilotes) qui correspondent aux parties les plus importantes du marché d'Airbus.

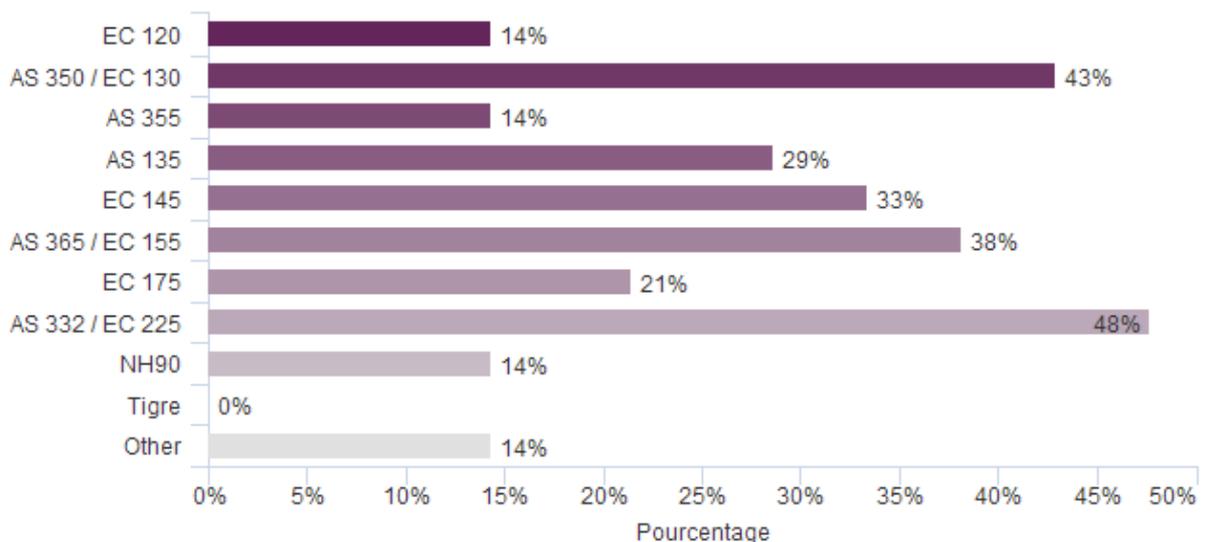


Figure 15 : Répartition du type de qualification par instructeurs-techniciens

Parmi les qualifications qui ne font pas partie de la liste, deux pilotes ont ajouté le

H145 (EC145) qui fut oublié lors de la conception du questionnaire et un autre qui a complété la liste par le H160, le nouvel hélicoptère d'Airbus qui n'était pas référencé au moment de l'enquête. Une autre personne interrogée a affiché des qualifications de type sur des hélicoptères concurrents qui ne concerne pas notre recherche.

Du côté des techniciens, un seul des répondants se dit qualifié sur H160 (ils sont plus nombreux au moment de la rédaction de manuscrit compte tenu des ventes de ce dernier). Enfin, deux autres ont juste précisé des qualifications de variante qui peuvent s'inscrire parmi les familles listées.

La distribution des types de qualifications contribue à mettre en lumière une diversité de profils d'enseignant se distinguant sur le type de machine pour laquelle, ou lesquelles, ils sont qualifiés.

g) Année de début de carrière (par rapport à la fonction d'instructeur)

En moyenne les pilotes ont commencé à être instructeurs à partir de 1995 tandis que la moyenne des techniciens se situe en 2010. L'écart correspond approximativement à l'écart des tranches d'âge vu plus haut.

h) Nombre d'années d'expérience en tant qu'instructeur

Pilotes

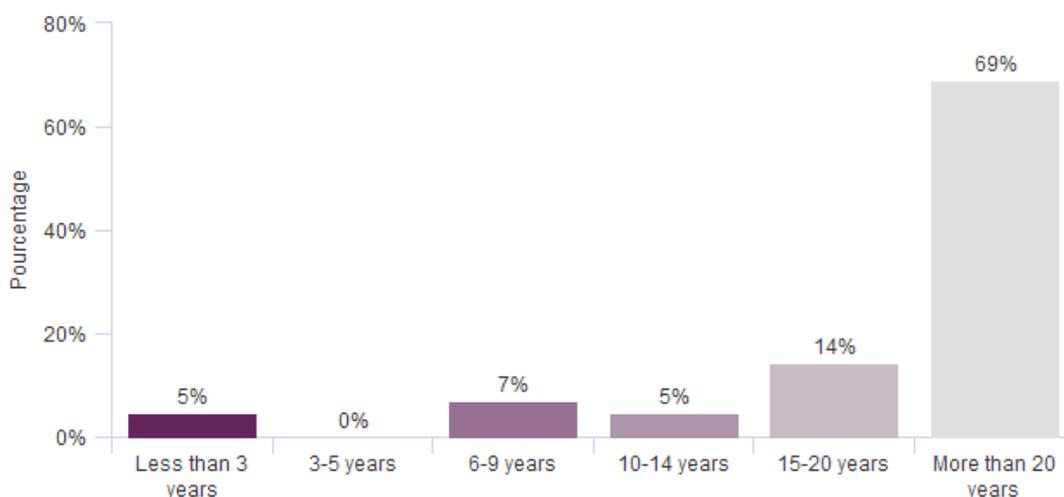


Figure 16 : Nombre d'années d'expérience des pilotes dans l'instruction

Il est à noter que l'expérience des pilotes (suivant la figure 16) s'apparente au graphique de l'âge et des heures de vol. Cela peut s'expliquer par le fait qu'un pilote, lors de son cursus principalement militaire (compte tenu du coût exorbitant pour apprendre à piloter un hélicoptère, la plupart des pilotes se forment dans le cadre des Armées), a pour mission la transmission de son savoir acquis auprès des jeunes recrues. Les pilotes ont tous été instructeurs ou au moins moniteurs. Cette longue expérience se reflète sur le graphique 16 ci-dessus (69 %).

Techniciens

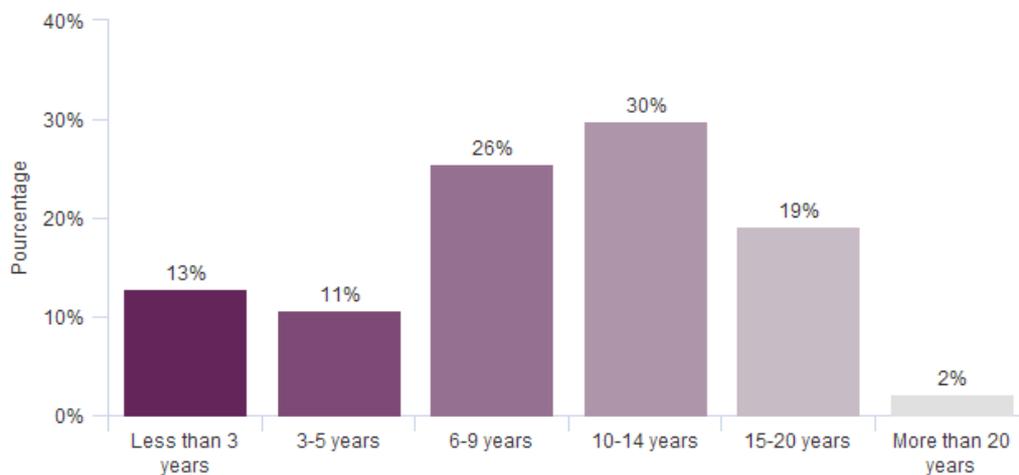


Figure 17 : Nombre d'années d'expérience des techniciens dans l'instruction

La représentation de l'expérience des techniciens est plus répartie. Seulement 2 % possèdent plus de 20 ans d'expérience. Le métier se décide *a priori* plus sur le tard.

En conclusion, ces résultats montrent une forte diversité de profils d'instructeur. Cette hétérogénéité de profils fait apparaître des assujettissements qui conditionnent l'instruction. Les instructeurs sont subordonnés à la validité de leur qualification pour pratiquer leur fonction enseignante. Mais ces conditions peuvent devenir des contraintes lorsque l'institution réclame aux instructeurs en place de passer de nouvelles qualifications plutôt que de privilégier l'embauche.

3.3.2. Résultats relatifs à l'usage des outils numériques en formation

Dans ce paragraphe, nous présentons les résultats majeurs relatifs aux déclarations des instructeurs à partir d'un panel international sur l'usage pédagogique des outils numériques de simulation en formation au sol, ainsi que les différents types de contraintes et les besoins en formation des instructeurs. De la même manière que

pour le paragraphe précédent, nous présentons les résultats par type de questions.

a) Les méthodes pédagogiques

Pilotes

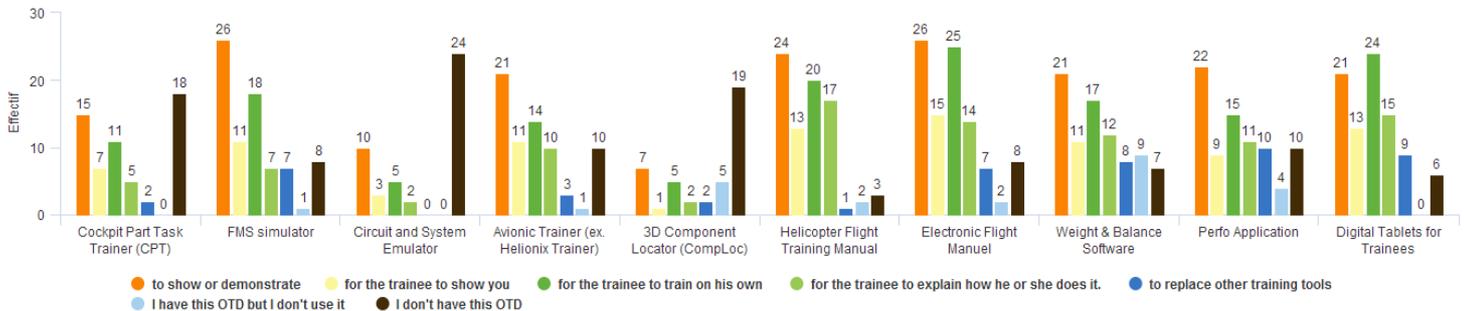


Figure 18 : Répartition des méthodes pédagogiques employées avec des OTD's par les pilotes

Nous remarquons dans le graphique (figure 18) ci-dessus que la majorité des instructeurs pilotes utilise des méthodes pédagogiques affirmatives et démonstratives (en orange) lorsqu'ils enseignent avec la plupart des outils numériques de formation : 15 répondants pour les CPT (26) pour les FMS (21) pour l'Helionix trainer, etc. Seul l'utilisation pédagogique des tablettes numériques, qui sont remises aux stagiaires pendant les cours, n'est pas majoritaire (21) contre 24 au premier.

La méthode affirmative, celle pour laquelle l'instructeur montre des actions sans que le stagiaire ne puisse intervenir, ne favorise pas l'activité des stagiaires pour leur permettre de développer un processus réflexif afin d'encourager l'apprentissage. La méthode qui consiste à faire agir le stagiaire sur l'outil, représenté par l'item « pour que les stagiaires puissent vous montrer » (jaune) n'arrive qu'à la troisième des méthodes employées à l'utilisation pédagogique de la plupart des outils numériques.

La deuxième méthode la plus pratiquée est l'autoformation (vert). Les instructeurs considèrent que les simulateurs servent très souvent à l'entraînement pour consolider les apprentissages théoriques. Ce qui est encore plus vrai pour les outils qui sont remis au stagiaire tout au long de la formation comme les tablettes 24 personnes - qui sont majoritaires-, le manuel de vol 25 personnes, et le support de cours - *Helicopters Flight Training Manual* - (20). En revanche, pour les outils en libre utilisation comme le CPT (11), le FMS (18), l'Helionix Trainer (14), l'écart est moins important. Malgré que, comme nous l'avons vu plus haut dans l'analyse des entretiens, l'apprentissage par autoformation sur les outils de simulation est très peu pratiqué au sein du *campus* par manque de temps, de positionnement des outils de simulation dans le temps didactique et par manque de scénarisation guidée. Nos observations ont permis également de constater que les stagiaires qui les utilise en autonomie, le font

généralement hors formation, généralement pendant la pause de déjeuner et quasiment jamais pas après les cours, car la plupart des stagiaires rentrent à leur hôtel par les transports collectifs.

Hormis le logiciel du calcul de la répartition des poids dans le cockpit (*Weight & Balance Software*) qui n'est pas utilisé par seulement 9 instructeurs sur 85, tous les autres OTD's quand ils sont disponibles sont employés.

Enfin, seuls trois outils ne sont majoritairement pas présents dans l'ensemble du réseau : le CPT (18/58 répondants : 31 %), l'émulateur de circuits (25/50 répondants : 50 %) et systèmes et le localisateur de composant (19/22 répondants : 86 %), en noir sur le graphique

Techniciens

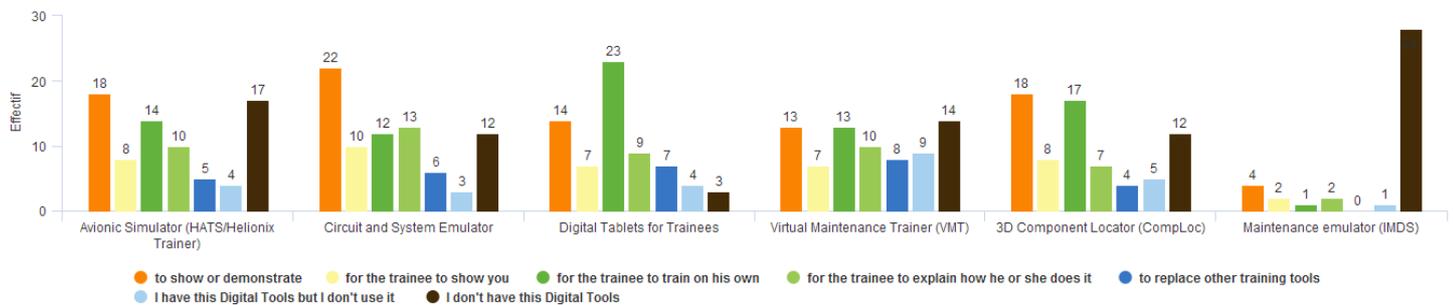


Figure 19 : Graphique des méthodes pédagogiques utilisées avec des MTD's par les techniciens

Nous remarquons, dans la figure 19, qu'il existe chez les techniciens une forte hétérogénéité de réponses suivant le type d'outils numériques utilisés malgré leur nombre moins important que chez les pilotes. Paradoxalement, nous pourrions imaginer qu'il existe un consensus institutionnel lorsque les dispositifs sont moins nombreux.

Néanmoins, la méthode par démonstration (orange), comme pour les pilotes, se retrouve chez les techniciens de façon plus marquée avec l'Helionix Trainer (18 répondants) et surtout avec les émulateurs de circuits et systèmes (22 répondants). L'autoformation, quant à elle, est très majoritaire lorsqu'il s'agit de l'utilisation des tablettes. Cela se comprend, car le support de cours (Training Manuel) et le CompLoc (la modélisation de l'appareil en 3D) y sont installés et permet aux stagiaires de consolider les apprentissages pendant et après les cours. D'ailleurs, l'utilisation du CompLoc en salle de cours affiche un tendance quasiment identique lorsque l'outil est affiché au tableau

En revanche, l'Helionix Trainer est peu présent dans les formations de techniciens au sein de l'ensemble du *Training*. Seulement 17 répondants (22 % de l'ensemble des répondants) contre 10 répondants chez les pilotes (14 % de l'ensemble des répondants).

Les résultats concernant le VMT, l'outil le plus controversé chez les techniciens au regard des résultats des entretiens, n'affichent aucune tendance majoritaire à son usage pédagogique. La méthode par démonstration (13 répondants) indique le même résultat que l'apprentissage en autonomie (13 répondants). La méthode active qui est représentée par l'item « Pour que les stagiaires expliquent comment ils s'y prennent. » (vert clair) arrive juste après avec 10 répondants. Cela peut s'expliquer par le manque de directive et d'accompagnement lors de l'implantation du VMT dans les parcours de formation, ce qui confirmerait les résultats obtenus lors de l'enquête par entretiens.

Nous remarquons sur l'ensemble de ces résultats que la méthode pédagogique la plus utilisée avec des simulateurs de tâches partielles en cours au sol est une méthode affirmative par démonstration. La plupart des instructeurs utilisent les outils comme des diffuseurs de contenus. Nous l'avons confirmé lors de nos observations. La plupart des instructeurs considèrent ces outils comme des objets de démonstration et d'argumentaire à leur propos. Mais peu les considèrent comme de réels objets de simulation de situation afin que les apprenants s'en servent comme fondement théorique à la compréhension de leurs apprentissages.

b) Les contraintes affichées à l'usage des outils de simulation en formation

Dans cette section, nous voulions confirmer ou infirmer nos hypothèses concernant les types d'assujettissements liés à l'usage des outils qui génèrent les conditions et les contraintes – ou les obstacles – expression plus compréhensible par la communauté des instructeurs –. Pour faciliter la lecture, nous présentons les résultats et leur analyse par items à partir des deux figures 20 (pilotes) et 21 (techniciens).

Nous avons également regroupé les réponses d'un côté, « absolument pas d'accord » (en violet pour les techniciens et en bleu pour les pilotes) avec l'item « pas d'accord » (en bleu clair pour les techniciens et en vert pour les pilotes) et de l'autre, « d'accord » (en jaune pour les techniciens et orange pour les pilotes) avec « absolument d'accord » (en bleu marine pour les techniciens et rouge pour les pilotes).

Techniciens

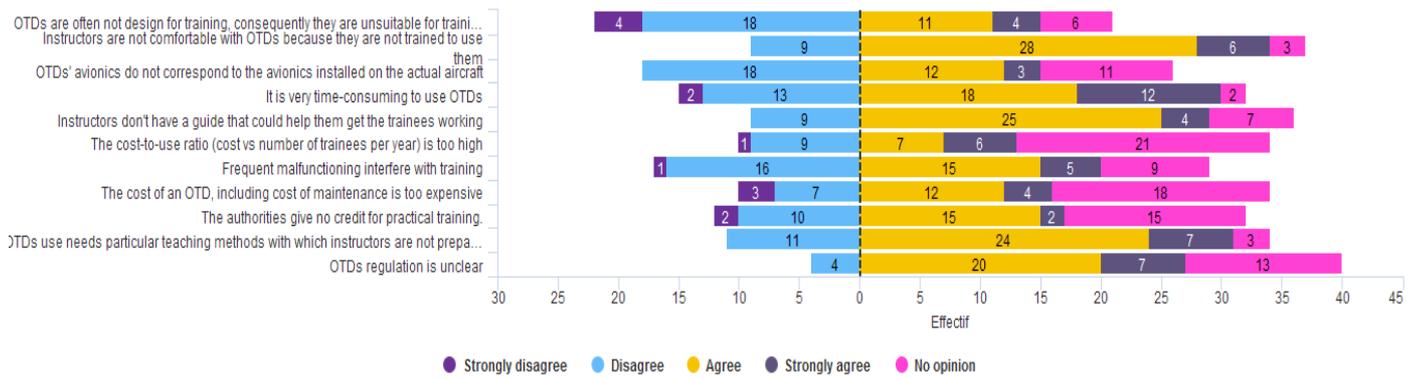


Figure 20 : Obstacles à l'usage des outils de simulation en formation (Techniciens)

Pilotes

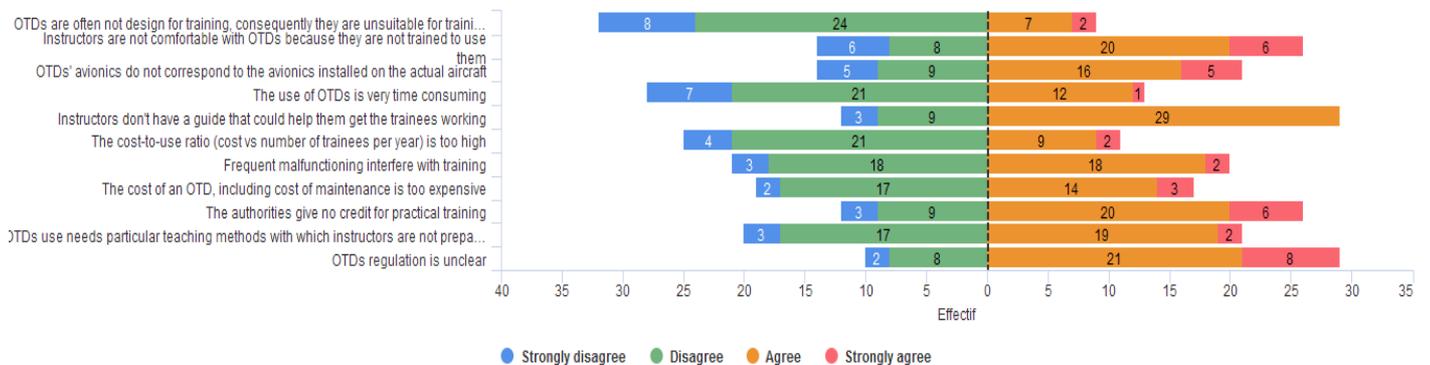


Figure 21 : Obstacles à l'usage des outils de simulation en formation (Pilotes)

La première remarque est qu'aucun pilote n'a coché la case « sans opinion ». Ils sont en moyenne un peu moins de 10 (9,73) par items chez les techniciens.

Au regard des deux graphiques ci-dessus, trois items valident avec force nos hypothèses et qui font consensus à l'ensemble des instructeurs (techniciens et pilotes) :

La première est celle qui revient à l'ensemble de nos résultats : « les instructeurs ne sont pas à l'aise avec les dispositifs *synthétiques* de formation, car ils n'ont été formés à leur utilisation » : 34 répondants (soit 79 %) sont d'accord avec cette affirmation (28 sont d'accord + 6 sont absolument d'accord) chez les techniciens et 25 répondants (soit 64 %) sont d'accord (20 +6) chez les pilotes.

La deuxième réponse la plus affirmative est celle dont l'énoncé est : « les instructeurs ne disposent pas d'un guide qui pourrait les aider à faire travailler les stagiaires ». 29 (25 +4) pour les techniciens et 29 (29 +0) pour les pilotes. Encore une fois, la requête des techniciens à réclamer une aide est clairement exprimée. Ce guide pourrait être assimilé à un accompagnement qui n'est pas aujourd'hui en vigueur au sein de l'organisme.

La troisième réponse la plus majoritaire correspond à l'affirmation « les règlements sur les OTD ne sont pas clairs ». 29 (21 +8) sur 39 (74 %) chez les pilotes contre 10 qui ne sont pas d'accord et 27 répondants (20 +7) sur 44 (61 %) chez les techniciens contre seulement 4 qui n'adhèrent pas. La plupart sont d'accord sur le fait que les autorités ne donne pas beaucoup de recommandations quant à leur usage, et devraient donner du crédit à des dispositifs proposant des OTD dans leurs formations, selon une majorité de pilotes (item n°9) 26 contre 11 (70 %). Les techniciens pour cette question n'ont pas d'opinion significative. Ils sont même 15 qui n'ont aucune opinion sur la question.

Il est à remarquer, aussi qu'il existe des réponses qui ne font pas consensus entre techniciens et pilotes, en l'occurrence, sur le choix des méthodes pédagogiques à employer et pour lesquelles les instructeurs ne sont pas préparés. Les techniciens adhèrent totalement à cette affirmation (35 répondants, soit 74 %) alors que les pilotes sont très partagées (21 pour contre 20 contre). Nous avons expliqué lors de la présentation des résultats des entretiens et suivant les profils des pilotes (section 3.3.1) que ces derniers utilisent depuis leur début de formation de pilotes des outils de simulation et donc selon eux, les méthodes pédagogiques sur des outils de simulation ne leur sont pas inconnues. Mais ce qui est vrai avec les simulateurs de vol et de procédure actuels risque de changer avec l'arrivée des technologies de réalité virtuelle qui devraient générer de nouvelles méthodes d'enseignement non expérimentées à ce jour et qu'ils faudra questionner à l'avenir.

Aussi, la question de la chronophage de l'utilisation des outils de simulation dans les parcours de formation n'est pas perçue de la même manière chez les pilotes et les techniciens. Quand les premiers (28 répondants sur 41, 68 %) ne trouvent pas que les simulateurs font perdre du temps (encore faut-il comme nous l'avons déjà dit qu'ils soient pensés dans les dispositifs, en amont des conceptions de cours), les seconds en revanche sont 30 répondants (64 %) à penser le contraire. Cela peut signifier que le profil des techniciens se distingue de celui des pilotes pour le type d'accompagnement à proposer.

Enfin et inversement, il existe un item pour lequel l'ensemble des instructeurs est en désaccord. (item n°1) : « Souvent, les OTD ne sont pas conçus pour la formation et, par conséquent, ils ne sont pas adaptés à la formation. » (32 répondants pilotes et 22 répondants techniciens). À l'origine nous avons posé cette question, car les outils numériques, comme nous l'avons présenté dans les résultats des entretiens, sont souvent imposés sans concertation avec les instructeurs et issus aussi pour certains des bureaux d'étude. C'est le cas du HATS (Helionix Trainer) qui servait au calcul de performance et de test au moment de la conception de l'avionique et qui a été transféré ensuite au « *training* ».

Les questions du coût et de l'éventuelle fragilité technique des outils ne sont pas affirmées. Elle ne sera pas retenue.

En conclusion, nous remarquons à la fois sur certains sujets – la formation des instructeurs et leur accompagnement, ainsi que la question de la réglementation mal clarifiée – qu’il existe une adhésion de l’ensemble des instructeurs et pour d’autres au contraire – comme la contrainte de temps et les méthodes pédagogiques à employer – il peut se dégager des profils d’instructeurs avec des techniques et des pratiques différentes.

c) La conformité et la validité technique des outils de simulation

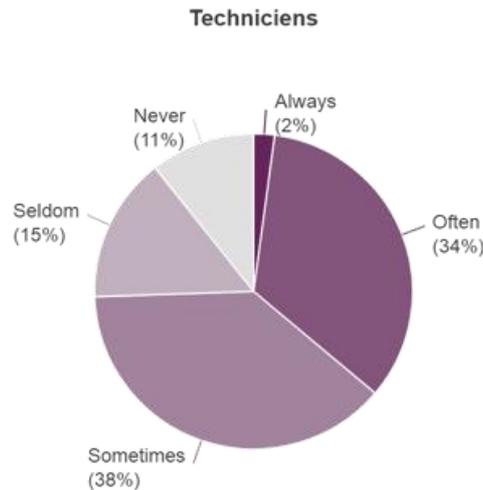


Figure 22 : Mise en conformité avec les équipements réels des avions dès leur mise en service (Techniciens)

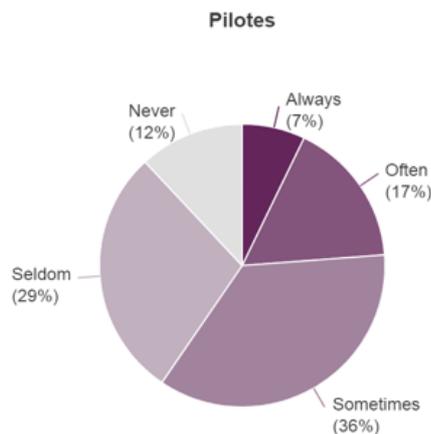


Figure 23 : Mise en conformité avec les équipements réels des avions dès leur mise en service (Pilotes)

La figure 23 confirme que lors de la mise en service d’un outil de simulation, les instructeurs techniciens ne les considèrent pas obligatoirement conformes à la fidélité des avions. Si l’on cumule les réponses « jamais », « rarement » et « parfois », c’est-à-dire de manière non systématique, on obtient 64 % des réponses. Les réponses « souvent » et « toujours » représentent environ un tiers des résultats (36 %). Du côté

des pilotes, les réponses sont plus affirmatives. 41 % d'entre eux déclarent que les outils numériques ne sont pas conformes aux dernières mises à jour des systèmes (« jamais » : 12 % + « rarement » : 29 %).

d) La formation des instructeurs sur simulateur

Pilotes



Figure 24 : La formation des instructeurs pilotes sur l'utilisation des simulateurs

Techniciens

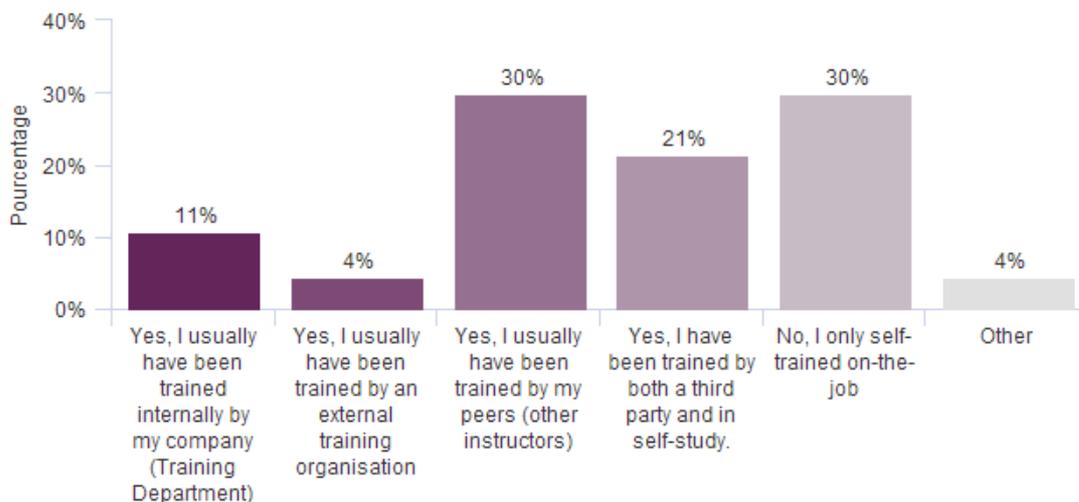


Figure 25 : La formation des instructeurs techniciens sur l'utilisation des simulateurs

Les deux graphiques (figures 24 et 25) affichent des résultats sensiblement identiques. Les instructeurs-pilotes affirment majoritairement s'être formés sur les outils de formation simulés à 31 % par eux-mêmes et par leur pairs à 26 %.

Les techniciens affichent les mêmes résultats 30 %.

19 % des pilotes et 11 % des techniciens affirment avoir été en interne par l'institution.

Si nous cumulons la formation non institutionnelle (en autoformation, par les pairs, ou les deux) c'est-à-dire les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} colonnes des graphiques, nous obtenons 76 % pour les pilotes et 81 % pour les techniciens.

Les résultats de la question de la formation des instructeurs confirment les résultats que nous avons obtenus lors des entretiens : les instructeurs réclament une aide à l'utilisation de ces outils, car l'institution ne leur offre pas suffisamment des solutions d'accompagnement.

3.3.3. Résultats des questions ouvertes des questionnaires

a) *Introduction*

Nous avons intégré deux questions ouvertes pour permettre aux instructeurs de s'exprimer librement . Ici encore nous nous intéressons à découvrir et confirmer les conditions et les contraintes à l'utilisation des outils numériques de formation en service au sein du "training". Par la formulation de la question : *Que suggérez-vous pour améliorer l'utilisation des outils ?* nous cherchions à recueillir des réponses à la question sous-jacente « que faut-il faire pour surmonter les obstacles que vous rencontrez dans vos pratiques d'instructeur ? » La question est centrale pour notre recherche, car elle doit permettre de confirmer ou d'infirmer les conditions et les contraintes repérées dans les autres dispositifs de l'enquête (entretiens, observations, GAPP).

Comme pour l'analyse des entretiens, nous nous sommes d'abord appuyés sur les catégories de contraintes préalablement identifiées (dans le paragraphe 5.2 du chapitre 4) pouvant peser sur le fonctionnement des formations et plus particulièrement lorsque la diffusion des connaissances se fait avec des outils numériques de simulation.

Nous rappelons que ce ne sont pas uniquement les organismes de formation de Marignane qui sont interrogés, mais des acteurs de l'ensemble du réseau Airbus. La quasi-totalité des réponses est donc en anglais, et nous avons préféré garder l'expression originale pour éviter toute forme d'interprétation lors de la traduction. En revanche, les résultats ne concernent qu'une partie des catégories : à savoir les contraintes de temps, les contraintes institutionnelles, les contraintes liées au statut des outils numériques et celles liées au manque de formation qui avaient été révélées préalablement. La question n'intéresse ni la complexité des apprentissages, car elle ne met pas en avant les contenus, ni l'hétérogénéité des stagiaires, car il s'agit de répondre sur le statut de l'outil dans le curriculum de formation, ni la culture militaire qui n'influence pas les usages ou du moins pas de façon perceptible.

La deuxième question concerne plus particulièrement les méthodes

pédagogiques : « À votre avis, en utilisant les OTD, quelles sont les erreurs à éviter ? » La visée de cette question était également pour nous d'envisager l'ouverture vers d'autres perspectives.

Pour l'analyse des données, nous avons construit un tableau pour distinguer les conditions et contraintes les plus représentatives par catégorie de profils d'instructeurs. Pour l'illustrer, en voici un extrait dans le tableau ci-dessous. Dans la ligne d'entête reprend le code des participants que nous avons expliqué plus haut qui correspond aux sigles de leur qualification. En revanche, pour une raison de confidentialité, nous n'avons pas précisé le lieu d'exploitation des instructeurs.

Contraintes	B1.3	B2	TKI	TR1
Contraintes de temps	Unfortunately, I never do more than 1 WC on VMT - takes too much time.	Before using a new digital tool, improvement of the training for the instructor who will use it and explain the use of it for the trainees.	I have a limited amount of time in front of the customer to teach and I cannot waste time fiddling with technology and training aides due to time constraints to material that must be covered in a certain amount of time	
	Les outils demandent un temps d'apprentissage à l'instructeur pour maîtriser le sujet. Pour le stagiaire également, le temps d'apprentissage est chronophage sur le temps du stage. The VMT needs to be more user friendly. too time consuming and there is no time to properly training the students in its use.			
			Allow for additional time in the training curriculum to provide students with supervised and unsupervised use of OTDs.	
Contraintes institutionnelles	The acceptance of digital tools inside EASA environment is high, other authorities in different countries struggle to keep up with this fast development and this is causing hurdles to conduct a proper use of these tools, as well the use of online courses. il faut donc probablement intégrer plus de temps de formations sur les outils pour l'instructeur, et plus de temps pour le trainee aussi lors du stage.	The new training tools' commercial objective should be made more evident with the delimitation of its scope in agreement with the aviation regulatory agencies.	There must be enough OTDs to cover the number of trainees	include OTD in training programs
			Many Airbus applications are confusing and have many errors.	Il faut un nombre d'OTD suffisant afin d'éviter que les élèves qui ne sont pas en formation sur l'outil perdent du temps The training curriculum should direct or suggest the use of OTD for each particular part of a flight training course.
Statut des outils numériques	impossible to upgrade VMT each time the Work card is updated (Cost too high).	need to be compliant with the last update ans the last aircraft definition	OTDs need to be up to date, reliable, realistic and intuitive to use. Any thing else means that they will be cast aside.	Keep updated all time
	digital tools have to be face to the reality, intuitive, thought by instructor, and not by computer programmer. To keep in mind which people will use them, and for who they are intended.	As avionics the different tests done on VMT should as close as possible to the reality		having an specific expert in that field involved in the development of the training software. this gives absolutely correct and accurate information on the software.
	The development of these tools should be a priority instead of developping steady training manuals with thousands of pages	The digital tools must be intuitive to use in order to focus on the task to realize more than of the use of the digital tool."		Must be serviceable any time with easy access
				To be integrated in the training and not a patchwork of solution Must be as close as to the actual aircraft. simulation must be accurate and free of bugs
Manque de formation	We should more than 1 board to use most of these tools. we need a better training to use the tools		The instructor need to be trained on OTD !! To teach instructor automatically when otd is ready to use? Not let instructors learn otd when they need it and by self instruction.	
	Le HATS est très utile tel qu'il est, mais une formation supplémentaire pour l'utiliser en tant qu'instructeur serait utile, par exemple pour élaborer des scénarios de maintenance il faut donc probablement intégrer plus de temps de formations sur les outils pour l'instructeur, et plus de temps pour le trainee aussi lors du stage.			Leveling the knowledge between the company's instructors about OTD availables

Tableau 9 : Extrait des contraintes par profil d'instructeurs repéré à partir du corpus des questionnaires

b) Les contraintes de temps

Comme nous le remarquons dans le tableau ci-avant, les contraintes de temps concernent l'ensemble du personnel enseignant. La plupart confirment que les outils pénalisent la temporalité de la formation. Les instructeurs réclament un temps d'adaptation : « Les outils demandent un temps d'apprentissage à l'instructeur pour maîtriser le sujet. Pour le stagiaire également, le temps d'apprentissage est chronophage sur le temps du stage. » (B1.3). Et si l'outil n'entre pas dans le curriculum, il peut être rejeté : *"I have a limited amount of time in front of the customer to teach and I cannot waste time fiddling with technology and training aides due to time constraints to material that must be covered in a certain amount of time."* (TKI) ou il faut prévoir le temps didactique nécessaire pour favoriser l'apprentissage des stagiaires : *'Allow for additional time in the training curriculum to provide students with supervised and unsupervised use of OTDs.'* (TKI)

Ce sont essentiellement leur mise en œuvre et l'appropriation de l'outil par les stagiaires qui prend du temps : *"The VMT needs to be more user friendly. too time consuming and there is no time to properly training the students in its use."* (B1.3). Certains même ne peuvent pas réaliser toutes les tâches prévues (B1.3).

Nous retrouvons ici les mêmes revendications et argumentaires évoqués lors des entretiens. La distinction des profils n'est pas dans ce cas représentative.

c) Les contraintes institutionnelles

Les contraintes institutionnelles peuvent concerner la société, mais aussi les autorités qui n'ont pas obligatoirement les mêmes règles entre elles comme nous l'avons vu dans la première partie de ce manuscrit :

The acceptance of digital tools inside EASA environment is high, other authorities in different countries struggle to keep up with this fast development and this is causing hurdles to conduct a proper use of these tools, as well the use of online courses. (B1.3)

Du moins, la délimitation des conditions d'utilisation qui n'est pas très clairement définie, comme l'avons repéré dans les résultats du questionnaire (ch. 3.3.2., section b)) et pas seulement pour les OTD des pilotes : *"The new training tools' commercial objective should be made more evident with the delimitation of its scope in agreement with the aviation regulatory agencies."* (B2)

De plus, puisqu'il est considéré que les simulateurs sont des outils de consolidation des apprentissages théoriques par la pratique, les instructeurs en réclament suffisamment pour que tous les stagiaires puissent bénéficier d'une égalité de temps pour les utiliser : *"There must be enough OTDs to cover the number of trainees"* (TKI) pour éviter « que les élèves qui ne sont pas en formation sur l'outil perdent du temps. » (TRI)

Mais, de la même façon que pour un exercice en vol pour lequel une fiche de vol est établi : *"The training curriculum should direct or suggest the use of OTD for each*

particular part of a flight training course.” (TRI) Nous remarquons que cette réponse émane d’un instructeur en vol qui utilise des référentiels de formation et d’évaluation extrêmement cadrés et contrôlés. Ces remarques concernent à la fois les autorités qui devrait mieux règlementer les outils de formation non crédités (hors FSTD)⁶⁵ et la société qui devrait quant à elle mieux harmoniser les dispositifs de formation et intégrer les outils dans les programmes de formation : *“include OTD in training programs”* (TRI).

d) Le statut des outils de simulation

Nous retrouvons pour cette contrainte ce que nous ont révélé les résultats des entretiens. Les simulateurs de procédure qui ne sont pas en conformité avec l’avionique de l’aéronef ne sont pas utilisables. Cela peut entraîner comme le dit la communauté des instructeurs du « *negative training* » qui peut engager la sécurité des vols. Que ce soit pour simulateurs de maintenance : *“impossible to upgrade the MTD’s each time the Work card is updated (Cost too high).”* (B1.3) ou *“need to be compliant with the last update and the last aircraft definition”* (B2) que pour les simulateurs de procédure pour pilote : *“OTDs need to be up to date, reliable, realistic and intuitive to use. Anything else means that they will be cast aside.”* (TKI), *“Keep updated all time”* (TRI)

Un outil mal pensé, comme nous l’avons vu dans les résultats des entretiens, peut perdre de son statut d’outil de formation jusqu’à sa mise à l’écart. *“Digital tools have to be face to the reality, intuitive, thought by instructor, and not by computer programmer. To keep in mind which people will use them, and for who they are intended.”* (B1.3) et la question du développement de ces outils revient fréquemment : *“The development of these tools should be a priority instead of developping steady training manuals with thousands of pages”* (B1.3) et ils doivent plus intuitif qu’ils ne sont aujourd’hui : *‘The digital tools must be intuitive to use in order to focus on the task to realize more than of the use of the digital tool. “* (B2)

La question sur l’importance de la conformité des outils et la déclaration des participants d’une conformité souvent absente ressort ici comme un enjeu de taille pour les centres de formation.

e) Le manque de formation

Enfin, les différents assujettissements institutionnels des instructeurs que nous avons pu identifier durant notre travail de recherche, génèrent auprès de cette population une souffrance qui s’exprime par une demande pressante de formation et d’accompagnement confirmé par les réponses au questionnaire.

« Le HATS est très utile tel qu’il est, mais une formation supplémentaire pour

⁶⁵ Pour rappel, Les *Flight Simulation Training Device* (Dispositif d’entraînement au simulation de vol) sont les seuls à être crédités dans les parcours de formation par les autorités.

l'utiliser en tant qu'instructeur serait utile, par exemple pour élaborer des scénarios de maintenance» (B1.3) et « il faut donc probablement intégrer plus de temps de formations sur les outils pour l'instructeur, et plus de temps pour le *“trainee”* aussi lors du stage.» (B1.3) en mettant à niveau tous les instructeurs *“Leveling the knowledge between the company's instructors about OTD available”* (TRI).

Chapitre 7. Discussion et perspectives

1. Discussion des résultats

L'enquête documentaire présentée dans la première partie a permis de réaliser un premier état de lieux des conditions locales, nationales et aussi internationales de l'instruction en aéronautique et les contraintes que ces conditions constituent pour la mise en place des formations. Rappelons que les premières contraintes concernent la réglementation des autorités aéronautiques. Toutes les formations sont fortement réglementées. La Part-FCL pour les instructeurs pilotes et la Part-66 pour les instructeurs techniciens stipulent que chaque personne qui exploite un aéronef doit être licenciée et qualifiée sur le modèle pour lequel il volera seul ou en équipage, voire pour un type de mission particulière ou pour le modèle qu'il maintiendra. Comme toute action de formation doit être conforme à la réglementation de l'autorité compétente, la moindre modification de contenu doit être soumise au contrôle et à la validation de la DGAC en France lorsqu'il s'agit de l'Aviation civile sous la responsabilité des responsables de la formation et de la conformité de chaque ATO et MTO. Mais lorsqu'un cours a été validé par la DGAC et qu'il doit être vendu dans un pays sous la responsabilité de la FAA (aux États-Unis d'Amérique), il doit également être entériné par cette dernière. Chaque qualification, chaque certification fait l'objet d'un contrôle. La réglementation fait donc partie de ce que Chevallard (2010) appelle les conditions non modifiables imposées par l'institution disciplinaire au plus haut niveau de l'échelle de codétermination didactique, touchant ainsi le fonctionnement du système didactique, les gestes pédagogiques et ce que le stagiaire est permis de faire, et partant de là l'enjeu didactique lui-même. Ce premier dispositif de recherche documentaire était essentiel pour définir avec minutie les contours de l'écologie didactique des formations en aéronautique, ce qui nécessitait une documentation et un référencement précis des ressources permettant de le comprendre et de l'expliquer.

D'autres contraintes pèsent cependant sur le fonctionnement des systèmes didactiques pour l'instruction aéronautique et interfèrent avec cette condition de base de la réglementation des autorités aéronautiques. Nous les avons explorées en prenant là encore appui sur le cadre de l'échelle de niveaux de codétermination didactique afin de mettre le fonctionnement effectif des formations en perspective sous une pluralité de regards. Nous avons ainsi d'abord rencontré les instructeurs du centre de formation local dans notre enquête par entretiens et nous avons contacté ensuite via l'enquête par questionnaire un échantillon plus large d'instructeurs aussi bien pilotes que mécaniciens dans une pluralité de contextes. L'expérimentation de la mise en place d'un dispositif de Groupe d'analyse de pratiques professionnelles (GAPP) a permis d'observer et de recueillir des témoignages plus indirects du vécu des instructeurs du

centre de formation afin de contribuer à l'identification de leviers face aux problématiques rencontrées du fait des transitions numériques auxquelles la formation en aéronautique doit en permanence faire face.

Il est important de rappeler ici que bien que l'objet de notre recherche se situe dans la thématique générale de la simulation dans la formation en aéronautique, l'objectif de notre travail de thèse était de focaliser sur l'une de ses dimensions qui sont les instructions en cours au sol sur simulateurs de procédure des formations de qualifications de type sur hélicoptère. Aussi bien dans le travail de la revue de la littérature que dans celui des enquêtes de terrain, cette dimension particulière a généralement dû être étudiée dans un contexte plus large, sans pouvoir isoler l'utilisation de tel ou tel type de simulateur partiel en particulier, alors même qu'on observe dans les résultats des enquêtes que nous avons menées, des particularités dans l'utilisation de chacun des types de simulateurs pris individuellement, ou intégrés dans les scénarisations de programmes d'instruction. Alors que les phénomènes d'instruction et d'apprentissage par simulateur ne peuvent se comprendre qu'en prenant en compte les situations didactiques dans leur globalité, il est également important de les analyser dans l'écologie spécifique de chaque outil numérique et de ses effets en interaction avec les autres outils mobilisés pour l'apprentissage. Les résultats que nous avons obtenus ne constituent qu'un premier pas dans cette reconnaissance de l'importance d'une étude plus en profondeur des écologies spécifiques des outils numériques de simulation en formation.

Du point de vue de notre cadre théorique, il est important de noter que nous n'avons pas souhaité centrer notre analyse autour d'une conceptualisation en particulier qui aurait limité notre démarche exploratoire et compréhensive de l'écologie du didactique dans la globalité de ses dimensions observables. Il est évident que l'exploration n'en est en quelque sorte qu'à ses débuts et devra être prolongée pour cette fois questionner les différents facteurs repérés de manière fouillée. Ces approfondissements pourront être réalisés dans une démarche interdisciplinaire en prenant appui sur les acquis de la recherche, aussi bien dans le prolongement des travaux en didactique en milieu professionnel, que dans des courants disciplinaires que nous n'avons pas explorés dans le cadre de cette recherche. À ce titre l'un des axes de questionnement que nous identifions comme les plus importants à poursuivre se situe dans l'exploration des rapports au numérique dans les gestes professionnels. Il peut s'agir des travaux sur le numérique dans la formation professionnelle, pour mieux comprendre les itinéraires des personnes (leur passé, présent et projeté), et les caractéristiques des situations de travail vécues, des parcours de formation et des situations de formation professionnelle au sens de Métral (Métral, 2017 a ; 2017 b). Il peut également s'agir de l'apport des recherches sur les affordances au numérique au sens de Simonian (2019 ; 2022) afin de mieux comprendre, dans le cadre théorique de l'affordance socioculturelle ce que cet auteur désigne par « les processus d'acculturation sociotechnique » et qui pour lui sont « indispensables pour comprendre les potentialités perçues et attribuées au numérique par les acteurs de la

formation, questionnant – dans le même temps – la capacité des institutions à transformer, ou rendre perméable, leur environnement, à différents niveaux, pour adapter et fluidifier des modalités organisationnelles, culturelles et productives. » (Simonian, 2019, p. 68). Ce qui nous paraît particulièrement pertinent au regard des résultats de nos enquêtes c'est l'avertissement qu'il exprime en ces mots : « [...] lorsque les acteurs et l'institution ne sont pas socioculturellement préparés, il faut laisser du temps pour savoir si ces processus d'adaptation peuvent s'opérer [...] ou non [...]. Dans tous les cas, l'innovation ne se décrète pas ; elle est le fruit d'une évolution, d'une histoire socioculturelle et sociotechnique, explicitant les raisons pour lesquelles, et les conditions avec lesquelles, certaines technologies ont la possibilité de se déployer. » (p. 68).

Du point de vue maintenant de la position d'ingénieur pédagogique que nous occupons, avec le statut d'employé dans le centre de formation de l'AHTA, qui prendra le relais de la position de chercheur dans la Convention industrielle de formation par la recherche, les résultats de cette recherche peuvent être discutés au regard de ce qu'ils apportent dans le processus d'amélioration des formations. Cela concerne aussi bien le point de vue du stagiaire que de celui des instructeurs, ces derniers se trouvant souvent au bout de la chaîne de processus de construction d'outils numériques pour la formation auxquels ils n'ont guère contribué, alors même que c'est eux aussi qui sont à la première loge des exigences des stagiaires et de leurs difficultés rencontrées durant la formation. Les résultats de notre recherche, malgré les limites du recueil du fait de la crise sanitaire de la COVID-19, ont permis de mettre en lumière une diversité de perceptions et de vécus auprès des instructeurs, ce qui se traduit dans une dynamique de rapports personnels et institutionnels aux outils numériques qui apparaît insuffisamment questionnée. L'un des axes de professionnalisation qui a ainsi émergé est celui de la construction d'une position d'accompagnateur aux côtés des instructeurs dans la conduite des ingénieries pédagogiques et dans l'exploration des adaptations des gestes didactiques et pédagogiques face aux outils numériques et de simulation.

2. Perspectives scientifiques et professionnelles

La recherche menée s'inscrit au cœur des défis émergeant de la transformation numérique accélérée de la formation aéronautique. Les constructeurs aéronautiques mettent l'accent sur la formation afin de réduire les erreurs humaines. Pour ce faire, ils s'appuient principalement sur la possibilité de réaliser des formations sans avoir à se trouver devant un dispositif physique souvent indisponible et nécessitant l'utilisation d'équipements coûteux, d'où l'utilisation intensive des technologies numériques. Depuis plus de deux décennies, les technologies numériques pour l'aviation ont contribué à introduire des environnements d'apprentissage numériques en évolution rapide, qui sont censés reproduire l'avion le plus fidèlement possible pour créer des

conditions de formation optimales.

Il s'ensuit qu'un autre défi majeur de la communauté aéronautique aujourd'hui, en plus et en lien avec la sécurité aérienne, est l'accélération inévitable de la transformation numérique du secteur aéronautique et spatial. La complexité accrue de l'industrie aéronautique est aujourd'hui bien établie dans la recherche scientifique internationale (Moesl, Schaffernak, and al., 2021). Ainsi que le confirment les résultats de notre recherche, ces changements obligent les centres de formation aéronautique à s'adapter aux *“the needs of the next generation of aviation professionals”* (Kearns, 2010) et aux styles d'apprentissage qui émergent avec l'utilisation de ces environnements numériques. Une étude prospective de 2018 sur l'industrie aéronautique par le Pôle interministériel de Prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME, 2018), confirme cette tendance, en indiquant que les questions de formation deviendront critiques dans les années à venir, étant donné le rythme élevé des changements, le manque actuel de certaines compétences clés pour la transformation numérique et le manque d'attractivité de l'industrie. La transition numérique au cœur des systèmes de formation aéronautique est présente depuis longtemps, mais a aujourd'hui effectivement atteint un niveau technologique très élevé depuis l'introduction des technologies de réalité étendue (RE) (incluant les réalités virtuelles, augmentées et mixtes).

Ce constat est encore amplifié dans le contexte aéronautique-industriel où l'offre de formation doit répondre aux attentes élevées de ses clients (compagnies aériennes, opérateurs privés, gouvernements militaires ou civils, filiales...). D'un point de vue économique, il est attendu des services de formation qu'ils développent des services de formation plus efficaces et efficaces non seulement pour améliorer les résultats en matière de sécurité, mais aussi pour rendre les opérations de vol plus efficaces (Kearns, 2010 ; Moesl, Schaffernak, et al., 2021). Ces attentes sont incontestablement justifiées, nous l'avons vu, en premier lieu par la valeur marchande élevée d'un avion, qui oblige le constructeur à offrir un service, une formation et un soutien irréprochables à ses clients. Mais les attentes ont également augmenté avec l'arrivée des dernières technologies de réalité étendue, innovantes et attractives, imposées par la forte pression économique des développeurs d'outils de formation. Cela implique des attentes élevées en termes d'innovation pédagogique, en lien avec ces avancées technologiques, mais la recherche met en lumière aussi la nécessité de développer des compétences sociales et cognitives pour les domaines de formation des pilotes, nécessitant une prise de décision complexe et un jugement critique.

Aujourd'hui, ces nouvelles technologies immersives sont introduites dans le paysage des dispositifs de simulation et pourtant, la complexité de l'enseignement de l'aviation avec des environnements d'apprentissage numériques n'est que marginalement abordée et remet en question à la fois, le curriculum, les techniques pédagogiques, et le suivi des processus d'apprentissage des stagiaires. Nous constatons déjà au cours de nos observations qu'il est difficile pour les instructeurs de

suivre les expériences des stagiaires lorsqu'ils interagissent dans des environnements virtuels à l'aide d'un casque. Cela réduit la communication pédagogique, non seulement du point de vue de la parole, mais aussi parce que l'instructeur ne peut plus lire les expressions faciales du stagiaire.

La revue de la littérature scientifique sur les recherches concernant les technologies de réalité étendue utilisées à des fins de formation révèle que de multiples secteurs professionnels s'appuient déjà sur ces environnements dans leurs programmes de formation. Nous avons vu que c'est le cas dans le domaine de la santé et des industries telles que le pétrole et le gaz maritime et offshore, l'énergie nucléaire, le forage (Pastré, 2016 ; Simoneau, Paquette, Lawrence, & Ouellet, 2014). La simulation est utilisée non seulement pour former des compétences techniques, mais aussi, plus récemment, pour devenir plus flexible et adaptable en termes de compétences sociales et cognitives (Chrichton, 2017).

Au regard des témoignages recueillis au cours de notre recherche, nous pourrions préconiser à ce que les instructeurs d'aviation participent davantage activement à la conception pédagogique des programmes d'apprentissage à chaque catégorie de formation aéronautique (apprentissage, simulation), y compris la formation personnalisée qui, selon Kearns (2010), *“represents the future of aviation training; it focuses on maximizing the skills and abilities of each individual pilot (...) without wasting time practicing skills that have already been mastered”*.

L'une des stratégies pour relever les défis de la formation aéronautique consiste à s'appuyer sur ce que l'on appelle une « formation basée sur les compétences », *“competency-based training”* (CBT)⁶⁶, dont les normes internationales exigeront le développement dans les années à venir. Cependant, si la CBT a fait ses preuves dans l'ensemble du secteur de l'aviation (Kearns, Mavin, & Hodge, 2017), elle peut entraîner des incohérences si l'approche n'est pas correctement mise en œuvre et accompagnée de modèles de recherche de qualité (Kearns et al, 2017 ; Vaskova Kjulavkovska, Serafini & Szamosi, 2022).

Parmi les faiblesses de la TCC⁶⁷ dans le domaine de l'aviation, Kearns et al. (2017) soulignent le risque, lors de l'utilisation de la réalité étendue, de perdre des aspects des opérations du monde réel en réduisant le champ des compétences, *“losing aspects of real-world operations by narrowing the scope of competencies”*. Ces auteurs appellent alors la prise en considération de *“non-technical professional attributes and the mutual connection of competencies”*. Ils défendent l'idée que la compétence ne doit pas être confondue avec la maîtrise, qui nécessite une expérience professionnelle

⁶⁶ L'IATA, l'association du transport aérien international a rédigé un document sur le *“Competency-Based Training and Assessment (CBTA)”* dans le système aéronautique qui inclut l'évaluation et l'*Evidence-Based Training* actuellement utilisé et basée sur une approche par objectif et évalué par comportements observables en exercices. <https://www.iata.org/contentassets/c0f61fc821dc4f62bb6441d7abedb076/cbta-expansion-within-the-aviation-system.pdf>

⁶⁷ Thérapies cognitives et comportementales

approfondie dans des situations réelles. Bien que nous ne puissions pas écarter la pertinence de cette position, dans l'approche didactique et pédagogique de notre recherche, nous faisons l'hypothèse que des conceptions de formation spécifiques avec la réalité étendue peuvent améliorer de manière cohérente l'apprentissage de connaissances complexes avant d'entrer dans des situations de travail réelles. La condition pour que cela fonctionne est de s'appuyer sur le rôle des stratégies de formation de l'instructeur et sur les interactions développées avec les stagiaires. Cette hypothèse rejoint les recherches de Chernikova, Heitzmann, Stadler, Holzberger, Seidel, and Fischer (2020), qui utilisent le terme d'« échafaudage » (*scaffolding*) pour désigner le soutien pédagogique dans la formation par simulation. Ces auteurs examinent en outre les résultats de recherches montrant que *“different scaffolding types can facilitate simulation-based learning during different phases of the development of knowledge and skills”*.

Les résultats obtenus et les expérimentations menées durant la recherche dans le cadre de la CIFRE sont cohérents avec les missions du service AHTA où la perspective de l'instructeur est privilégiée pour renforcer le modèle pédagogique de l'instructeur et donc plus indirectement le modèle d'apprentissage du pilote et du mécanicien. Si la formation des pilotes et des mécaniciens stagiaires aux modèles d'hélicoptères spécifiques est évidemment l'objectif premier des programmes de formation étudiés, ce sont les perspectives de l'instructeur et du centre de formation qui ont été prioritairement explorées.

Tout en ouvrant davantage aux vécus des stagiaires, les perspectives d'évolution, aussi bien scientifiques que professionnelles, de notre travail au sein d'AHTA, visent la définition théorique et la planification pratique des processus de conception, d'évaluation et de soutien à la mise en œuvre de dispositifs de formation utilisant le numérique et prochainement la réalité étendue. La composante de recherche fondamentale, par l'inclusion de travaux expérimentaux et théoriques visant à développer de nouvelles connaissances sur l'utilisation du numérique et de la réalité étendue dans la formation professionnelle, sera poursuivie dans une approche didactique et pédagogique et constitue l'un des acquis majeurs de la CIFRE. Les objectifs poursuivis ici sont doubles : d'une part, comprendre les processus de diffusion et de transposition didactique des contenus de formation et des compétences visés dans les environnements de réalité étendue ; d'autre part, comprendre la perception et la compréhension de ces dispositifs de formation par les stagiaires.

Chapitre 8. Conclusion générale

Ce travail de thèse s'est attaché à rendre compte, dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), des différents types de conditions et de contraintes qui pèsent sur le fonctionnement des formations de qualifications de type sur hélicoptères pour des pilotes et des techniciens qui ont déjà une expérience dans leur domaine de compétences respectif. Nous les avons étudiées, d'abord de manière globale puis, centrées sur l'instruction en cours au sol, instrumentée de simulateurs de tâches partielles, puis à tous les niveaux de l'échelle de codétermination didactique qui nous a servi de point d'appui théorique de notre analyse didactique. Et, comme le précise Chevallard : « Une théorie du didactique [...] est [...] un ensemble de praxéologies constituant un outillage de base permettant à quiconque d'observer, d'analyser, d'évaluer, de développer du didactique, en quelque institution et à propos de quelque enjeu didactique que ce soit. » (2009, p. 5)

C'est ce que nous avons fait en identifiant dans le contexte des formations aéronautico-industrielles l'ensemble des niveaux de codétermination qui impactent le système didactique ou du moins ceux qui étaient identifiables et pertinents pour notre recherche. En ce sens, l'analyse didactique ne doit pas, selon Chevallard, se restreindre à la pédagogie et à la transposition des savoirs ni à l'environnement institutionnel immédiat, mais doit s'intéresser à l'ensemble des déterminants qui pèsent sur le fonctionnement du système didactique, à tous les niveaux de l'échelle : de la *pédagogie* à l'*école* au sens large – incluant toute forme d'institution formative –, à la société, et à la civilisation (Chevallard, 2011).

Nous avons néanmoins repositionné l'échelle de codétermination didactique que propose Chevallard à notre contexte de recherche, sans prendre en compte le niveau de l'*Humanité* que Chevallard suggère d'explorer également, considérant que la fusion des deux plus hauts niveaux répondait à la mise en perspective du terrain s'accordant avec l'internationalisation des formations aéronautiques.

Ainsi, nous avons commencé par le niveau culminant de l'échelle reconstituée : la *civilisation* représentée d'abord par les autorités aéronautiques mondiales qui édictent les lois et les règles de l'aéronautique et s'assurent de la conformité des moyens mis en œuvre pour la production et la diffusion des connaissances et des qualifications, et de leur prorogation, au milieu desquels les organismes de formation de pilotes et de techniciens (les *écoles*) doivent respecter l'homogénéité, la complexité et la densité des contenus qui annihilent toute forme de créativité et de choix didactiques. Ces injonctions s'exercent aussi au niveau des *pédagogies* lorsque les autorités décident de changer d'orientation pour évaluer les formations de qualification de type. Aujourd'hui, ces évaluations sont basées sur une approche par objectifs de validation de connaissances techniques en formation dite « théoriques » et de réalisation

d'exercices en simulateur et en vol réel pour les pilotes et d'exercices de maintenance à partir des cartes de travail de l'usine pour les techniciens. Mais demain, l'évaluation des qualifications de type sera organisée, à la demande des autorités, sur la base d'une approche par compétences qui obligera les organismes de formation à adapter les parcours, les dispositifs, les contenus de formation en conséquence et à accompagner le changement de pratiques de leurs instructeurs. D'un autre côté, ces autorités peuvent aussi décider du niveau de crédit de formation de certains types de dispositifs de simulation de vol sur hélicoptères pour les formations dites « pratiques » des pilotes en délivrant des certificats de qualification et en régissant les règles d'utilisation, de fidélisation et de maintien en conformité. Et en même temps, ces mêmes autorités peuvent aussi laisser à la libre utilisation des organismes de formation de pilotes les autres dispositifs dits « d'entraînement » (*Other Training Devices*) sans authentifier leur statut et sans donner d'avis pédagogique qui permettraient de valoriser les formations au sein des *écoles* à l'ensemble des régions concernées. Et du côté de la formation des techniciens, les autorités s'assurent principalement de la bonne application de l'analyse du besoin en formation, appelée TNA (*Training Need Analysis*) à l'origine de la création et des mises à jour de cours, et en fonction des évolutions techniques des aéronefs.

Et en contrepartie, les *écoles* (les organismes de formation) doivent informer les autorités de l'ensemble des éléments et dispositifs qu'ils vont mettre en place pour assurer le bon fonctionnement des formations. Mais là encore, l'autorité n'impose aucun dispositif didactique et pédagogique particulier. Ainsi, les organismes de formation peuvent de toute évidence organiser leurs formations avec leurs propres moyens pédagogiques sans que l'on soit certain de l'égale performance des apprentissages à travers le monde. Les résultats de la recherche montrent qu'il existe, ne serait-ce qu'au niveau des filiales, une forte disparité de moyens, et ce, presque paradoxalement, malgré les fortes contraintes énoncées plus haut des autorités aéronautiques internationales. La plupart ne possèdent pas les mêmes outils qu'à Marignane. Les émulateurs, les simulateurs de représentation de cockpit, les dispositifs d'entraînement à la maintenance ne sont pas obligatoirement déployés dans les agences alors que la *société* affiche une volonté de « standardisation » de moyens, de méthodes et de dispositifs au sein du réseau *training*.

Puis, la *civilisation* peut être aussi représentée par l'internationalité des clients et des stagiaires. Il arrive, en effet, que les premiers agissent sur la planification des formations initialement prévue, en négociant les choix organisationnels en fonction de leurs impératifs opérationnels, ou des livraisons et de la disponibilité des aéronefs en sortie d'usine ou des déplacements des stagiaires ou des instructeurs. Ils peuvent ainsi perturber les organisations au sein de l'*école*, alors que les seconds en raison de leur différence culturelle et générationnelle peuvent, quant à eux, impacter la *pédagogie* au niveau du temps et des parcours d'apprentissage, de la relation éducative et de l'éventuelle hétérogénéité de niveaux en entrée de formation. Cet impact peut dépendre à la fois de leur formation initiale souvent inégale en fonction de leur culture

aéronautique, de leurs précédentes qualifications et expériences sur des machines concurrentes dont les philosophies techniques peuvent être totalement différentes de celles pour lesquelles ils sont venus se former, et en fonction de leur rapport au numérique qui se distingue suivant les cultures, les générations et les éducations. Cet impact sur la *pédagogie* s'amplifie aussi lorsque l'*école* accueille dans une même classe des stagiaires venus de pays, de cultures et de niveaux différents ou lorsque leur niveau d'anglais n'étant pas suffisant à la compréhension d'un cours implique l'introduction dans la formation d'un interprète, partie prenante du système didactique. Cet interprète peut ainsi dans sa fonction pénaliser ou au contraire favoriser les apprentissages suivant son rapport personnel au savoir.

Les clients peuvent aussi réclamer à la *société* des dispositifs de formations autonomes et à distance afin de réduire leurs coûts de déplacement et d'organiser leurs moments de formation à leur convenance. Ces dictats commerciaux ont, par exemple, amené la *société* à développer un certain nombre de cours en ligne et en autonomie (*Web-Based Training*) en s'appuyant sur des demandes clients sans interroger l'organisme de formation (l'*école*). Ce dernier devra ainsi certainement les utiliser sans avoir pu au préalable vérifier si les objectifs pédagogiques et les performances seront atteints compte tenu de la complexité des contenus et de l'hétérogénéité de niveau des stagiaires livrés à eux-mêmes. Cette demande s'est accentuée lors de la pandémie de la COVID-19 au vu des déplacements interdits ou restreints à travers le monde. Les organismes de formation se sont alors mis à développer et à proposer à leurs clients des dispositifs synchrones de formation à distance pour assurer une continuité commerciale. C'est ainsi que dans le cadre de la CIFRE, nous avons contribué à la conception et la mise en œuvre d'un dispositif de classe virtuelle en accompagnant les instructeurs pour qu'ils puissent continuer la diffusion des cours dans un nouvel environnement (voir annexe H).

Ensuite, au barreau inférieur de l'échelle, nous avons constaté que la *société* impose, d'une part, des politiques de formation orientées « technologie ». Elle développe des outils de simulation avec pour objectif principal la reproduction la plus fidèle possible de l'appareil réel avant toute forme de réflexion *pédagogique* et *didactique*, alors que les objectifs pédagogiques à atteindre, les contenus, les méthodes d'enseignement et les processus d'évaluation sont souvent déjà consignés. En effet, l'objectif des tâches à réaliser, les instruments utilisés, la temporalité de la formation, les aspects collectifs en équipage et la qualité des situations de simulation ne peuvent pas se réduire à la simple fidélité technique des simulateurs (Nyssen, 2005). Or, la production d'outils se limitant très souvent à leur aspect technique « ne [doit] pas nous faire perdre de vue que ce qui est de l'ordre "du" technique n'a de portée formative qu'en dialogue avec l'esprit humain. » (Oget & Audran, 2010, § 18) Et en ce sens, la condition de l'apprentissage passe par une prise de conscience et par le discours des stagiaires et des instructeurs en situation de formation. Faut-il encore que les *pédagogies* mises en place le permettent. Nos résultats montrent que les pratiques et la densité des contenus de formation endiguent la verbalisation des stagiaires. La plupart

des outils servent essentiellement de support de démonstration pour les instructeurs pour affirmer, enrichir et illustrer leur discours sur un contenu de cours déjà extrêmement dense, mais rarement pour laisser la parole aux stagiaires afin d'exprimer leurs stratégies d'apprentissage sur la base de situations scénarisées. La question du transfert en formation, ce que Korteling et al., (1997) appelle : *Transfer of Training* (ToT) est ainsi posée. La scénarisation d'une tâche de formation en simulation influence l'apprentissage ou la performance d'une tâche opérationnelle sur la machine réelle. Or un grand nombre de techniciens affirme que la *validité fonctionnelle* au sens de Nyssen, (2016) et Korteling (1997) n'est pas confirmée sur un outil qui ne permet que de réaliser, de manière numérique, des tâches à partir de cartes de travail sans manipulation et sensation tactile et cutanée des composants réels de l'appareil. La modélisation des boutons du panneau de commande n'apporte pas la même précision ergonomique de manipulation qu'un vrai bouton. La modélisation d'une clé *Torx*, par exemple, ne remplace pas les vrais tournevis qui réclament une certaine précision et une certaine force lors de leur manipulation.

De plus, le manque de concertation auprès du corps enseignant peut avoir pour conséquence une réticence voire un renoncement d'une partie des instructeurs à les utiliser pour privilégier les *pédagogies* sur l'appareil réel lorsque celui-ci est disponible. Par ailleurs, cette réticence à l'utilisation de ces outils de simulation d'une partie de la population enseignante peut dépendre aussi de leur rapport au numérique qui a fait apparaître des différences suivant leurs profils, leurs cultures et leurs réticences au changement. D'après nos résultats, les différences sont plus marquées chez les techniciens, car l'usage de la simulation en formation, surtout chez les mécaniciens, n'est pas systématique alors que la plupart des pilotes utilisent tout au long de leur formation des simulateurs de vol et affichent donc plus d'appétences en leur présence. Néanmoins, cette réserve peut également être due à la fois au manque d'accompagnement et d'aide à la *pédagogie* des instructeurs qui revendiquent, au vu de nos résultats, la mise à disposition de guides scénarisés et le déploiement de dispositifs de formation pour les aider dans leur professionnalisation, ce qui est peu le cas aujourd'hui ou du moins peu approfondi.

En outre, les instructeurs revendiquent également une simplification de l'accès aux données numériques techniques pour récupérer en salle de cours les contenus de formation, les documentations ou autres manuels et les applications de formation, qui aujourd'hui est bridé par la *société* pour des raisons de protection des données et de confidentialité. Cette directive empêche les stagiaires de sortir par exemple du *campus* avec les supports de formation, ce qui pourrait leur assurer une continuité pédagogique à la fin de chaque cours. À ces contraintes s'ajoutent les contraintes de temps liées aux éventuelles instabilités et obsolescences des outils numériques de formation, et à leur complexité de mise en œuvre, car si un statut n'est pas donné aux objets techniques de formation en tant qu'éléments entrant dans la relation didactique ils peuvent être matériellement relégués (Chevallard, 1992). Cela a été le cas de certains outils de simulation au sein de l'organisme de formation.

Et d'autre part, la *société* peut aussi imposer à l'*école* de mettre en place des dispositifs, des durées et des planifications de formation, sous l'influence des désidératas d'une clientèle exigeante pour laquelle la formation passe souvent au second plan des négociations commerciales au vu du prix d'un hélicoptère, et ainsi entraînent des discordances entre les besoins en formation des opérateurs et les attentes individuelles et collectives des stagiaires durant la formation. Ainsi, lorsque les premiers ont pour but essentiel de qualifier leur personnel lors de l'acquisition d'un nouvel appareil pour la continuité des opérations, les seconds peuvent afficher des motifs d'engagement dans la formation allant d'un simple objectif non ambitieux d'obtention du « tampon » sur le certificat de qualification pour continuer à exercer leur métier, au désir avéré d'effectuer un parcours d'excellence dont le but principal est d'acquérir un maximum de connaissances techniques profitant du fait qu'ils se trouvent au sein de l'organisme de formation du constructeur à proximité des bureaux d'études et des centres d'essais en vol. Ce rapport clairement identifié et très prégnant à la clientèle oblige très souvent les organismes de formation à adapter leurs cours et influence indéniablement l'ensemble de la diffusion des contenus.

Ensuite, à l'étage inférieur, l'*école* représentée dans le contexte de la recherche par l'organisme de formation (ATO/MTO)⁶⁸ peut contraindre les instructeurs à employer des méthodes pédagogiques souvent issues de filiations culturelles et historiques originaires du milieu de l'aéronautique militaire, dans un contexte endogène. Ils peuvent ainsi pénaliser les innovations pédagogiques et les nouveaux gestes professionnels d'enseignement alors que les outils de formation ne cessent d'évoluer allant même aujourd'hui vers des technologies immersives pour lesquelles de nouvelles méthodes pédagogiques et de nouveaux *modèles de référence* devront être développés et expérimentés.

Par ailleurs, l'*école* ne prend que très peu en compte l'évolution générationnelle des stagiaires qui pourraient développer de nouveaux styles d'apprentissage en fonction de leur environnement, de leurs éducations et de leur culture au numérique. Cette même *école* ne donnant pas non plus les moyens aux enseignants dans leur processus de professionnalisation en les accompagnant par des formations internes, du coaching ou des dispositifs de réflexivité collective et individuelle. Les ingénieries de formation des milieux aéronautico-industriels sont souvent technocentrées et clientélistes, et les changements de méthodes pédagogiques sont souvent subordonnés aux autorités.

La *pédagogie*, en l'occurrence l'instruction, située juste en dessous de l'*école*, peut, de son côté inférieur, être subordonnée à la densité et l'immuabilité des *disciplines* – des contenus de formation – à tous les autres niveaux inférieurs de l'échelle jusqu'aux *sujets*. En effet, les contenus tels qu'ils sont structurés aujourd'hui,

⁶⁸ Nous rappelons que l'ATO (*Approved Training Organization*) est le signe désignant un organisme de formation agréé pour les pilotes en aéronautique et MTO (*Maintenance Training Organization*) celui pour les techniciens.

condamnent les instructeurs à toute forme d'autonomie pour s'adapter à l'inattendu et à l'hétérogénéité des publics. La question d'un travail de transposition didactique interne est ainsi remise en cause si les dispositifs de transposition externe ne sont pas questionnés. La mise en place et le rôle de l'analyse réflexive des instructeurs, des stagiaires et de tous les acteurs de la formation en confrontant leur activité doivent être resitués. C'est la raison pour laquelle, nous avons mis en œuvre un dispositif d'analyse de pratiques professionnelles à destination de l'ensemble du personnel qu'il faudra pérenniser à l'avenir.

La *pédagogie* doit être également reconsidérée avec l'usage des outils numériques de formation en leur laissant une place, un statut dans la formation avec des scénarios réalistes pour atteindre les objectifs pédagogiques fixés par les autorités; et en réexaminant les méthodes pédagogiques pour permettre aux stagiaires d'être plus proactifs dans leur apprentissage.

Enfin, notre travail ne s'est pas focalisé sur les nouvelles technologies immersives manquant d'une part de moyens d'expérimentation au moment de la thèse et considérant d'autre part que la position institutionnelle à l'objet restait la même. Ceci étant, il nous paraît quand même important de réfléchir dans le futur au positionnement pédagogique et didactique des objets immersifs dans laquelle la verbalisation dans l'action devra être développée afin de dialoguer entre immersion virtuelle et réalité. D'autant que ces outils arrivent aujourd'hui dans les parcours de formation. Par exemple, Airbus Helicopters et VRM *Switzerland* viennent de développer conjointement un dispositif de formation en réalité virtuelle pour l'hélicoptère bimoteur H125, crédité par les autorités et prochainement sur le H145. Ce simulateur sera mis à disposition chez AHTA avant la fin de l'année. Ces outils de formation à réalité virtuelle demanderont alors à être questionner sur les performances des apprentissages, le rapport à l'objet, au numérique et à la réalité virtuelle des stagiaires, sur l'approche pédagogique de l'usage des outils numériques, la médiation didactique entre le stagiaire et la situation professionnelle de référence pour confirmer la consolidation des apprentissages sur l'aéronef réel ou sur les machines et composants à maintenir afin de permettre à terme de positionner un modèle expérimental de référence.

Notre thèse a donc bien eu pour ambition de contribuer à mettre en lumière, les contraintes de la formation aéronautique, leurs rapports institutionnels et les rapports au numérique dans la formation par la simulation en milieu professionnel. Il faudra néanmoins repenser à terme et de manière collective les environnements didactiques, en incluant l'enseignant au cœur du système didactique pour ne pas laisser les stagiaires à devoir y évoluer seuls.

Références bibliographiques

1. **Albero, B. & Paivandi, S. (2022)**. Part. 3 — Chap. 2 — Cadre théorique et méthode : principes de cohérence et de pertinence pour construire des données valides. In Albero, B. et Thievenaz, J. (2022). *Enquêter dans les métiers de l'humain : Traité de la recherche en Sciences de l'éducation et de la formation*, Tome 1. Dijon : Raison et Passions.
2. **Altet, M. (2000)**. L'analyse de pratiques: une démarche de formation professionnalisante ? *Recherche & formation*, 35 (1), 25-41.
3. **Amalberti, R. (2013)**. Gestion des risques et facteurs humains-Rôle de la simulation. In *La simulation en santé De la théorie à la pratique* (pp. 3-14). Paris : Springer.
4. **ANRT. (2018)**. Regards croisés Doctorants, employeurs et directeurs de thèse sur 1000 Cifre —Evaluation en fin de Cifre — Année 2016 —Une enquête du service Cifre. Retrieved from www.anrt.asso.fr/sites/default/files/enquete_1000_fin_de_cifre_2016_vf2.pdf.
5. **Audran, J. (2016)**. Se former par la simulation, une pratique qui joue avec la réalité », *Recherche et formation*, 82, 9-16.
6. **Barbaroux, P., & Godé, C. (2016)**. Le briefing-débriefing : une procédure pour lever les barrières pesant sur l'apprentissage organisationnel ? *Annales des Mines — Gérer et comprendre*, 124 (2), 41-51. doi:10.3917/geco1.124.0041.
7. **Bardin, L. (2013)**. *L'analyse de contenu* (2 éd. « Quadrige », 5è. tirage). Paris : PUF.
8. **Béguin, P., & Pastré, P. (2002)**. *Working, learning, interacting through simulation*. Paper presented at the Proceedings of the 11th European Conference on Cognitive Ergonomics: cognition, culture and design.
9. **Beillerot J. (1989)**. Le rapport au savoir : une notion en formation, in Beillerot J., Bouillet A., Blanchard-Laville C., Mosconi N., *Savoir et rapport au savoir. Élaborations théoriques et cliniques*. Paris, Éditions Universitaire
10. **Betton, E. & Pondaven, J. (2019)**. Les technologies numériques, une innovation pédagogique ? Éditorial. *Éducation permanente*, Arcueil : Éducation permanente, 2019, Le numérique : une illusion pédagogique ?, pp. 5-17.
11. **Blanchard-Laville, C., & Fablet, D. (1996)**. *L'analyse des pratiques professionnelles [The analysis of the professional practice]*. Paris, France : L'Harmattan (fr).
12. **Blanchet, A. (1998)**. *Les techniques d'enquête en sciences sociales : observer, interviewer, questionner*/Alain Blanchet, Rodolphe Ghiglione, Jean Massonnat... [et al.]. Paris: Dunod.
13. **Blanchet, A., & Gotman, A. (2010)**. *L'enquête et ses méthodes: l'entretien (2ème édition)*. Paris : Armand Colin.

14. **Boccaro, V., & Delgoulet, C. (2015).** L'analyse des travaux pour la conception en formation. Contribution de l'ergonomie à l'orientation de la conception amont d'un environnement virtuel pour la formation. *Activites, 12* (12-2).
15. **Boet, S., Granry, J.-C., & Savoldelli, G. (2013).** *La simulation en santé: de la théorie à la pratique*. Paris : Springer Science & Business Media.
16. **Bonfils, P., Collet, L., Durampart, M., & Duvernay, D. (2015).** Penser de nouveaux moyens de formation immersifs en fonction de l'humain: le cas du dispositif d'un constructeur aéronautique. *Journal of Human Mediatized Interactions/Revue des Interactions Humaines Médiatisées, 16* (1).
17. **Bordat-Teeuwen, D., & Serres, G. (2021).** Analyse didactique de l'activité du formateur dans le briefing d'une séance de simulation: la question de la possibilité de l'erreur. *Recherche et formation*.
18. **Bosch, M., Chevallard, Y., Garcia, F., & Monaghan, J. (2019).** Working with the anthropological theory of the didactic in mathematics education. A Comprehensive Casebook. Routledge.
19. **Bosch, M., & Gascón, J. (2005).** La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. *Balises pour la didactique des mathématiques, 107-122*.
20. **Brasset, N. (2017).** Les décisions didactiques d'un enseignant dans un EIAH. Etude de facteurs de type histoire didactique. (Thèse, Université Grenoble Alpes).
21. **Brousseau, G. (1990).** Le contrat didactique: le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 9* (9,3), 309-336.
22. **Brousseau, G. (1997).** La théorie des situations didactiques. Lecture Doctorat honoris causa a l'Université de Montreal. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2011/06/MONTREAL-archives-GB1.pdf
23. **Brousseau, G. (2002).** Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques, DEAST (Didactique et Anthropologie des Enseignements Scientifiques et Techniques), http://perso.orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf.
24. **Brousseau, G. (2004).** Les représentations: étude en théorie des situations didactiques. *Revue des sciences de l'éducation, 30* (2), 241-277.
25. **Capdevielle-Mougnibas, V., Hermet-Landois, I., & Rossi-Neves, P. (2004).** Devenir chercheur: rapport au savoir et engagement dans la recherche des doctorants en histoire et en mathématiques. *Pratiques psychologiques, 10* (2), 141-151.
26. **Carpentier, K. (2015).** Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation (Doctoral dissertation, Compiègne).
27. **Champonnois, S. (2017).** Voler pour la patrie. Recrutement et formation des pilotes français entre 1914 et 1918. *Nacelles, La Grande Guerre. Regards croisés franco-italiens, Dossier thématique/Thematic Section*. Retrieved from <http://revues.univ-tlse2.fr/pum/nacelles/index.php?id=332>.
28. **Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020).** Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 90*(4), 499-541.

29. **Chevallard, Y. (1982).** Pourquoi la transposition didactique ? *Actes du Séminaire de l'iREM.*
30. **Chevallard, Y. (1988).** Esquisse d'une théorie formelle du didactique. In Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique (pp. 97-106).
31. **Chevallard, Y. (1992).** Intégration et viabilité des objets informatiques dans l'enseignement des mathématiques : le problème de l'ingénierie didactique. In B. Cornu (Ed.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques* (PUF ed., pp. p. 183-203).
32. **Chevallard, Y. (1998).** Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique. *Actes de l'UE de la Rochelle*, 91-118.
33. **Chevallard, Y. (1999).** L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19 (2), 221-266. Retrieved from <https://revue-rdm.com/1999/l-analyse-des-pratiques/>
34. **Chevallard, Y. (2007).** Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique. *Sociedad, escuela y matemáticas. Aportaciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico*: Universidad de Jaén. 705—746. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=134
35. **Chevallard, Y. (2009).** Didactique fondamentale : forum des questions. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Didactique_fondamentale_-_Forum_des_questions.pdf
36. **Chevallard, Y. (2010).** La didactique, dites-vous ? *Éducation et didactique*, 4 (1), 139-148. doi:10.4000/educationdidactique.771
37. **Chevallard, Y. (2011).** Conditions et contraintes de la recherche en didactique des mathématiques : un témoignage. Colloquium organisé par l'ARDM et la CFEM. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/YC1_-_14_octobre_2011_-_Colloquium_ARDM-CFEM.pdf
38. **Chevallard, Y. (2012).** Didactique fondamentale. Module 1: Leçons de didactique. In: Université Aix-Marseille.
39. **Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. (1985).** La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné: La Pensée sauvage.
40. **Clot, Y. (1995).** Le travail sans l'homme ? : pour une psychologie des milieux de travail et de vie: Ed. La Découverte.
41. **Clot, Y., & Faïta, D. (2000).** Genres et styles en analyse du travail: concepts et méthodes (Vol. 4): Travailler.
42. **Clot, Y., Prot, B., & Werthe, C. (2001).** Clinique de l'activité et pouvoir d'agir. *Education permanente* (146).
43. **COMAERO. (2013).** La formation : Tome 1 - Contexte général - La formation au sein des directions aéronautiques. *Un demi-siècle d'aéronautique.*
44. **COMAERO. (2014a).** La formation : Tome 2 — L'apport de l'industrie aérospatiale. *Un demi-siècle d'aéronautique.*

45. **COMAERO. (2014 b).** La formation : Tome 3 - La DGA et la formation par la recherche - Le dialogue Etat — Industrie. *Un demi-siècle d'aéronautique en France*.
46. **COMAERO. (2016).** L'histoire des hélicoptères en France depuis 1945.
47. **RÈGLEMENT (UE) No 1178/2011 DE LA COMMISSION** du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile conformément au règlement (CE) no 216/2008 du Parlement européen et du Conseil, (3/2011).
48. **Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020).** Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 499-541.
49. **Crichton, M. T. (2017).** From cockpit to operating theatre to drilling rig floor: five principles for improving safety using simulator-based exercises to enhance team cognition. *Cognition, Technology & Work*, 19(1), 73-84.
50. **Dagiral, É. (2006).** Genre et technologie. *Terrains travaux* (1), 194-206.
51. **Daniellou, F. (2007).** Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *Activites*, 04 (2). doi:10.4000/activites.1696
52. **De Keyser, V., & Samurçay, R. (1998).** Introduction : Théorie de l'activité, action située et simulateurs. *Le travail humain*, 61 (4), 305-312. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40660211>
53. **De Singly, F. (2020).** *Le questionnaire-5e édition*: Armand Colin.
54. **DSAC/PN/FOR. (2019).** Formulaire pour la démonstration de l'adéquation d'un FSTD à un programme de formation.
55. **Dubey, G. (2001).** La simulation à l'épreuve du lien social. *Le travail humain*, 64 (1), 3-28.
56. **Dubois, L.-A. (2017).** Apport de l'ergonomie à la formation professionnelle par la simulation: de l'analyse croisée de l'activité de formateurs, de mentors et d'aspirants-policiers à l'amélioration d'un dispositif de formation initiale. Université de Mons (UMONS),
57. **Duhem, J. (1937).** Les origines de l'hélicoptère. *Thalès*, 4, 132-141.
58. **Dulaurans, M. (2015).** CIFRE : parcours de compétences d'une thèse annoncée. *Revue française des sciences de l'information et de la communication* (6). doi:10.4000/rfsic.1403
59. **Durand, M., de Saint-Georges, I., & Meuwly-Bonte, M. (2006).** Le curriculum en formation des adultes: argumentation pour une approche « orientée-activité ». *Raisons éducatives*, 10, 185-202.
60. **EASA. (2012).** European Aviation Safety Agency Certification Specifications for Helicopter Flight Simulation Training Devices 'CS-FST(2).
61. **EHEST. (2013).** HE 6 – Advantages of Simulators (FSTDs) in Helicopter Flight Training for helicopters pilots and instructors.
62. **Fabre, M. (2005).** Deux sources de l'épistémologie des problèmes: Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle*, 38 (3), 53-67.

63. Farmer, E., Van Rooij, J., Riemersma, J., & Jorna, P. (2003). *Handbook of simulator-based training*: Routledge.
64. **Fauquet-Alekhine, P. (2011)**. Améliorer la pratique professionnelle par la simulation: Octares.
65. **Fauquet-Alekhine, P., & Maridonneau, C. (2011)**. Le pilotage des réacteurs nucléaires. In Fauquet-Alekhine & Pehuet (s/dir). Améliorer la pratique professionnelle par la simulation. Toulouse: Ed. Octarès (pp. 37-63).
66. **Ganassali, S. (2014)**. *Enquêtes et analyse de données avec Sphinx*: Livre+ plateforme interactive eText-Licence 12 mois. Pearson Education France.
67. **Geeraerts, T., & Trabold, F. (2011)**. Le simulateur de situations critiques en Anesthésie. Fauquet-Alekhine & Pehuet (s/dir). Améliorer la pratique professionnelle par la simulation. Toulouse: Ed. Octarès, 65-72.
68. **Grau, J.-Y., Doireau, P., & Poisson, R. (1998)**. Conception et utilisation de la simulation pour la formation: pratiques actuelles dans le domaine militaire. *Le travail humain*, 61 (4), 361.
69. **Gredler, M. E. (2004)**. Games and simulations and their relationships to learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 2, 571-581.
70. **Guérin, J. (2022)**. Intérêts de la recherche pour les acteurs du terrain d'enquête : apports, apprentissages, transformations. In *Traité de méthodologie de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation* (120-135) tome 1.
71. **Hays, R. T., Jacobs, J. W., Prince, C., & Salas, E. (1992)**. Flight Simulator Training Effectiveness: A Meta-Analysis. *Military Psychology*, 4(2), 63-74. doi:10.1207/s15327876mp0402_1
72. **Hellec, F. (2014)**. Le rapport au terrain dans un thèse cifre : du désenchantement à la distanciation *Sociologies pratiques*, 28, 101-109.
73. **Horcik, Z. (2014)**. Former des professionnels via la simulation : confrontation des principes pédagogiques issus de la littérature et des pratiques de terrain. *Activites*, 11 (2). doi:10.4000/activites.963
74. **IACO. (1944)**. Convention on International Civil Aviation done at Chicago on the 7th day of december 1944.
75. **Jouanneaux, M. (2005)**. La simulation d'entraînement professionnel des pilotes de ligne. In *Apprendre par la simulation: de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse: Octarès.
76. **Kearns, S. K. (2010)**. Guided mental practice: an instructional strategy for asynchronous e-learning of pilot safety skills. *The Collegiate Aviation Review International*, 28(1).
77. **Kearns, S. K., Mavin, T. J., & Hodge, S. (2017)**. Competency-based education in aviation: Exploring alternate training pathways. Routledge.
78. **Kite, M. E., & Whitley Jr, B. E. (2012)**. *Principles of research in behavioral science*. Routledge.
79. **Kolbe, M., Grande, B., & Spahn, D. R. (2015)**. Briefing and debriefing during simulation-based training and beyond: content, structure, attitude and setting. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 29(1), 87-96.

80. **Korteling, J. E., Bosch, K. v. d., & Emmerik, M. L. v. (1997).** *Low-cost simulators 1a: literature review, analysis of military training, and selection of task domains.* Retrieved from Soesterberg: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:6eb4319d-8569-41e4-8d19-5579fac74784>
81. **Ladage, C. (2008).** Study on the ecology and economy of the praxeologies of Web search. A contribution to the didactics of codisciplinary inquiry. Aix-Marseille université, Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01964613>
82. **Ladage, C. (2017).** Enquêter pour savoir. La recherche d'information sur Internet comme solution et comme problème.
83. **Ladage, C., & Chevallard, Y. (2011).** Enquêter avec l'Internet. Études pour une didactique de l'enquête. *Éducation & Didactique*, 5 (2), 85-115.
84. **Laniel, V. (2015).** Apprentissage par simulation et activité du formateur: comment le travail avec un simulateur d'accouchement interactif a-t-il développé l'activité d'une enseignante en maïeutique ? Université Paul Valéry-Montpellier III,
85. **Le Roy, T. (s.d.).** L'hélicoptère: une invention prometteuse au XIXe siècle. URL] http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/f/fiche-article-l-helicoptere-une-invention-prometteuse-au-xixe-siecle-21031.php.
86. **Lépinard, P. (2014).** Du serious gaming au full flight simulator : proposition d'un cadre conceptuel commun pour la formation des formateurs en simulation. *Systèmes d'information & management*, 19 (3). doi:10.3917/sim.143.0039
87. **Leplat, J. (1997).** Regards sur l'activité en situation de travail: contribution à la psychologie ergonomique: Presses universitaires de France.
88. **Levy, R. (2005).** Les doctorants CIFRE : médiateurs entre laboratoires de recherche universitaires et entreprises. *Revue d'économie industrielle*, 111 (1), 79-96. doi:10.3406/rei.2005.3083
89. **Malaterre, G., & Fréchaux, J. (2001).** Etude de la validité des simulateurs de conduite par comparaison de tâches réalisées en situation réelle et en simulation. *Facteurs perceptifs dans les activités de transport* (82).
90. **Malet, D., & Benchekroun, T. H. (2016).** Simuler les activités pour développer les pratiques professionnelles: le cas de la formation à la manutention des patients. *Activités*, 13(13-1).
91. **Marcel, J.-F. (2020).** Fonctions de la recherche et participation: une épistémocompatibilité dans le cas de la recherche-intervention. *Questions Vives. Recherches en éducation* (33).
92. **Marcel, J.-F. & Broussal, D. (2022).** Part. 2 — Chap.5 — La recherche intervention : une méthode pour accompagner le changement. In Alberio, B. et Thievenaz, J. (2022). *Enquêter dans les métiers de l'humain : Traité de la recherche en Sciences de l'éducation et de la formation*, Tome 1. Dijon : Raison et Passions.
93. **Mayen, P., Métral, J.-F., & Tourmen, C. (2010).** Les situations de travail. *Recherche & formation* (64), 31-46. doi : 10.4000/rechercheformation.191
94. **McLean, G. M., Lambeth, S., & Mavin, T. (2016).** The use of simulation in ab initio pilot training. *The International Journal of Aviation Psychology*, 26(1-2), 36-45.

95. **Métral, J.-F. (2017a).** Penser la didactique en formation professionnelle. *Recherches en éducation*, 29, 3-12. <https://hal-agrosup-dijon.archives-ouvertes.fr/hal-02102358/document>
96. **Métral, J.-F. (2017 b).** Quelles dimensions didactiques dans quelques travaux empiriques se réclamant de la didactique professionnelle ?, *Recherches en éducation*, 28, 94-108. <https://hal-agrosup-dijon.archives-ouvertes.fr/hal-02102418/document>
97. **Moesl, B., Schaffernak, H., Vorraber, W., Braunstingl, R., Herrele, T., & Koglbauer, I. V. (2021).** A research agenda for implementing augmented reality in ab initio pilot training. *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 11(2), 118.
98. **Mucchielli, R. (2016).** Les méthodes actives: Dans la pédagogie des adultes: ESF Sciences Humaines.
99. **Nyssen, A.-S. (2005).** Simulation dans le domaine de l'anesthésie. Etudes et réflexions sur les notions de validité et de fidélité. In *Apprendre par la simulation. De l'analyse de travail aux apprentissages professionnels*. (pp. 269-283).
100. **Nyssen, A. S., & de Keyser, V. (1998).** Improving training in problem solving skills: Analysis of anesthetists' performance in simulated problem situations. *Le travail humain*, 61 (4), 387-401. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40660215>
101. **OACI. (2006).** Manuel de supervision de la sécurité - Doc 9734 AN/959 - Partie A : Mise en place et gestion d'un système national de supervision de la sécurité.
102. **Oddone, I., Re, A., & Briante, G. (1981).** *Redécouvrir l'expérience ouvrière*: Editions sociales.
103. **Oget, D., & Audran, J. (2016).** Simulation. *Recherche & formation* (82), 75-84. doi : 10.4000/rechercheformation.2672
104. **Ollagnier-Beldame, M., & Hulin, T. (2012).** Rendre visibles les traces d'interaction pour renforcer la réflexivité de l'utilisateur.
105. **Pasquale, S.J. (2015).** Educational science meets simulation, *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 29, 5-12. Dans le numéro de Kolbe et al 2015
106. **Pastré, P. (2005).** Apprendre par la simulation: de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels: Octares.
107. **Pastré, P. (2011).** L'ingénierie didactique professionnelle. In *Traité des sciences et des techniques de la formation*: Dunod Paris.
108. **Pastré, P. (2015).** La didactique professionnelle: approche anthropologique du développement chez les adultes: Presses universitaires de France.
109. **Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006).** La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie* (154), 145-198. doi:10.4000/rfp.157
110. **Pastré, P., Samurçay, R., & Plénacoste, P. (1998).** L'analyse didactique de l'utilisation des simulateurs pour la conduite des centrales nucléaires. *Rapport de recherche ENESAD/CNRS/EDF*.
111. **PIPAME. (2018).** Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique (synthèse).

112. **Proctor, M. D., Bauer, M., & Lucario, T. (2007).** Helicopter Flight Training Through Serious Aviation Gaming. *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 4(3), 277-294. doi:10.1177/154851290700400305
113. **Ricoeur, P. (1986).** Life: A story in search of a narrator. In *Facts and values* (pp. 121-132). Springer, Dordrecht.
114. **Robo, P. (2002).** L'analyse de pratiques professionnelles: un dispositif de formation accompagnante. *Vie pédagogique*, 122 (1), 7-11.
115. **Rogalski, J., & Colin, B. (2018).** Le rôle du formateur dans l'articulation des compétences acquises sur simulateur et des compétences cibles (« terrain »). *Activites* (15-2). doi:10.4000/activites.3333
116. **Rogalski, J. (2009).** Dialectique entre processus de conceptualisation, processus de transposition didactique de situations professionnelles et analyse de l'activité. Dans Pastré, P., *Apprendre par la simulation De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (pp. 313-334). Toulouse: Octarès Éditions.
117. **Salas, E., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1998).** It Is Not How Much You Have but How You Use It: Toward a Rational Use of Simulation to Support Aviation Training. *The International Journal of Aviation Psychology*, 8(3), 197-208. doi:10.1207/s15327108ijap0803_2
118. **Salès-Wuillemin, E. (2007).** Les entretiens professionnels théorie et applications. In: Presses Universitaires de France.
119. **Samurçay, R. (2005).** Concevoir des situations simulées pour la formation professionnelle: une approche didactique.
120. **Samurçay, R. & Rogalski, J. (1998).** Exploitation didactique des situations de simulation. *Le travail humain*, 61, 333-359.
121. **Serre, D. (2015).** Etre doctorant-e. Socialisations, contextes, trajectoires. Introduction au dossier. *Socio-logos. Revue de l'association française de sociologie* (10). Retrieved from <https://journals.openedition.org/socio-logos/2924#bodyftn19>
122. **Simonian, S. (2019).** L'affordance, pour comprendre les rapports au numérique. *Éducation permanente*, 219 (2), 61-70.
123. **Simonian, S. (2022).** *Affordance socioculturelle des objets techniques*, Publications de l'Université de Rouen et du Havre
124. **Sweeney, J.P. (2015).** *Supporting simulation with training: A study of faculty perspectives*. (Thèse de doctorat, The University of Memphis). Accessible par ProQuest Dissertations Publishing, 2015. (3728616)
125. **Simoneau, I. L., Paquette, C., Lawrence, F., & Ouellet, M. (2014).** Pédagogie par la simulation clinique haute fidélité dans la formation collégiale en santé: préparation clinique, interdisciplinarité et intégration au curriculum: rapport de recherche: Cégep de Sherbrooke.
126. **Squire, K. (2003).** Video games in education. *Int. J. Intell. Games & Simulation*, 2 (1), 49-62.

127. **Stevens, M. J., & Campion, M. A. (1994).** The knowledge, skill, and ability requirements for teamwork: Implications for human resource management. *Journal of management*, 20(2), 503-530.
128. **Theureau, J. (1997).** L'utilisation des simulateurs de salle de contrôle de réacteur nucléaire et de cockpit d'avion à des fins autres que de formation: présentation et discussion des tendances actuelles. In O. Éditions (Ed.), *La simulation en ergonomie: connaître, agir, interagir* (pp. 113-136).
129. **Theureau, J. (2010).** Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4 (2), 287-322.
130. **Tourmen, C. (2014).** Usages de la didactique professionnelle en formation : principes et évolutions. [Uses of Professional Didactics in Training: Principles and New Developments]. *Savoirs*, 36 (3), 9-40. doi:10.3917/savo.036.0009
131. **Van Campenhoudt, L., Quivy, R., & Marquet, J. (2017).** Manuel de recherche en sciences sociales. Paris : Dunod.
132. **Van Emmerik, M., van Joolingen, W., & van Rooij, J. (1997).** Development of a generic didactic model for simulator training (TNO-report-TM-97-B022).
133. **Vaskova Kjulavkovska, M., Serafini, G. O., & Szamosi, L. T. (2022).** Integrating training and performance management of civil aviation inspectors: A pilot study of the mediating role of competency-based training. *International Journal of Training and Development*, 26(1), 29-54.
134. **Vergnaud, G. (1989).** La théorie des champs conceptuels. *Publications mathématiques et informatique de Rennes*(S6), 47-50.
135. **Vergnaud, G. (1996).** Au fond de l'action, la conceptualisation. *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, 2, 275-292.
136. **Vergnaud, G. (2001).** 2.6. Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, 33 (2), 107-123.
137. **Vergnaud, G. (2011).** Au fond de l'action, la conceptualisation. In *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275-292). Paris cedex 14: Presses Universitaires de France.
138. **Vergnaud, G. (2016).** Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 287-304.
139. **Vermersch, P. (1998).** Détacher l'explicitation de la technique d'entretien. *Revue Expliciter du GREX*, 25, 1-15.
140. **Vermersch, P. (2019).** *L'entretien d'explicitation*: ESF Sciences Humaines.
141. **Vidal-Gomel, C. (2005).** Situation de simulation pour la recherche: quels apports pour la formation professionnelle ? Un exemple dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. *Apprentissage par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, 156-180.
142. **Vidal-Gomel, C., Fauquet-Alekhine, P., & Guibert, S. (2011).** Réflexions et apports théoriques sur la pratique des formateurs et de la simulation. In *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation* (pp. 115-141).

143. **Vilatte, J.-C. (2007).** Méthodologie de l'enquête par questionnaire. *Laboratoire Culture & Communication Université d'Avignon*.
144. **Weber, R. (2016).** *A comparison study of simulation versus multimedia presentation instruction on flight students' decision-making skills.* (Thèse de doctorat, Kent State University). Accessible par ProQuest Dissertations Publishing, 2016. (10145286)
145. **Weill-Fassina, A., & Pastré, P. (2004).** Les compétences professionnelles et leur développement. *Ergonomie*, 213-231.
146. **Wittorski, R. (2016).** A propos de la professionnalisation. *La professionnalisation en formation: textes fondamentaux*, 63-74

Table des graphiques

Figure 1 : Exemple de représentation de l'échelle de niveaux de codétermination didactique.....	24
Figure 2 : Dispositif CIFRE - AHTA/Aix-Marseille université - ADEF	30
Figure 3 : Organisation des Autorités de l'Aviation civile internationale.....	43
Figure 4 : Organisation de la réglementation de l'EASA.....	47
Figure 5 : Schéma de l'organisation des règlements de l'AESA.....	48
Figure 6 : Dispositif de captation vidéo salle 4.....	151
Figure 7 : Dispositif de captation vidéo #1 salle « Labo » HATS.....	152
Figure 8 : Dispositif de captation vidéo #2 salle « Labo » HATS.....	153
Figure 9 : Répartition des instructeurs-pilotes par âge.....	196
Figure 10 : Répartition des instructeurs-techniciens par âge.....	196
Figure 11 : Le nombre d'heures de vol par pilote.....	197
Figure 12 : Répartition des fonctions des pilotes au sein du Training Helicopters d'Airbus	200
Figure 13 : Répartition des fonctions de l'ensemble des techniciens	201
Figure 14 : Répartition du type de qualification par instructeurs-pilotes.....	202
Figure 15 : Répartition du type de qualification par instructeurs-techniciens.....	202
Figure 16 : Nombre d'années d'expérience des pilotes dans l'instruction.....	204
Figure 17 : Nombre d'années d'expérience des techniciens dans l'instruction.....	204
Figure 18 : Répartition des méthodes pédagogiques employées avec des OTD's par les pilotes	205
Figure 19 : Graphique des méthodes pédagogiques utilisées avec des MTD's par les techniciens	206
Figure 20 : Obstacles à l'usage des outils de simulation en formation (Techniciens).....	208
Figure 21 : Obstacles à l'usage des outils de simulation en formation (Pilotes)	208
Figure 22 : Mise en conformité avec les équipements réels des aéronefs dès leur mise en service (Techniciens)	210
Figure 23 : Mise en conformité avec les équipements réels des aéronefs dès leur mise en service (Pilotes).....	210
Figure 24 : La formation des instructeurs pilotes sur l'utilisation des simulateurs	211
Figure 25 : La formation des instructeurs techniciens sur l'utilisation des simulateurs.....	211

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau des différents niveaux de l'échelle de codétermination didactique appliqués au contexte.....	119
Tableau 2 : Tableau de la répartition des personnes interviewées	141
Tableau 3 : Répartition des personnes interrogées et le taux de réponse de la population des pilotes par centre	161
Tableau 4 : Taux de participation des instructeurs-techniciens par spécialité.....	162
Tableau 5 : Taux de participation de l'échantillon des techniciens par centre	162
Tableau 6 : Tableau des codages et relevés d'extraits significatifs des entretiens semi-directifs.....	176
Tableau 7 : Liste des qualifications des instructeurs pilotes en pourcentage.....	198
Tableau 8 : répartition des qualifications par instructeurs pilotes répondants.....	199
Tableau 9 : Contraintes par profil d'instructeurs repéré à partir du corpus des questionnaires	213

Glossaire des sigles et acronymes

AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne (European Aviation Safety Agency)
AHTA	Airbus Helicopters Training Academy (Nouvelle appellation de l'entreprise d'accueil de la CIFRE)
AHTS	Airbus Helicopters Training Services (Ancienne appellation de l'entreprise d'accueil de la CIFRE)
AMC	Acceptable Means of Compliance (Moyens de conformité acceptables)
AML	Aircraft Maintenance License
ATO	Approved Training Organisation (Organisme de formation agréé pour former des pilotes)
ATPL(H)	Airline Transport Pilot Licence (Licence professionnelle de pilote de transport aérien sur hélicoptère)
B1.3	Airframe - Mechanic Technician (Licence de mécanicien aéronautique – Hélicoptères moteur à turbine)
B1.4	Airframe - Mechanic Technician (Licence de mécanicien aéronautique – Hélicoptères moteur à pistons)
B2	Avionic Technician (Licence d'avionique)
BITD	Basic Instrument Training Devices (Système basique d'entraînement au vol aux instruments)
CAA	Civil Aviation Authority (Autorité du Royaume-Uni)
CAAC	Civil Aviation Administration of China (Autorité chinoise)
CAI	Computer Aided Instruction (support de cours)
CASA	Civil Aviation Safety Authority (Autorité australienne)
CBT	Computer-Based Trainer – Système d'entraînement sur ordinateur
CBT	Competency-Based Training (Approche par compétence)
CDB	Commandant de bord
CFI	Chief of Flight Instructor
CM	Compliance Monitoring – Contrôle de conformité –
CMM	Compliance Monitoring Manager
COMAERO	Comité pour l'histoire de l'aéronautique.
CompLoc	3D Component Locator (Modélisation en 3D de l'aéronef)
CPL(H)	Commercial Pilot Licence – Licence de pilote commercial sur hélicoptères
CPT	Cockpit Procedure Trainer – Système d'entraînement aux procédures du poste de pilotage –
CRM	Crew Resource Management – Gestion des ressources de l'équipage –
CTKI	Chief of Theoretical Knowledge Instructor – Instructeur-chef des connaissances théoriques
DGA	Direction générale de l'Armement
DGAC	Direction générale de l'Aviation civile
DGCA	Direction Generale of Civil Aviation (Autorité indienne)
DSAC	Direction de la sécurité de l'Aviation civile
DVE	Degraded Visual Environment – Environnement visuel dégradé
EAO	Enseignement assisté par ordinateur.
EASA	European Aviation Safety Agency (Agence européenne de la sécurité aérienne)
EHEST	European Helicopter Safety Team – Équipe européenne pour la sécurité hélicoptères
ENAC	École nationale de l'aviation civile française
EPNER	Ecole du Personnel Navigant d'Essais et de Réception
FAA	Federal Aviation Administration (Autorité des Etats-Unis)
FATA	Federal Air Transport Agency (Autorité Russe)
FCL	Flight Crew Licency
FE	Flight Examiner – Examineur de vol –
FFS	Full Flight Simulator – Simulateur de vol à pleine échelle –
FI	Flight Instructor – Instructeur de vol
FIE	Flight Instructor Examiner – Examineur d'instructeur de vol –
FM	Flight Manual – Manuel de vol –
FNPT	Flight and Navigation Procedures Trainer – Système d'entraînement aux procédures de vol et de navigation
FSTD	Flight Simulation Training Device – Dispositif d'entraînement au simulation de vol
FTD	Flight Training Device (Les systèmes d'entraînement au vol de Niveau 1, 2 ou 3)
FTO	Flight Training Organisation
GCAA	General Civil Aviation Authority (Autorité des Émirats arabes unis)
GM	Guidance Materials – Guides
HATS	Helionix Advanced Tool Simulator (aujourd'hui Helionix Trainer)
HMI	Human Machine Interface – Interface homme-machine
HMT	Helicopter Mission Trainer – Système d'entraînement aux missions en hélicoptère –
HoT	Head of Training
MPH	Multi-Pilot Helicopter – Hélicoptère multipilote
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IFR	Instrument Flight Rules – Règles de vol aux instruments

IMC	Instrumental Meteorological Conditions (Vol aux instruments en condition météorologique dégradée)
IOS	Instructor Operator Station – Poste instructeur
INTRO	Introduction, Need to Know, Title, Range and Objectives
IR	Instrument Rating – Qualification de vol aux instruments –
IRE	Instrument Rating Examiner – Examineur de vol aux instruments –
IRI	Instrument Rating Instructor – Instructeur de vol aux instruments
JCAB	Japan Civil Aviation Bureau (Bureau de l’aviation civile Japonaise)
JVN	Jumelles de vision nocturne
LAPL(H)	Light aircraft pilot licence (Licence de Pilote d’Aéronef léger (Hélicoptère)
LMA	Licence de maintenance d’aéronefs
LC	Line Check – Contrôle en ligne
LOFT	Line Oriented Flight Training – Entraînement au vol orienté ligne
LPC	License Proficiency Check – Contrôle de compétence sur les licences
MCC	Multi-Crew Cooperation – Travail en équipage
MCCI	Multi-Crew Cooperation Instructor – Instructeur pour la formation au travail en équipage
MET	Multi-Engine Turbine – Multimoteur à turbine
MP	Monitoring Pilot – Pilote non en fonction
MPH	Multi-Pilot Helicopter – Hélicoptère multipilote
MSTD	Maintenance Simulation Training Device
MTD	Maintenance Training Devices
MTO	Maintenance Training Organisation – Organisme de formation agréé techniciens (mécaniciens et avioniques)
NAA	National Aviation Authority (Autorité aéronautique nationale)
OACI	Organisation de l’aviation civile internationale
OEB	Operational Evaluation Board (Comité d’évaluation opérationnelle)
ONERA	Office National d’Etudes et de Recherches Aérospatiales
ONU	Organisation des Nations unies
OPC	Operator Proficiency Check (Contrôle hors ligne de l’exploitant)
OPL	Officier pilote de ligne
OSAC	Organisation de la sécurité de l’aviation civile
OSD	Operational Suitability Data
OTD	Other Training Devices (Autres dispositifs d’entraînement)
PANS	Procedures for Air Navigation Services (contrôle de la circulation aérienne)
Part-ARA	L’annexe VI du règlement EASA du personnel navigant (Authority Requirements for Aircrew)
Part-ARO	L’annexe II du règlement EASA des opérations aériennes (Authority Requirements for Air Operations)
Part-FCL	L’annexe I du règlement EASA du personnel navigant (Flight Crew Licences)
Part-MED	L’annexe IV du règlement EASA du personnel navigant (Medical Requirements for Aircrew)
Part-ORA	L’annexe VII du règlement EASA des opérations aériennes (Organisation Requirements for Aircrew)
Part-145	L’annexe II du règlement EASA sur le maintien de la navigabilité (Agrément des organismes de maintenance)
Part-147	L’annexe IV du règlement EASA sur le maintien de la navigabilité (Agrément des organismes de formation)
Part-66	L’annexe III du règlement EASA sur le maintien de la navigabilité (Qualification des techniciens)
PC	Proficiency Check (Contrôle de compétences)
PPL(H)	Private Pilot Licence (Licence de pilote privé sur hélicoptère)
PPT	Part Task Trainer (Système d’entraînement partiel)
QC	Qualification de classe
QT	Qualification de type
SARPs	Standards and Recommended Practices (les normes et les pratiques recommandées de l’OACI)
SE	Senior Examiner (Examineur expérimenté)
SEP	Single Engine Piston (Monomoteur à piston)
SET	Single Engine Turbine (Monomoteur à turbine)
SFE	Synthetic Flight Examiner (Examineur sur système synthétique de vol)
SFI	Synthetic Flight Instructor (Instructeur sur système synthétique de vol)
MMEL	Master Minimum Equipment List
MPH	Single-Pilot Helicopter (Hélicoptère monopilote)
SM	Safety Manager (Responsable de la sécurité des vols)
SMS	Safety Management System (Système de gestion de la sécurité (SGS))
SOP	Standard Operational Procedures (Procédures normalisées d’exploitation)
SRM	Single (Pilot) Resource Management (Gestion des ressources monopilote)
STI	Synthetic Training Instructor (Instructeur sur entraîneur synthétique)
TCAS	Traffic Collision and Avoidance System (Système d’évitement de collision en vol entre aéronefs)
TEM	Threat and Error Management (Gestion des menaces et des erreurs)
TKI	Theoretical Knowledge Instructor (Instructeur des connaissances théoriques au sol)
TNA	Training Needs Analysis
TRE	Type Rating Examiner (Examineur de qualification de type)
TRI	Type Rating Instructor (Instructeur de qualification de type)
TRM	Type Rating Manuel (Manuel de formation de la qualification de type)
TRTO	Type Rating Training Organisation (Organisme habilité à effectuer des Qualifications de type)

UAS	Undesired Aircraft State (État indésirable de l'aéronef)
UE	Union Européenne
VFR	Visual Flight Rules (Règles de vol à vue)
VIPT	Virtual Interactive Procedure Trainer (Système interactif virtuel d'entraînement aux procédures)
VMC	Visual Meteorological Conditions (Conditions météorologiques de vol aux instruments)
VMT	Virtual Maintenance Trainer (Dispositifs d'entraînement virtuel à la maintenance)
WBT	Web-Based Training (formation en ligne)



AIRBUS

Airbus Helicopters Training Academy France

Aéroport International Marseille-Provence
13725 Marignane Cedex
France

