



HAL
open science

Sécurité avant tout! Étude par entretiens de la planification de missions de drones pour guider la conception des systèmes soutenant les analyses de sécurité et les demandes d'autorisation

Balita Heriniaina Rakotonarivo, Nicolas Drougard, Stéphane Conversy,
Jérémy Garcia

► To cite this version:

Balita Heriniaina Rakotonarivo, Nicolas Drougard, Stéphane Conversy, Jérémy Garcia. Sécurité avant tout! Étude par entretiens de la planification de missions de drones pour guider la conception des systèmes soutenant les analyses de sécurité et les demandes d'autorisation. IHM '22: 33e conférence internationale francophone sur l'Interaction Humain-Machine, Apr 2022, Namur, France. pp.1-13, 10.1145/3500866.3516378 . hal-03847187

HAL Id: hal-03847187

<https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-03847187>

Submitted on 10 Nov 2022

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.

Sécurité avant tout! Étude par entretiens de la planification de missions de drones pour guider la conception des systèmes soutenant les analyses de sécurité et les demandes d'autorisation

Safety first! An Interview Study of Drone Mission Development to Guide System Design Supporting Safety Analyse and Authorization Requests

Balita H. Rakotonarivo
balita.rakotonarivo@enac.fr
ENAC - Université de Toulouse
Toulouse , France

Stéphane Conversy
stephane.conversy@enac.fr
ENAC - Université de Toulouse
Toulouse , France

Nicolas Drougard
Nicolas.drougard@isae.fr
ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse
Toulouse , France

Jérémie Garcia
jeremie.garcia@enac.fr
ENAC - Université de Toulouse
Toulouse , France

ABSTRACT

The use of civilian drones is a growing market offering services such as delivery, surveillance or rescue. The operationalization of these uses is complex and presents a level of risk that must be controlled through safety analysis processes and authorization requests before any flight. In order to instrument these processes with usable interactive systems, we conducted interviews with drone operators, safety study coaches and regulators. We found that despite the use of many tools and methods, files often have to be modified several times following feedback from regulators. We describe the work processes and the interaction between actors during the missions preparation. The preparation include the definition of a concept of operation, the assessment of operational risks and obtaining an authorization to operate from authorities. For each of these steps, we offer recommendations for designing new interactive systems able to support safety.

RÉSUMÉ

L'usage des drones civils est un marché en expansion proposant des services tels que la livraison, la surveillance ou le sauvetage. L'opérationnalisation de ces usages est complexe et présente un niveau de risque à maîtriser par des processus d'analyse de sécurité et de demandes d'autorisation avant tout vol. Afin d'instrumenter ces processus avec des systèmes interactifs utilisables, nous avons mené des entretiens auprès d'opérateurs de drones, d'accompagnateurs pour les études de sécurité et de régulateurs. Malgré l'utilisation de nombreux outils et méthodes, les dossiers doivent souvent être modifiés plusieurs fois suite aux retours des régulateurs. Nous décrivons les processus de travail et les interactions entre acteurs

lors de la préparation des missions dont les étapes principales sont l'établissement d'un concept d'opérations, l'évaluation des risques opérationnels et l'obtention d'une autorisation d'exploitation. Pour chacune de ces étapes, nous proposons des recommandations pour la conception de systèmes interactifs soutenant la sécurité.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **HCI theory, concepts and models.**

KEYWORDS

HMI, UAS, CSCW, planning process, specific category, collaborative work, model

MOTS CLÉS

IHM, UAS, CSCW, planification, catégorie spécifique, collectif, modèle

ACM Reference Format:

Balita H. Rakotonarivo, Nicolas Drougard, Stéphane Conversy, and Jérémie Garcia. 2022. Sécurité avant tout! Étude par entretiens de la planification de missions de drones pour guider la conception des systèmes soutenant les analyses de sécurité et les demandes d'autorisation: Safety first! An Interview Study of Drone Mission Development to Guide System Design Supporting Safety Analyse and Authorization Requests. In *IHM '22 : 33^e conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, April 05–08, 2022, Namur, Belgique*. ACM, New York, NY, USA, 13 pages. <https://doi.org/10.1145/3500866.3516378>

1 INTRODUCTION

Les drones ou *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) sont des appareils volants sans pilote à bord, particulièrement adaptés à la réalisation de tâches fastidieuses et/ou dangereuses. La maturité technologique de ces systèmes a conduit à de nouvelles applications telles que la livraison de médicaments, la surveillance de zones, ou encore la recherche et le sauvetage [34].

ACM acknowledges that this contribution was authored or co-authored by an employee, contractor or affiliate of a national government. As such, the Government retains a nonexclusive, royalty-free right to publish or reproduce this article, or to allow others to do so, for Government purposes only.

IHM '22, April 05–08, 2022, Namur, Belgique

© 2022 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-9189-4/22/04...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3500866.3516378>

Une mission de drone est généralement composée de trois étapes: la préparation du vol en amont puis sur site, le vol du drone, et le traitement des données après la mission. Récemment, une étude sur les pratiques des pilotes professionnels de drones [26] a identifié que la préparation de mission est une des phases les plus importantes mais aussi une des plus chronophage. En effet, il s'agit d'assurer l'adéquation entre les besoins du client et la mission, ainsi que la sécurité des personnes et des biens, dans les airs et au sol pendant les vols. Cette étude, réalisée par Ljungblad et al. [26], se focalise principalement sur les missions dont les drones sont visibles par les télépilotes durant les phases de vol, et utilisent des capteurs embarqués pour réaliser des mesures ou des prises de vue. Ces missions présentent des risques d'exploitation faibles et peuvent être réalisées avec une simple déclaration de l'opérateur¹.

Pour les autres types de missions présentant davantage de risques comme les vols au dessus de portions de voies ferrées, le survol de zones peuplées, le partage de l'espace aérien avec d'autres usagers du ciel ou encore des opérations hautement automatisées sans télépilotes, une demande d'autorisation d'exploitation est nécessaire avant tout vol [6, 18]. L'opérateur doit produire et soumettre un dossier contenant un concept d'opérations et une étude de sécurité des vols envisagés au régulateur. Le régulateur est une autorité nationale qui étudie au cas par cas les demandes d'autorisation de vols de drones présentant des risques d'exploitation modérés. Le régulateur vérifie que le niveau de sécurité de l'opération est suffisant avant de l'autoriser ou de demander des changements. Dans ce cas, une boucle impliquant le client, l'exploitant de drones, le télépilote, le régulateur et d'autres autorités se met en place². Ces autres autorités peuvent être les responsables de la gestion du trafic aérien si les vols de drones empiètent sur l'emprise d'un aéroport, la préfecture si une zone urbaine doit être survolée, etc. Notre objectif est d'instrumenter le processus de préparation de missions afin de soutenir la sécurité des opérations.

Garantir la sécurité est un aspect primordial des opérations de drones [38]. Dans une revue de littérature, Rakotonarivo et al. ont trouvé que de nombreux travaux concernent l'aide à la sécurité des opérations de drone selon différentes perspectives comme le matériel, les algorithmes ou l'interaction humain-machine [29]. La plupart des solutions concernent le déroulement de la mission et peu de travaux concernent la phase de préparation de mission ou la phase post-mission. De plus, les données de terrain disponibles sur les pratiques professionnelles de drones sont peu nombreuses comme identifié dans [26]. À notre connaissance, aucune étude n'a été menée sur des missions nécessitant une demande d'autorisation d'exploitation.

Dans cet article, nous présentons les résultats de quatorze entretiens avec des responsables d'opérations de drones et des régulateurs, afin de caractériser les pratiques existantes et identifier des opportunités pour la conception de nouveaux systèmes interactifs, selon de multiples perspectives opérationnelles. Ces entretiens nous permettent de mieux caractériser les processus et outils mis en oeuvre lors de la préparation de missions de drones nécessitant

une autorisation d'exploitation. Les contributions principales de cet article sont:

- (1) Des retours d'expériences de professionnels des drones dans différentes industries, ainsi que la description de leurs pratiques et des outils utilisés lors de la préparation de missions.
- (2) Une modélisation en trois phases de la préparation d'une mission de drones nécessitant une demande d'autorisation d'exploitation spécifique.
- (3) Nous formulons dix recommandations pour la conception de systèmes futurs de préparation de missions de drone sûres à partir de l'analyse des tâches et des processus collaboratifs observés.

2 ETAT DE L'ART

Le domaine de l'Interaction Humain-Drone (IHD) est un domaine de recherche grandissant au sein de la communauté IHM [3, 7, 8]. Des travaux portent sur l'utilisation des drones dans différents domaines d'applications comme l'aide à la navigation [25], l'art [11] ou la photographie [9, 24], et proposent des techniques d'interaction pour le pilotage [28, 34]. Malgré le nombre croissant de travaux dans ce domaine, les études en conditions réelles sont peu nombreuses comme identifié par Ljungblad et al. [26]. Concernant les drones évoluant à proximité des personnes, des revues de la littérature sur l'IHD [2, 34] identifient également que seul un petit nombre de publications propose des résultats empiriques. Nous disposons donc de relativement peu de connaissance sur les procédures de pilotage ou la manière dont les mesures de sécurité et la protection de la responsabilité sont mises en oeuvre.

Ljungblad et al. [26] ont mené des entretiens avec des pilotes de drones professionnels pour guider les travaux futurs en IHD. Un aspect mis en avant est le fait que la phase de vol ne représente qu'une petite part de l'activité par rapport à la préparation de mission ou le traitement des données après le vol. Parmi les pistes identifiées pour soutenir le travail des pilotes, la prise en compte de la sécurité des opérations, c'est-à-dire la prévention des risques non malveillants pouvant survenir, est un enjeu majeur. Par exemple, l'analyse des risques associés à une mission est un aspect important de l'activité de pilotage professionnel de drones qui ne dispose que de très peu d'outils d'après les participants de leur étude.

La réalisation de missions avec des risques potentiels plus élevés, comme les missions endurantes sur plusieurs kilomètres, la proximité d'infrastructures sensibles, ou encore le survol de zones peuplées, nécessite une phase de préparation encore plus importante [5]. En effet, la réglementation européenne [35] impose une demande d'autorisation préalable sur la base d'un concept d'opération et d'une étude de sécurité. Ce processus, contrairement aux simples déclarations qui sont demandées dans les cas étudiés par Ljungblad et al. [26], implique plusieurs parties prenantes comme les opérateurs, les télépilotes mais également les régulateurs. Il s'agit d'un processus collaboratif qui n'est pas, à notre connaissance, étudié en situation réelle avec de multiples points de vue de professionnels.

Les études de sécurité sont souvent complexes à réaliser et peu outillées en termes d'IHD comme identifié par une revue systématique de littérature [29] sur le soutien à la sécurité des opérations de drones. Des modèles et des outils ont été proposés pour aider la réalisation d'études de sécurité, comme l'imbrication de petits

¹Infographie détaillant les catégories d'opérations de drones <http://drone-chair.enac.fr/rpas-chair/3-infographies-pour-y-voir-plus-clair-reglementation-europeenne-des-drones/>

²Les démarches concernant les activités en catégorie spécifique sont sur www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_categorie_Specifique_0.pdf

dossiers de sécurité pour constituer des dossiers complets [1, 37], ou la création de base de données [4] et de modèles des risques standards pour les missions de drones [39]. Des outils proposent d'aider les utilisateurs à réaliser leurs études de sécurité en utilisant des modélisations du système [13, 31] mais nécessitent une expertise en méthodes formelles pour être utilisés.

En conclusion, nous pensons qu'il est nécessaire d'étudier les processus et interactions entre les parties prenantes, opérateurs et régulateurs, pour la réalisation de missions de drones présentant des risques potentiels forts. La plupart des approches existantes pour le soutien à la sécurité considèrent souvent des cas d'études réels mais ne s'intéressent pas aux expériences et ressentis des personnes impliquées. Ainsi, il semble important d'étudier les points de vue des acteurs de ces processus pour caractériser les mécanismes mis en oeuvre actuellement, afin de garantir la sécurité des opérations de drones et concevoir de nouveaux systèmes plus efficaces.

3 DESCRIPTION DE L'ÉTUDE

Nous avons réalisé des entretiens avec des responsables d'opérations de drones travaillant pour des exploitants de tailles variées, ainsi qu'avec des régulateurs. Notre objectif était de caractériser les pratiques existantes et identifier des opportunités pour la conception de nouveaux systèmes interactifs, selon de multiples perspectives opérationnelles. Ces entretiens ont été réalisés entre janvier 2020 et octobre 2021, certains par visio-conférence. Nous définissons comme "complexe" une mission qui nécessite une autorisation d'exploitation en catégorie spécifique. Chaque exploitant avait déjà réalisé au moins une mission complexe. Les tâches liées à la sécurité des opérations de drones s'étalent sur une longue période de temps, et les résultats sont présentés dans divers documents communiqués aux autorités. Ainsi de telles tâches sont difficilement observables directement, et s'entretenir avec les personnes impliquées semble une méthode adéquate pour obtenir des données contextuelles, des exemples concrets de situations problématiques ou encore pour explorer de nouvelles approches avec les opérateurs.

Nos entretiens étaient guidés par une liste de seize questions présentées dans la table 1 selon cinq axes. Ces questions couvrent la démographie de l'établissement concerné, les missions qui ont été réalisées, les études de sécurité et demandes d'autorisation, les outils utilisés, et enfin, quand c'était possible, l'exploration de nouveaux concepts. Elles ont été définies pour explorer en détail et de manière contextuelle le processus de demande d'autorisation et de réalisation d'étude de sécurité. Les informations sur la démographie et les missions effectuées servent à caractériser les participants aux entretiens, et à bâtir les échanges sur des situations réelles et vécues. Nous avons aussi utilisé des techniques d'incident critique [19] lors des questions 6, 9 et 14, concernant respectivement les missions, les demandes d'autorisation, et les outils pour les réaliser. Des travaux précédents ont identifié que la réalisation d'opérations de drones impliquait des représentations cartographiques, mais que peu d'outils d'analyse de risque utilisaient ces représentations [29]. De plus, les demandes d'autorisation d'exploitation nécessitent une collaboration entre l'opérateur et le régulateur. Nous avons donc exploré le concept de la réalisation de l'étude de sécurité sur une carte, et de son intégration dans le travail collaboratif avec le régulateur, avec les questions 15 et 16.

3.1 Participants

Le recrutement pour ces entretiens était guidé par la volonté de maximiser la diversité des participants, en termes par exemple de taille de structure ou de domaines d'application. Les caractéristiques différentes des participants permettent une plus grande couverture de nos problématiques avec des perspectives qui varient en fonction des pratiques et des ressources disponibles. La table 2 contient la description des caractéristiques des participants. Les opérateurs et pilotes susceptibles d'effectuer des missions nécessitant des demandes d'autorisation d'exploitation ont été contactés par e-mail ou par téléphone. Les autorités nous ont par ailleurs suggéré certains d'entre eux.

Au total, nous avons mené quatorze entretiens. Les dix premiers concernent des opérateurs de drones, c'est-à-dire des entreprises menant des opérations de drones nécessitant des études de sécurité et devant soumettre des demandes d'exploitation (OP1 à OP10). Les interlocuteurs étaient les responsables des missions de drones, parfois eux-même télépilotes ou accompagnés de télépilotes. Les quatre autres entretiens concernent des accompagnateurs pour les études de sécurité (AS1 à AS4), c'est-à-dire des entreprises de conseil qui effectuent ces études pour le compte d'un client, qui devra lui-même soumettre la demande d'exploitation. Tous les interviewés opèrent en France. Nous avons également mené un entretien avec deux équipes de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC), aussi nommée régulateur (RG1 et RG2). La première a pour rôle de vérifier et valider les performances déclarées des systèmes de drones. La seconde analyse, vérifie et valide les demandes d'autorisation d'exploitation de drones pour toute la France. Ce dernier entretien nous a permis de comprendre leur façon de travailler, la communication avec les opérateurs et de leur présenter partiellement certaines des premières recommandations, mises en oeuvre dans un prototype.

3.2 Déroulement des entretiens et analyse des données

Les entretiens ont tous été menés par un des auteurs avec un ou deux des autres auteurs en observateur pouvant intervenir pour clarifier ou insister sur un aspect particulier. Nous avons globalement respecté la trame du questionnaire pour chaque entretien mais l'exécution a pu être parfois modifiée pour s'adapter aux discussions avec les participants. Les entretiens ont duré entre une et deux heures. La plupart d'entre eux ont été enregistrés, sauf ceux concernant OP1, OP2, OP4 et AS4, pour des raisons de confidentialité, puis retranscrits pour l'analyse. Nous avons également demandé aux participants de nous montrer les documents et outils utilisés lors de l'élaboration des missions et de l'étude de sécurité. Pour des raisons de confidentialité, nous ne pouvons pas diffuser ces documents car ils contiennent des informations sur leurs clients. Nous avons ensuite analysé les données de façon qualitative en utilisant des techniques de codage libre issues de la théorie enracinée [33]. Nous avons réalisé des analyses au fur et à mesure du processus pour faire émerger des catégories et des thèmes. Ces thèmes ont été approfondis lors des entretiens suivants, lorsque cela était possible. Ils ont pu ainsi être raffinés et consolidés, tout comme les recommandations identifiées, présentées dans les résultats de cette étude.

	Démographie de l'entité
1	Pourriez-vous décrire la structure en termes de nombre de salariés, d'ancienneté et de nombre de drones utilisés ?
2	Quelles sont les caractéristiques de vos clients (grands groupes, particuliers, nationaux ou internationaux) ?
3	Combien de missions effectuez-vous par an environ ?
	Missions effectuées
4	Quels types de missions réalisez-vous en termes de but, de distance parcourue, de durée, de type d'aéronefs et de composition des équipages ?
5	Pourriez-vous décrire la dernière mission que vous avez effectuée ?
6	Vous rappelez-vous d'un incident ou d'un évènement marquant lié à la sécurité lors d'une opération de drone ?
7	Lors des missions quels sont les éléments impactant la sécurité ? Par exemple, les conditions météorologiques, la population sur place ou les autres usagers du ciel.
	Demande d'autorisation
8	Combien d'études de sécurité concernant les opérations de drones avez-vous réalisées en vue d'une demande d'autorisation ? Et combien ont été réalisées en utilisant la méthodologie "Specific Operations Risk Assessment" ?
9	Pourriez-vous décrire les dernières missions pour lesquelles vous avez effectué une demande d'autorisation ? Quels problèmes avez-vous rencontrés ?
10	Quelle est la durée de ce processus et le nombre d'itérations avec le régulateur ?
11	Avez-vous élaboré des stratégies pour accélérer le traitement de vos demandes ?
12	Avez-vous utilisé un support (une entreprise ou un logiciel) pour l'étude de sécurité ?
	Outils utilisés pour chaque phase de la mission
13	Quels outils utilisez-vous lors des différentes phases d'une mission, c'est-à-dire l'élaboration du concept d'opération, l'étude de sécurité, la demande d'autorisation, la préparation de la mission, l'exécution (le vol) et enfin la phase d'après la mission ?
14	Pourriez-vous décrire l'utilisation de ces outils lors de votre dernière mission avec demande d'autorisation ? Quels problèmes avez-vous rencontrés ?
	Exploration d'approches basées sur les cartes et la collaboration
15	Que pensez-vous de réaliser vos études de sécurité directement sur des cartes avec différentes couches de données ?
16	Quelles interactions ou visualisations vous permettraient d'améliorer le processus de réalisation de vos études de sécurité ? Avec une collaboration avec les régulateurs ?

Table 1: Questions posées lors des entretiens

4 RÉSULTATS ET IMPLICATIONS

Cette section présente les résultats de notre étude en se focalisant sur deux objectifs principaux: 1) rendre compte des pratiques actuelles des professionnels utilisant des drones dans des missions complexes d'un point de vue de la sécurité; 2) identifier des pistes pour la conception de systèmes futurs permettant d'améliorer le processus de demande d'autorisation et la sécurité des opérations de drones. Nos observations et conclusions sont organisées en quatre catégories: 1) les domaines d'applications et les étapes de ce type de mission, 2) l'établissement du concept d'opération de la mission, 3) l'évaluation et la maîtrise des risques, 4) la collaboration entre opérateurs et régulateurs pour la demande d'autorisation. En se basant sur les résultats de ces entretiens, nous formulons des recommandations pour la conception que nous décrivons directement à la fin de chaque sous-section pour faciliter la compréhension.

4.1 Types de missions et description des étapes

Nos entretiens ont permis de considérer de nombreux types de missions de drones couvrant diverses industries et mettant en oeuvre des demandes d'autorisation aux autorités. Les missions étudiées relèvent de l'inspection industrielle (AS2, OP3, AS4, AS1), de la récupération de données météorologiques (AS4), de l'inspection de vastes réseaux de transport et d'énergie (OP1, OP5, AS1, OP2), des vols expérimentaux de concepts d'applications de drones (OP6,

AS2, OP4) ou de nouvelles charges utiles (OP9), de l'acquisition de données LIDAR (*Laser Imaging Detection And Ranging*), thermiques et multispectrales (OP4, OP8, OP2), de spectacles aériens avec plusieurs centaines de drones de nuit et proche des zones urbaines (OP10), et de la reconnaissance de possibles avalanches et de recherche-sauvetage en milieu hostile (OP7). Hormis OP8, les études pour les livraisons par drones (AS2, AS4, OP8) et la surveillance de zones industrielles par drones autonomes (AS3, AS2, AS1, AS4) ont été faites par des accompagnateurs aux réalisations d'études de sécurité.

Pour tous nos participants, les trois étapes principales d'une mission de drone sont : la planification de la mission, l'exécution des vols, et enfin les activités réalisées après les vols. Pour réaliser une mission complexe d'un point de vue de la sécurité, tous les exploitants interviewés ont expliqué qu'une phase préparatoire considérable était nécessaire avant le vol proprement dit. Cette étape qui nécessite des tâches très techniques est réalisée sur une longue période du fait des délais de traitement, et se montre complexe car elle fait intervenir plusieurs parties prenantes avec de nombreux documents à traiter. À ce propos, OP3 nous a confié: "*Aujourd'hui le travail de préparation de mission, représente, je serais tenté de dire, quelque chose entre 60 et 70% de la technicité des opérations aériennes*". De même, AS1 déclare: "*Le temps de travail moyen pour une SORA est de 100 heures, 250 heures pour les missions complexes*", tandis que

Code	Constructeur Exploitant	Accompagnateur Étude de Sécurité	Nombre d'interviewés	Nombre d'employés de la structure	Licence de Pilote d'aviation conventionnelle pour les télépilotes	Nombre de SORA soumises	Missions endurantes	Hors-vue	En Vue Étendu	Applications
OP1	✓		1	10-50	✓	0*	✓	✓		Acquisition de données (AD)
OP2	✓	✓	4	>50	✓	0*	✓	✓		AD, Formation (Fmt)
OP3	✓	✓	1	<10	✓	0*	✓	✓		AD
OP4	✓		1	<10		0*				AD
OP5	✓		1	>50	✓	5-10	✓	✓		AD
OP6	✓	✓	1	>50	✓	5-10	✓	✓	✓	AD, Expérimentation (Exp)
OP7	✓		1	<10		0**		✓		AD
OP8	✓	✓	1	>50	✓	>10	✓	✓	✓	AD, Exp, Fmt
OP9	✓		1	>50	✓	1-5	✓	✓		Exp
OP10	✓	✓	1	10-50		5-10			✓	Essaim de plusieurs centaines d'aéronefs
AS1		✓	1	<10	✓	5-10	✓			AD, Transport de biens
AS2	✓	✓	✓	1	10-50		1-5	✓		AD, Transport de biens, Exp
AS3	✓	✓	✓	3	>50	✓	1-5	✓		AD, Fmt
AS4		✓	3	>50	✓	1-5			✓	AD, Transport de biens

Table 2: Description des participants aux entretiens

* l'entrevue a été effectuée en 2020, la réglementation EU n'est entrée en vigueur qu'en janvier 2021

** l'opérateur a été accompagné par un tiers pour la réalisation de ses études de sécurité

OP10 indique : "Il a fallu six mois de travail pour vingt minutes de vol".

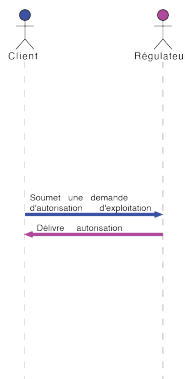


Figure 1: Processus prescrit.

Dans les détails, cette étape de planification de la mission est composée de plusieurs sous-tâches qui peuvent être regroupées en

trois activités. Il s'agit de l'établissement d'un concept d'opérations, l'évaluation des risques opérationnels et l'obtention d'une autorisation d'exploitation en catégorie spécifique, comme illustré dans la

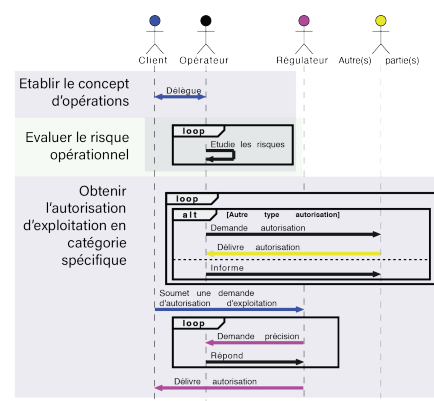


Figure 2: Le processus de demande d'autorisation tel que décrit par les opérateurs.

Figure 2. Le concept d'opérations (ou "CONOPS") est la description de ce qui va être réalisé avec le drone, où et quand, avec quel système et quels participants. Il sert à présenter clairement les opérations qui seront effectuées dans le cadre de la mission. L'évaluation des risques opérationnels est une analyse qui permet de définir les exigences que devra satisfaire un exploitant avant de faire voler son drone. Elle sert à identifier puis maîtriser les risques afin de garantir un niveau de sécurité visé. La réglementation préconise l'utilisation de la méthodologie *Specific Operation Risk Assessment* [17] (SORA) ou *évaluation des risques des opérations en catégorie spécifique*, pour mener cette analyse. La méthodologie SORA comporte 10 étapes, dont l'évaluation du risque au sol, du risque aérien et des zones adjacentes, la détermination des niveaux d'assurance et d'intégrité requis pour les moyens de mitigation proposés, ainsi que des objectifs de sécurité opérationnelle. L'obtention de l'autorisation d'exploitation spécifique consiste pour un exploitant à soumettre un dossier au régulateur incluant une évaluation des risques opérationnels, ainsi que d'autres documents comme les formulaires administratifs, des autorisations provenant de la préfecture, ou encore un protocole d'accord avec la tour de contrôle d'un aéroport. Durant l'instruction de ce dossier, des révisions successives peuvent être effectuées suivant les demandes de précisions réclamées par le régulateur.

4.2 Établir un concept d'opération

L'établissement d'un concept d'opérations est un processus itératif impliquant généralement le client et qui se compose de plusieurs activités. AS4 indique que *"Le concept d'opérations est le plus important, il faut bien définir ce qu'on va faire, à quel endroit"*. Il est également important que le document soit clair comme expliqué par AS1 : *"[il faut] définir des concepts d'opérations qui soient suffisamment clairs et compréhensibles par des néophytes"*. Chaque concept d'opération pose des problèmes différents et conduit à des solutions différentes. Pourtant, nous avons observé des phases communes à la plupart des missions étudiées, et nous les décrivons ci-dessous.

4.2.1 Aligner les besoins du client et la faisabilité de la mission.

Tous les exploitants interviewés communiquent avec leurs clients afin d'identifier leurs besoins, à l'exception d'OP7 et d'OP10 qui bénéficient eux-mêmes des missions de drone qu'ils réalisent. Pour OP1, OP5, OP6, OP9 et AS4, il s'agit d'un client interne à leur organisation, alors qu'il peut s'agir d'un client externe pour les autres. AS1 utilise une approche holistique avec le client afin de récupérer tous les éléments nécessaires pour l'évaluation des risques opérationnels. Cette approche consiste à recueillir toutes les informations nécessaires dans un fichier conçu par l'accompagnateur, afin de caractériser au maximum la mission. Ces informations sont utiles non seulement en termes de sécurité, mais aussi du point de vue commercial puisque les connaître permet d'éviter de contacter à nouveau le client pour des précisions en cas de manque ou d'oubli, et de perdre le temps associé : *"Ça m'évite de faire des allers retours avec le client"* [AS1].

Pour recueillir les besoins du client, les participants ont indiqué démarrer avec un échange par téléphone, par vidéo conférence ou lors d'un rendez-vous physique. Le travail synchrone entre le client et l'exploitant avec des échanges immédiats permet d'obtenir rapidement une esquisse du concept d'opérations.

Plusieurs opérateurs ont remarqué que les clients "voient grand" et souhaitent faire de nombreuses choses avec les drones. Cependant la réglementation, souvent méconnue des clients, impose des limitations par mesure de sécurité. Ces mesures, dans les cas présentant peu de risques, sont normalement bien maîtrisées par les opérateurs et les télépilotes qui disposent de formations théoriques spécifiques. Pour les missions présentant plus de risques, les évolutions de la réglementation et sa complexité posent quelques difficultés aux opérateurs. Par exemple, les missions en longue élévation pour lesquelles le drone vole à plus de deux kilomètres du télépilote soulèvent actuellement des problèmes, alors qu'un dispositif existait dans la réglementation avant 2021. OP8 doit donc négocier avec le client : *"Par exemple, ce ne sera pas quatre kilomètres mais deux kilomètres"*. Il apparaît ainsi important de pouvoir **aligner les besoins du client avec 1) la faisabilité technique, c'est-à-dire ce que le drone est capable de faire, et 2) la faisabilité du point de vue réglementaire.**

Recommandation 1: Permettre d'établir le concept d'opération (but de la mission, faisabilité technique et réglementaire) en présence du client et de façon synchrone.

Des difficultés de communication existent potentiellement entre le client et l'exploitant. D'après Ellis et al. [16], la communication en face à face est la plus efficace, dans un contexte de travail collaboratif. Entre autres, elle permet de négocier, de partager et d'obtenir les informations sans délai entre le client et l'exploitant.

4.2.2 *Explorer et affiner les paramètres opérationnels.* En décrivant leurs missions, les exploitants ont mentionné les points clés de celles-ci, notamment les caractéristiques de la zone où elle s'est exécutée, au sol et en l'air, ainsi que l'objet de la mission et les difficultés qui en découlent. Tous les interviewés ont mis en avant l'impact des conditions météorologiques, qui peuvent arrêter ou décaler une mission, sauf lorsque les vols ont lieu à l'intérieur d'un bâtiment (AS4). Ces propriétés de missions sont appelées Paramètres Opérationnels (PO). D'après nos entretiens, il apparaît qu'une **mission peut se décrire par rapport à ses paramètres opérationnels**. Nous pouvons les classer des paramètres les moins contrôlés par l'exploitant à ceux sur lesquels il peut agir.

Tout d'abord, certains paramètres liés à l'environnement du système de drone sont indépendants de la mission. Il s'agit des conditions météorologiques (ex: visibilité, vent, température et vent solaire), de l'environnement géographique (ex: densité de population, relief, routes, obstacles et constructions/activités humaines) ou encore de la portion d'espace aérien (ex: type d'espace aérien, zones de drones, zones militaires). Ensuite certains paramètres sont fixes pour un système de drone donné. Il est question des performances du système, notamment de sa classe, de son niveau d'automatisation, de la portée de la liaison de communication, de la vitesse maximale, de la masse maximale au décollage ou encore du rayon d'action du drone. Enfin certains paramètres sont dépendants de la mission et doivent être ajustés par l'exploitant. Ces paramètres sont l'exploitation de la charge utile, les trajectoires prévues, l'heure du vol, la vitesse d'évolution, la hauteur d'évolution, les zones de décollage et d'atterrissage, le niveau d'énergie, l'attitude du drone, les mitigations pour la sécurité (réglementations utilisées, moyens de mitigation mis en place) ou encore le descriptif des personnes

impliquées dans le vol ainsi que leurs rôles et leurs formations. Ainsi, de très nombreux paramètres doivent être considérés par l'exploitant.

Pour les opérateurs, le but est d'identifier les valeurs des paramètres opérationnels importants pour la mission et de négocier pour trouver un accord avec le client le cas échéant. Cette négociation implique de pouvoir évaluer rapidement les possibilités par rapport à la réglementation ainsi que le risque opérationnel, et de parvenir à proposer des alternatives si nécessaire. À ce propos, OP8 explique: "Il y a deux interfaces en fait, une avec le client et l'autre avec le régulateur et nous on est au milieu. On recueille les exigences du client et on essaie de faire une première barrière, avant d'envoyer n'importe quelle demande au régulateur. Pour garder notre crédibilité, on les force à revoir à la baisse leur souhait. On leur dit qu'on ne soumet même pas cette demande parce que sinon on risque de se faire jeter".

Ce travail peut s'effectuer au même moment que le recueil de besoins avec le client, et avec les mêmes outils, mais l'exploitant peut aussi s'en charger seul plus tard. L'enjeu pour les opérateurs est de **délimiter le périmètre de la mission, de le décrire suffisamment pour éviter les allers-retours et les oublis, et d'être prêt à le revoir à la baisse en cas de négociation due aux aspects concernant la sécurité.**

Recommandation 2: Utiliser systématiquement les paramètres opérationnels pour décrire une mission.

La liste que nous proposons contient les paramètres qui ont été évoqués durant les entretiens. Ils permettent de standardiser les propriétés afin de pouvoir effectuer un traitement informatique. Les paramètres les plus récurrents sont: l'éloignement avec le pilote de sécurité qui détermine la nature du vol (en vue, hors-vue), l'objectif du vol qui déterminera les trajectoires, la hauteur d'évolution de l'aéronef et les obstacles qui servent aussi à calculer les marges de sécurité, la vitesse du vol, les heures et le lieu du vol qui servent à connaître si l'environnement est peuplé ou non. Il est cependant impossible de lister tous les paramètres possibles d'une mission de drone dans cet article car chaque mission est spécifique, et particulièrement dans les cas étudiés. D'après AS3, "Aucune mission ne ressemble à une autre". Ainsi, ce sera à l'exploitant d'identifier les paramètres opérationnels qui seront le plus utiles et pertinents pour sa mission, quitte à en rajouter si nécessaire.

4.2.3 Prendre connaissance des démarches à effectuer. Les paramètres opérationnels permettent à l'exploitant d'identifier les démarches à réaliser. Une fois définis, il les compare avec ce que permet la réglementation grâce à son expertise. AS1 indique utiliser des outils en ligne pour obtenir les démarches à effectuer pour voler à un endroit précis, en le précisant sur une carte. Toutefois, bien que AS2 ait déjà essayé ce type d'outil, il a arrêté de s'en servir à cause de problèmes d'interactions humain-machine: "Je ne le trouve pas ergonomique du tout, il me fait perdre du temps". Enfin, OP7 a quant à lui été aidé par une société de services pour cette activité.

La réglementation détermine les cas où une demande d'autorisation d'exploitation en catégorie spécifique est nécessaire [35]. Celle-ci doit inclure une étude de sécurité. Avant de faire cette demande d'autorisation d'exploitation, qui est considérée comme

une étape chronophage et difficile par tous les participants à nos entretiens, les opérateurs ont d'autres options. D'après OP2, "le régulateur recommande de vérifier au mieux s'il y a d'autres moyens de soumettre nos demandes par une déclaration simple via les scénarios nationaux ou par un *Predefined Risk Assessment (PDRA)*³ avant de faire une demande d'autorisation d'exploitation en catégorie spécifique". Pour AS2, il y a parfois des problèmes dus à des erreurs d'interprétations: "Il y en a qui croient qu'ils sont en OPEN alors que ce qu'ils font c'est du SPECIFIC, mais ils ne le savent pas car ils interprètent mal la réglementation".

La tâche des opérateurs consiste à **décider du type de démarche qui correspond à la mission envisagée au vu du concept d'opérations.** L'expertise de l'exploitant est alors mise à contribution, ainsi que des outils tels que les services en ligne qui informent des démarches à effectuer par rapport à **une zone de mission définie sur une carte.** Parmi ces services, nous pouvons citer Clearance [10], Fly By [15], ou encore Drone Keeper [21].

Un problème majeur pour les opérateurs est de savoir identifier la situation par rapport au cadre réglementaire afin de connaître les démarches à effectuer par la suite. Il est souvent nécessaire de posséder une expertise pour maîtriser toutes les situations. De plus, cette réglementation est composée de la loi européenne et des lois nationales, qui peuvent être amendées ou évoluer.

Recommandation 3: À partir des paramètres d'une mission, permettre l'identification des éléments de la réglementation concernant l'opération.

En effet, certains opérateurs (OP3, OP5, OP8, AS2, AS1, AS4) sont convaincus qu'une approche davantage exploratoire peut les aider à trouver le bon équilibre entre le niveau de sécurité et le travail nécessaire en termes de démarches. "Un objet graphique qui permet de garder à vue tous les paramètres que l'on va légèrement modifier et voir l'impact que ça a concrètement sur le calcul de mon risque aérien ou sur le calcul de mon risque sol de façon à ce que je vois le niveau de risque évoluer en disant: 'En fait, il suffisait que je baisse mon altitude de cinq mètres pour que je passe à un niveau 2 et en fait j'avais pas besoin de modifier tous les autres paramètres.'" [AS2]. Cette activité peut aussi se faire de façon synchrone avec le client. En effet, dans le cas des accompagnateurs (AS1, AS2, AS3, AS4, OP10), c'est le client, lui-même opérateur de drone, qui ira soumettre une demande d'autorisation d'exploitation. Il devra donc maîtriser les paramètres opérationnels de la mission.

4.3 Évaluer et maîtriser les risques opérationnels

Depuis 2021, toutes les études de sécurité des demandes d'autorisation d'exploitation appliquent la méthodologie SORA car c'est un moyen de conformité déjà accepté (*Accepted Means of Compliance*) à la nouvelle réglementation européenne sur les drones [18]. Tous les exploitants interviewés en 2020 (OP1, OP2, OP3, OP4) se préparaient à l'utiliser sauf OP4 qui n'en avait pas encore entendu parler. Les opérateurs et les accompagnateurs interviewés courant 2021 l'utilisent tous sauf OP7 qui s'est fait aidé par un accompagnateur.

³ étude de risque prédéfinie: résultat d'études de sécurité faites en amont pour lesquelles il s'agit de vérifier si toutes les conditions sont respectées.

4.3.1 Un processus long, difficile et complexe. En se basant sur les paramètres opérationnels et en déroulant les dix étapes de la méthodologie SORA [17], les exploitants rédigent le document qui contient les étapes, les conclusions et les justifications de leur étude de sécurité. Ces étapes sont les suivantes: écrire un concept d'opérations, évaluer le risque sol et trouver des moyens pour en limiter les impacts, évaluer le risque air et trouver des moyens pour en limiter les impacts à l'aide de mesures d'atténuation stratégique et tactique, déterminer le niveau d'assurance et d'intégrité final qui correspond au niveau de risques de l'opération, déterminer les objectifs de sécurité opérationnelle qui en découlent, et enfin, étudier les zones adjacentes de l'espace aérien. De plus, il faut apporter les justifications nécessaires à chacune des étapes.

Les exploitants sont tous d'accord que la SORA est chronophage. AS1 indique avoir travaillé sur une SORA pendant près d'une année, pour une mission d'inspection sur un site nucléaire; cependant *"le temps moyen pour faire une SORA varie entre 100 et 150 heures de travail"*. Avec l'expérience, la méthodologie se déroule plus rapidement et des stratégies d'accélération se mettent en place. En effet, OP6 dit maintenant le faire en une durée variant entre deux jours et deux semaines. D'après OP5: *"Quelque chose de finalisé, c'est plutôt une semaine"*. L'un de leurs points communs est une expérience de plus de 20 ans dans l'exploitation d'hélicoptères. Pour les exploitants avec une expérience/expertise dans l'aviation avec pilotes à bords (OP1, OP2, OP3, OP5, OP6, OP8, OP9, AS1, AS3, AS4), le processus est plus facilement abordable (excepté pour AS4). Nous avons également observé une barrière de la langue car certains documents européens sont disponible en anglais dans un premier temps comme expliqué par AS2. Il faut ensuite attendre les traductions officielles du régulateur. Le seul exploitant qui indique faire des SORA en anglais est OP10.

Les exploitants disent que la SORA met en oeuvre plusieurs documents. Le dossier contenant le produit de l'étude SORA contient des liens vers d'autres documents, comme le document technique du système, le concept d'opérations et le manuel d'exploitation (AS2, OP8, OP10, OP9). Il peut comporter plusieurs dizaines de pages. Il faut aussi tenir cette documentation à jour. Les exploitants sont d'accord sur le fait que la SORA est complexe, car il y a de nombreuses étapes et qu'il manque des informations pour compléter ces étapes. Par exemple sur la densité de la population, OP8 dit que *"La définition de Sparsely populated n'est donnée nulle part, (...) il y a un vide législatif"*. Ce qui est confirmé par AS2: *"D'où sort-on les chiffres pour décider (de la densité de population)? Qui fournit les chiffres à prendre en compte ?"*. Les exploitants sont aussi d'accord qu'une SORA, par définition est spécifique à une opération particulière et comporte de nombreux paramètres à gérer. D'après OP9, *"Moi, ce que je n'aime pas dans la SORA: c'est très factuel mais on peut y répondre de vingt-cinq façons différentes. Il n'y a pas de solution, pas de chiffres et il faut surtout expliquer pourquoi votre solution répond au problème"*. Justifier pourquoi la proposition est adéquate est l'un des défis de la méthodologie SORA. *"SORA c'est un outil qui a pour but d'évaluer le niveau de sécurité de l'opération, et donc il faut être capable de le justifier à soi-même et ensuite être capable de le justifier à l'autorité. C'est deux choses différentes"* [OP3]. L'exhaustivité est impossible car il peut exister différentes stratégies pour un même risque. Cela dépend des choix de l'opérateur et certains petits détails peuvent tout changer au résultat. D'après OP6, *"Il est facile qu'une*

mission devienne inutilement compliquée suite à un changement de paramètres".

Recommandation 4: Permettre l'exploration des paramètres opérationnels et estimer leurs impacts sur la sécurité de la mission.

4.3.2 Des données disponibles mais peu fiables. Les exploitants récupèrent et exploitent des cartographies disponibles en version papier et sur internet via différents services publics et privés. Ces cartographies concernent principalement la densité de population, les vues satellites du lieu de la mission, le relief, les informations aéronautiques comme les classes d'espace aérien, la proximité et les limites des aéroports. Des informations supplémentaires peuvent être chargées sur la carte, selon la mission, comme les infrastructures à inspecter pour OP5, les zones à surveiller pour AS3 ou les espaces aériens pour AS2. AS4 et OP5 utilisent des données fournies par le client. OP3 indique se référer aux images satellites pour son étude sans faire le déplacement si le site est très éloigné, alors que AS3 insiste sur l'obligation de faire une visite du lieu, dont il peut se servir pour négocier avec le régulateur. D'après AS1, l'utilisation d'un outil centralisant les données nécessaires serait utile car: *"déjà avoir toutes les informations c'est un tiers du boulot, on gagnerait un temps considérable"*. AS4 ne connaît pas les outils privés en ligne qui fournissent les services de cartographie mais fait tout le travail depuis le début, alors que la plupart des autres interviewés les ont utilisés au moins une fois pour essayer. OP5 et AS2 émettent une réserve par rapport aux données disponibles en ligne, en ce qui concerne leur fiabilité: sont-elles à jour? Sont-elles complètes? Sont-elles correctes? En effet, ces données et outils disponibles en ligne pour ces cartographies ne sont pas reconnues officiellement et leurs éditeurs se dégagent de la responsabilité de l'usage des services. Seuls les services proposés par un organisme de l'État sont considérés comme fiables par le régulateur et les exploitants. Un enjeu important est l'**accès aux données pertinentes et fiables** pour effectuer l'évaluation des risques opérationnels.

Recommandation 5: Constituer des sources de données et des services fiables du point de vue du régulateur, et aisément exploitables par les usagers, ou reconnaître comme tels des sources de données ou services existants.

Comme expliqué par OP5: *"Ce qui est hyper important, c'est que à terme, que l'autorité valide ou reconnaisse certains outils comme étant des outils utilisables. Et qu'il y ait un tampon (du régulateur) ou un label (du régulateur) et que si on utilise ces outils-là, hé ben voilà, on parle le même langage, on sait que les bornes sont bien définies dans l'outil par l'autorité et voilà. Parce que si à chaque fois qu'on utilise un outil différent il faut aller représenter à l'autorité, ré-expliquer, redéfinir les seuils ensemble, ça c'est compliqué"*.

Le régulateur doit pouvoir lister et/ou fournir des sources de données fiables et aux formats directement exploitables ou des outils considérés comme fiables. En contrepartie, les exploitants devront s'appuyer sur les sources et/ou des outils validés par le régulateur pour résoudre le problème de fiabilité des données.

AS1 et AS2 indiquent aussi se servir d'autres outils en ligne, qui guident pour avoir une approximation rapide des risques avant de les traiter eux-mêmes en détail. Certains opérateurs (OP3, OP1,

OP9, OP8, OP6) utilisent des outils faits-maison pour les assister dans cette évaluation du risque opérationnel : pour automatiser les calculs, pour évaluer les zones de retombée au sol, les lignes de vue et les profils altimétriques. AS2 utilise un outil en ligne [23] pour les grandes lignes et pour valider son calcul de niveau de risque rapidement mais s'oblige à le refaire en détails dans une deuxième phase.

Les tâches consistent à accéder et rassembler toutes les informations précises et spécifiques concernant les paramètres opérationnels et à répondre aux points de la SORA. Les outils utilisés sont des systèmes d'informations géographiques, des outils bureautiques, parfois des outils développés en interne, les annexes de la méthodologie SORA [17], des logiciels de traitement de texte et des tableurs pour automatiser les calculs ainsi qu'un outil en ligne pour effectuer des SORA: Samwise [23] pour AS2.

Les exploitants sont unanimes sur le fait que l'**utilisation des cartes est indispensable** durant l'évaluation du risque opérationnel. Elles peuvent servir à déterminer les conséquences d'une opération à un certain endroit et cette pratique est largement répandue chez les exploitants.

D'autre part, des outils existent mais ils sont séparés de l'analyse faite sur la carte et dans ce cas des allers-retours entre les outils doivent être faits. Les cartes utilisées actuellement ne sont pas vraiment interactives, dans le sens où les données sont statiques et ne sont pas aisément manipulables par l'utilisateur sauf pour l'importation/exportation/visibilité des couches, la création de polygones ou d'autres formes. Le travail se fait souvent seul comme le décrivent les exploitants, alors que certaines entités peuvent disposer de plusieurs personnes pouvant le faire.

Recommandation 6: Permettre la représentation et la manipulation des paramètres opérationnels sur des cartes.

Les représentations cartographiques sont largement utilisées par les exploitants lors de toutes les phases d'une mission mais reste sous-utilisées lors de l'analyse de sécurité [29]. En ayant décrit et quantifié les paramètres opérationnels, il s'agit de les représenter et, si possible, de calculer leur influence sur la sécurité. Un exemple est celui donné par [36], où l'effet des conditions météorologiques sur la trajectoire prévue est étudiée. Un autre aspect concerne la possibilité d'utiliser des cartes diverses. En effet, les types de mission étant variés, les données utilisées peuvent être spécifiques à chacune d'entre elles. Par exemple, pour un site industriel, le plan des infrastructures devrait être affiché alors que pour une surveillance de pipelines l'ajout des éléments du réseaux sera pertinent.

4.3.3 Différentes stratégies d'accélération. Quelques exploitants ont trouvé des stratégies pour accélérer l'évaluation des risques opérationnels. OP8 utilise un concept d'opération générique sans précision de lieux exacts mais en gardant les caractéristiques importantes du point de vue opérationnel. La réalisation de la SORA consistera à vérifier les écarts de cette étude de sécurité pré-réalisée avec la situation réelle. **Pouvoir réutiliser des éléments d'études réalisées précédemment** est le même principe que celui des PDRA. Il s'agit de la vision de l'outil rêvé de OP2: *"Une SORA pré-rédigée un peu comme une PDRA, plus simple et rapide à remplir et à envoyer au régulateur"*. Pour OP8, AS1 et OP9, certains calculs sont automatisés dans un tableur. AS1 et OP10 réutilisent

la même structure de document, en ayant standardisé le processus depuis le recueil de besoins dans des outils bureautiques avec des macros intégrées. La génération du document contenant la SORA en est facilitée. L'**automatisation de certaines tâches** peut aider à accélérer l'activité.

Recommandation 7: Exploiter les concepts de chaînes éditoriales: permettre la gestion de versions, automatiser l'inclusion d'éléments, la mise à jour des liens et la génération des documents requis.

Pouvoir **reconnaître les différentes versions** d'un dossier est important pour le régulateur afin de constater si les précisions demandées ont bien été faites. Pour RG2, il s'agit d' *"éviter les quiproquos. 'Votre zone tampon, la dernière fois qu'on s'était vu, on s'était dit qu'elle était pas bonne, j'ai pas l'impression qu'elle ait bougé' "*. D'autre part, les opérateurs automatisent déjà les tâches avec leurs moyens. Un système intégrant cette automatisation dès sa conception serait plus facile à utiliser.

L'évaluation du risque commence globalement par le sol pour aller vers l'espace aérien pour tous les opérateurs, mais peut aussi aller de l'espace aérien vers le sol pour AS3. Il indique commencer par ce qui lui semble difficile. *"L'expérience joue. C'est le côté visuel, au feeling. (...) Effectivement, si l'environnement aéro est complexe et qu'on se rend compte en un seul coup d'oeil qu'au niveau territorial on va être en urbain ou qu'on va être en zone agricole, on finira par l'aspect au sol"* [AS3].

Il apparaît également important de **laisser le choix de l'ordre de réalisation des étapes de l'évaluation des risques**. En effet, l'analyse de risque et la recherche de solutions pour les limiter est un processus créatif comme souligné par RG2 : *"Oui. (...) il faut être aussi créatifs que les gens d'en face"*. En tant que tel, forcer un engagement précoce peut être préjudiciable pour la qualité des solutions [32].

4.4 Obtenir une autorisation d'exploitation : un processus collaboratif

Le dossier de demande d'autorisation d'exploitation doit être transmis au régulateur mais il contient différentes pièces dont des autorisations d'autres tiers, comme les préfetures et les gestionnaires d'aéroports.

4.4.1 De multiples acteurs et des délais multiples. Selon les caractéristiques au sol ou dans les airs, d'autres documents peuvent être requis dans le dossier. Des exemples sont les arrêtés préfectoraux à demander auprès des préfetures afin survoler des zones peuplées ou celui des vols dans les zones contrôlées des aéroports qui nécessitent un protocole d'accord avec le gestionnaire de site, ou les militaires pour certaines zones. D'après OP8, *"Les militaires opèrent en même temps que nous, donc là il y a un protocole d'accord dans lequel on se partage l'espace"*.

Ces autorisations et ces protocoles à demander ont tous des délais de préavis et des délais de traitement qu'il faut gérer. Ne pas les fournir peut retarder voire faire annuler une opération. L'exploitant doit les avoir avant d'obtenir son autorisation d'exploitation spécifique. *"C'est toujours au moment où le régulateur vous demande le papier que vous vous rendez compte que vous ne l'avez pas"* [AS2].

Les tâches consistent à communiquer avec chacune des autres parties intéressées pour l'informer mais aussi obtenir son autorisation d'effectuer l'opération quand cela est requis. Les outils utilisés sont le courrier électronique, le téléphone et des services en ligne comme Alpha Tango [12], Drone Keeper [21], Clearance [10] et U-Space Keeper [22].

Recommandation 8: Permettre d'identifier tôt les tiers concernés, les protocoles et les délais pour les autorisations requises.

En effet, selon les zones et les risques présentés, il faut obtenir l'accord de différentes parties prenantes comme les propriétaires terriens, les contrôleurs aériens ou la préfecture. Pourtant, obtenir les informations sur les points de contact, les éléments à fournir et les délais reste pour plusieurs opérateurs rencontrés un challenge important qui impacte leur capacités à réaliser les démarches avant la mission.

4.4.2 Communiquer et négocier avec le régulateur. Les dossiers doivent être remis au régulateur trois mois avant la date prévue de l'opération. Les dossiers **doivent être transmis par courriel** au régulateur, par l'opérateur ou par le client dans le cas des accompagnateurs SORA. Les exploitants (AS2, OP9, OP10, AS4, AS3) disent qu'ils n'ont pas d'information sur le statut de leur demande, jusqu'au retour par email fait par le régulateur. Certains opérateurs, nous ont expliqué contacter le régulateur par téléphone pour vérifier si le dossier est valable avant l'envoi (OP9), les informer qu'une soumission a été faite (OP9, AS2), évaluer les modifications nécessaires (AS2) après l'envoi et s'informer du statut de la soumission (OP10, AS4). Les opérateurs nous ont expliqué chercher à savoir l'état d'avancement de leur demande, surtout si la date limite se rapproche.

AS2 indique appeler pour faire un *pitch oral* de la mission, toujours dans l'optique de cette communication mais aussi pour avoir déjà un premier retour rapide. Le travail est facilité quand le régulateur et l'exploitant ont déjà travaillé ensemble par le passé. *"Le régulateur était très prudent au début. (...) un certain assouplissement depuis la SORA, avec un dossier bien fait"* [AS3].

Tous les opérateurs nous ont indiqué un problème dû à la limite de taille de messages que le courriel du régulateur peut recevoir, au vu du nombre et de la taille des pièces jointes constituant le dossier complet. D'après OP9: *"Vu le nombre de documents, il est impossible que ça tienne dans 3 Mo"*. Ainsi, l'usage des services de transfert de fichiers ainsi que des services de stockage et partage de fichiers est plébiscité par les opérateurs (OP8, OP10, OP9, AS3). Certains ont même des solutions d'hébergement propre pour laisser les documents disponibles sur de grandes périodes au régulateur (OP8, AS4).

À la réception, les équipes du régulateur font une pré-analyse du dossier. Cela leur permet de vérifier si toutes les étapes de la SORA sont présentes, ainsi que les points clés comme la densité de population, le risque air et le calcul de la dimension des zones tampons. Ils font ensuite un premier retour au soumissionnaire, avant de passer aux détails comme expliqué par RG2: *"l'idée c'est de voir déjà dans un premier temps et en général, c'est sous une à deux semaines, de voir si il y a vraiment des points qui sont rédhibitoires. Si il n'y a rien qui nous saute à la figure, on répond à l'exploitant que l'on va continuer à instruire le dossier puis on va commencer à*

regarder les détails". Pour les cas problématiques, l'objectif est de réduire la charge de travail pour les deux côtés comme expliqué par RG2: *"On fait travailler beaucoup de gens à la fois chez nous et chez eux, pour rien. Si on sait que l'opération elle n'est pas faisable à la fin, il faut qu'on se rende compte assez vite quand même"*.

Dans la plupart des cas, des précisions sont nécessaires et le régulateur les demande à l'exploitant par courriel. L'exploitant y répond en fournissant les informations requises jusqu'à ce que les deux parties soient satisfaites par le niveau de sécurité exigé et ses justifications. Seul OP8 a indiqué avoir réussi à obtenir une seule fois une autorisation d'exploitation spécifique sans demande de précisions par le régulateur. Ces itérations pour demander des précisions se font jusqu'à ce que le régulateur soit satisfait des mesures prises pour assurer la sécurité de l'opération. D'après AS2, il a fallu *"trois mois pendant lesquels on va avoir des échanges avec le régulateur pour finaliser le dossier"*. OP10 a déjà dû annuler un vol à cause d'une autorisation qui n'avait pas été délivrée dans les temps, un report n'ayant pas été possible dans son cas.

Pour le régulateur, les tâches consistent à récupérer le dossier de demande d'autorisation d'exploitation spécifique complet, vérifier et valider toutes ses pièces constitutives, communiquer avec l'exploitant dans le cas d'une précision à apporter et notifier l'exploitant que son exploitation spécifique de drone est autorisée. Les outils utilisés sont les outils bureautiques, un système d'information géographique, le courrier électronique et certains des outils en ligne pour déterminer le risque air. Toutefois, il est **conscient qu'il n'existe pas d'outil intégré**. *"En fait, on jongle en fonction des outils"* [RG2].

Pour l'exploitant, les tâches consistent à faire parvenir le dossier de demande d'autorisation d'exploitation au régulateur, connaître le statut du dossier, répondre aux demandes de précision du régulateur et justifier les réponses. Les outils utilisés sont le courrier électronique principalement, les services de partage et de transfert de fichiers ainsi que le téléphone.

Recommandation 9: Permettre la connaissance du statut actuel du dossier entre toutes les parties prenantes.

En effet, la visibilité du statut du document préoccupe tous les opérateurs, et seuls ceux plus habitués à traiter avec le régulateur osent téléphoner pour s'en enquérir (OP10, OP9, AS3). Fournir des informations telles qu'un accusé de réception, un numéro dans la file d'attente, le statut actuel de la demande permettrait aux opérateurs de mieux estimer les progrès de leurs demandes.

4.4.3 Différentes stratégies d'accélération. De nombreux autres documents et formulaires à remplir accompagnent le document SORA [27]. Les exploitants s'accordent sur le constat qu'une partie des documents du dossier de demande d'autorisation d'exploitation spécifique change peu dans le temps comme le manuel d'exploitation, le document technique des systèmes et que d'autres sont spécifiques à chaque demande, comme l'étude SORA, le plan d'urgence ou les autorisations à demander à la préfecture ou aux gestionnaires de sites. D'après AS3, *"Tout ce qui ne bouge pas, on l'a mis en annexe"*. OP10 travaille sur les outils en ligne de Google pour automatiser les mises à jour entre les documents.

Pour accélérer le traitement, OP10 et OP8 **réutilisent des documents déjà acceptés et indiquent les différences au régulateur**. "*Quand on leur envoie le dossier, on décrit l'écart par rapport à l'opération précédente*" [OP10].

Pour accélérer le traitement, le régulateur propose d'harmoniser les présentations des SORA: "*si toutes les SORA avaient les mêmes têtes, ça irait déjà beaucoup plus vite*".

Recommandation 10: Harmoniser la représentation des données et la présentation des documents entre toutes les demandes d'autorisation.

5 DISCUSSION

Nous avons interviewé une grande variété d'exploitants, faisant des missions diverses comme l'acquisition de données, la livraison par drones ou faisant voler des essaims de centaines de drones. Nous pensons avoir bien couvert les activités de drone actuelles de part la diversité de nos participants et leur nombre (quatorze alors que Guest et al. [20] indiquent douze participants pour atteindre la saturation). Ces exploitants sont aussi de taille variée, allant de l'auto-entrepreneur aux multinationales. Nous avons essayé d'obtenir des données pour diverses facettes du processus: constructeur, opérateur, accompagnateur d'études de sécurité. Par rapport à [26], nous faisons le même constat sur l'importance de la sécurité et le découpage des missions. Cependant, là où ils creusent le domaine de l'interaction humain-drone, nous nous positionnons sur le soutien à la sécurité et à l'aspect collectif lors de la planification d'une mission. De plus, nos données indiquent une vraie disparité entre le temps de planification et le temps de vol.

Sur l'aspect collectif, le processus de préparation de mission de drone participe des trois aspects de communication, coordination et production [14]. L'objectif du processus de préparation de mission drone est d'établir et garantir un niveau suffisant de sécurité de la mission. Il passe par la *production* d'un dossier dont le contenu doit donner confiance au régulateur quant au respect des procédures. Même si la constitution de ce dossier est à la charge de l'opérateur, sa production est partagée avec le client, et même avec le régulateur quand l'opérateur s'entend avec le régulateur sur certains points du dossier. Cela suggère que le processus prescrit de production du dossier par l'opérateur uniquement n'est pas le processus réel, et que les acteurs ont besoin de passer par des activités de conception communes afin d'établir de façon efficace les meilleures dispositions à prendre pour la mission. Aussi, il nous semble que le support à cette activité de production partagée est important pour l'efficacité et la qualité du résultat, et doit faire l'objet de travaux futurs. Par ailleurs, il existe une tension entre les objectifs opérationnels du client, et les objectifs du régulateur. La qualité du résultat mentionnée plus haut doit se mesurer à l'aune de ces objectifs. Il reste à mener des travaux pour caractériser le niveau de qualité du résultat, afin d'évaluer à quel point de nouveaux services interactifs que nous ou d'autres chercheurs pourrions proposer offrent un support pour l'atteindre. La constitution du dossier nécessite de la *coordination* entre les acteurs, et nous avons observé qu'elle était peu soutenue par les outils actuels, notamment sur l'état d'avancement des analyses du régulateur. Il semble donc nécessaire de proposer des outils offrant un tel support, ce qui permettrait à tous les acteurs de mieux s'organiser, et d'avoir une conscience partagée du niveau

d'acceptation d'une mission. Le peu de support à la coordination engendre un niveau de *communication* qui paraît trop chronophage. La communication est importante dans certaines phases, et se situe à plusieurs temporalités. Les opérateurs la souhaitent plus synchrone avec le client pour éviter les allers-retours avec le régulateur. Et s'ils l'aimeraient plus importante avec le régulateur pour connaître l'état du dossier, il est possible que des outils de coordination adéquats puissent pallier ce manque.

Nous espérons que les contributions de cet article serviront à la fois les concepteurs de systèmes ainsi que les chercheurs en interaction humain-machine. D'une part, le modèle de la partie planification de mission identifie les tâches à réaliser. Cela permet de les outiller et peut guider la création de nouvelles interactions. Ensuite, notre modèle permet de classer un outil utilisé dans une mission 1) par rapport à l'étape et 2) s'il soutient la réflexion ou accélère le traitement ou s'il relève de la partie collectif. D'autre part, les paramètres opérationnels permettent de caractériser une mission de drones. Ils ouvrent des perspectives de recherche sur comment les rendre visibles et manipulables par les utilisateurs afin de décrire leur mission ou évaluer la sécurité. Combinés avec le modèle, ils permettent aussi de décrire des missions. La partie collectif permet de comprendre les différentes relations entre les parties intéressées. Les améliorations qui peuvent y être apportées sont aussi une perspective de recherche pour l'IHM et le Computer Supported Collaborative Work (CSCW) en particulier. Si la partie de l'exécution du vol est déjà bien couverte par la littérature, la partie après-vol reste peu traitée et aussi sous-estimée par les exploitants alors que les activités qui s'y font sont aussi importantes pour la sécurité. Il s'agit en effet d'une opportunité de récolter des retours d'expérience afin d'améliorer la sécurité, principe important de la démarche d'amélioration continue en matière de sécurité aérienne [30]. Finalement, les recommandations proposées ici, consolidées par certains opérateurs et les régulateurs, peuvent déjà aider les concepteurs de systèmes. Elles constituent un apport théorique qui devra être validé par leur mise en oeuvre sur le terrain, au sein de prototypes interactifs mais aussi par des données objectives (ex: mesures de performance) et subjectives (ex: questionnaires aux opérateurs).

La première limite de notre étude est la localisation des participants, qui opèrent tous en France. Certains des exploitants ont préparé des dossiers pour d'autres pays ou travaillent avec des clients internationaux. Une deuxième limite est le fait qu'il existe d'autres outils disponibles en ligne pour aider à la préparation des vols mais ils n'ont pas été cités durant les entretiens. Ils sont donc inconnus par les exploitants ciblés, ou bien ils ne répondent pas à leurs besoins. Nous pensons que ces outils sont utilisés pour les missions ne nécessitant pas d'autorisations. Une autre limite est le fait de ne pas avoir pu enregistrer et retranscrire tous les entretiens souvent à cause d'une clause de confidentialité signée par quelques exploitants. Les problèmes de confidentialité les ont en outre empêchés de donner des détails précis sur certaines missions.

6 CONCLUSION

Nous avons mené des entretiens avec quatorze exploitants de drones sur leur processus de planification d'une mission nécessitant une

demande d'autorisation d'exploitation spécifique ainsi que les autorités chargées d'accorder ladite autorisation. Nous avons trouvé que la phase de planification pour une telle mission était très importante en termes de nombre de tâches à effectuer et de temps investi, par rapport à la phase du vol proprement dit. Afin de pouvoir l'instrumenter dans nos futures recherches, nous proposons un modèle de cette phase de planification en 3 activités principales. D'abord, l'établissement d'un concept d'opérations, puis l'évaluation des risques opérationnels et enfin l'obtention d'une autorisation d'exploitation spécifique. Ces activités consistent en la manipulation et l'évaluation des paramètres opérationnels de la mission, ainsi que de la collaboration entre plusieurs acteurs dont les principaux sont l'opérateur et le régulateur. Les résultats de notre étude nous ont également permis de formuler dix recommandations pour guider les concepteurs de systèmes capables de soutenir la planification de ce type de missions de drones.

Nos travaux futurs se concentreront sur la mise en oeuvre de ces recommandations au sein de prototypes interactifs et leur validation via des études de terrains avec des opérateurs de drones, la plupart de nos participants ayant déjà exprimé leur intérêt.

ACKNOWLEDGEMENTS

Nous remercions chaleureusement les participants de notre étude pour leur temps et le partage d'idées sur leur travail. Ce travail a été partiellement financé par Agence de l'Innovation de Défense (AID) du ministère de la Défense (Projet CONCORDE N° 2019 65 0090004707501).

REFERENCES

- [1] Ankit Agrawal, Seyedehzahra Khoshmanesh, Michael Vierhauser, Mona Rahimi, Jane Cleland-Huang, and Robyn Lutz. 2019. Leveraging Artifact Trees to Evolve and Reuse Safety Cases. (2019), 1222–1233. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2019.00124>
- [2] Mehmet Aydin Baytas, Damla Çay, Yuchong Zhang, Mohammad Obaid, Asim Evren Yantaç, and Morten Fjeld. 2019. The Design of Social Drones: A Review of Studies on Autonomous Flyers in Inhabited Environments. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Glasgow, Scotland UK) (CHI '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300480>
- [3] Mehmet Aydin Baytas, Markus Funk, Sara Ljungblad, Jérémie Garcia, Joseph La Delfa, and Florian 'Floyd' Mueller. 2020. iHDI 2020: Interdisciplinary Workshop on Human-Drone Interaction. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–8.
- [4] Christine M. Belcastro, Richard L. Newman, Joni Evans, David H. Klyde, Lawrence C. Barr, and Ersin Ancel. [n.d.]. *Hazards Identification and Analysis for Unmanned Aircraft System Operations*. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3269> arXiv:<https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2017-3269>
- [5] Juan Besada, Ivan Campaña, Luca Bergesio, Ana Bernardos, and Gonzalo de Miguel. 2020. Drone flight planning for safe urban operations. *Personal and Ubiquitous Computing* (2020), 1–20.
- [6] Mark Blanks. 2014. UAS Applications. In *Introduction to Unmanned Aircraft Systems - Second Edition*, Richard K. Barnhardt, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, and Eric Shappee (Eds.). Taylor and Francis, Chapter 2.
- [7] Anke M. Brock, Jessica Cauchard, Markus Funk, Jérémie Garcia, Mohamed Khamis, and Matjaž Kljun. 2019. IHDI: International Workshop on Human-Drone Interaction. In *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Glasgow, Scotland UK) (CHI EA '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article W01, 7 pages. <https://doi.org/10.1145/3290607.3299001>
- [8] Jessica R. Cauchard, Mohamed Khamis, Jérémie Garcia, Matjaž Kljun, and Anke M. Brock. 2021. Toward a Roadmap for Human-Drone Interaction. *Interactions* 28, 2 (March 2021), 76–81. <https://doi.org/10.1145/3447889>
- [9] Chien-Fang Chen, Kang-Ping Liu, and Neng-Hao Yu. 2015. Exploring interaction modalities for a selfie drone. In *SIGGRAPH Asia 2015 Posters on - SA '15*. ACM Press, New York, 1–2. <https://doi.org/10.1145/2820926.2820965>
- [10] Clearance. 2017. Préparation de missions drone et demandes d'autorisation - Clearance. <https://clearance.aero/>. Accessed: 2021-10-22.
- [11] Nadine Couture, Sébastien Bottecchia, Serge Chaumette, Mateo Ceconello, Josu Rekalde, and Myriam Desainte-Catherine. 2018. Using the Soundpainting Language to Fly a Swarm of Drones. Springer, Cham, 39–51. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60384-1_5
- [12] Ministère de la Transition Ecologique République Française. 2017. AlphaTango. <https://alphantango.aviation-civile.gouv.fr/login.jsp>. Accessed: 2021-10-22.
- [13] Ewen Denney and Ganesh Pai. 2018. Tool support for assurance case development. *AUTOMATED SOFTWARE ENGINEERING* 25, 3 (SEP 2018), 435–499. <https://doi.org/10.1007/s10515-017-0230-5>
- [14] A. Dix. 1994. *Computer Supported Cooperative Work: A Framework*. Springer London, London, 9–26. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2029-2_2
- [15] Air Space Drone. 2021. FlyBy by ASD. <https://flyby.aero/>. Accessed: 2021-10-22.
- [16] Clarence A. Ellis, Simon J. Gibbs, and Gail Rein. 1991. Groupware: Some Issues and Experiences. *Commun. ACM* 34, 1 (Jan. 1991), 39–58. <https://doi.org/10.1145/99977.99987>
- [17] European Union Aviation Safety Agency. 2019. Annex I to ED Decision 2019/021/R - Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947. <https://www.easa.europa.eu/document-library/agency-decisions/ed-decision-2019021r>.
- [18] European Union Aviation Safety Agency. 2021. Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulation (EU) 2019/947 and Regulation (EU) 2019/945). <https://www.easa.europa.eu/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulation-eu>.
- [19] John C Flanagan. 1954. The critical incident technique. *Psychological bulletin* 51, 4 (1954), 327.
- [20] Greg Guest, Arwen Bunce, and Laura Johnson. 2006. How Many Interviews Are Enough?: An Experiment with Data Saturation and Variability. *Field Methods* 18, 1 (2006), 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903> arXiv:<https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- [21] Innov'ATM. 2021. DroneKeeper : préparation de mission pour télépilotes et données drone. <https://www.dronekeeper.com/>. Accessed: 2021-10-22.
- [22] Innov'ATM. 2021. U-SpaceKeeper | U-Space Keeper. <https://france.uspacekeeper.com/>. Accessed: 2021-10-22.
- [23] EuroUSC Italia. 2019. SAMWISE: online risk assessment for drone operations. <https://www.online-sora.com/>. Accessed: 2021-10-22.
- [24] H. Kang, H. Li, J. Zhang, X. Lu, and B. Benes. 2018. FlyCam: Multitouch Gesture Controlled Drone Gimbal Photography. *IEEE Robotics and Automation Letters* 3, 4 (2018), 3717–3724.
- [25] Pascal Knierim, Steffen Maurer, Katrin Wolf, and Markus Funk. 2018. Quadcopter-Projected In-Situ Navigation Cues for Improved Location Awareness. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*. ACM Press, New York, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174007>
- [26] Sara Ljungblad, Yemao Man, Mehmet Aydin Baytas, Mafalda Gamboa, Mohammad Obaid, and Morten Fjeld. 2021. *What Matters in Professional Drone Pilots' Practice? An Interview Study to Understand the Complexity of Their Work and Inform Human-Drone Interaction Research*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- [27] Ministère de la Transition Ecologique - République Française. 2021. Exploitation de drones en catégorie spécifique. <https://www.ecologie.gouv.fr/exploitation-drones-en-categorie-specifique>.
- [28] Silvia Mirri, Catia Prandi, and Paola Salomoni. 2019. Human-Drone Interaction: State of the Art, Open Issues and Challenges. In *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2019 Workshop on Mobile AirGround Edge Computing, Systems, Networks, and Applications* (Beijing, China) (MAGESys'19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 43–48. <https://doi.org/10.1145/3341568.3342111>
- [29] Balita H Rakotonarivo, Stéphane Conversy, Nicolas Drougard, and Jérémie Garcia. 2021. Revue Systématique de la Littérature sur le Soutien à la Sécurité des Opérations de Drones. In *32e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM '20.21)*. Metz, France. <https://doi.org/10.1145/3450522.3451328>
- [30] William Rankin. 2010. General Aviation Security: A Safety Management System Model for Collegiate Learning. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research* (01 2010). <https://doi.org/10.15394/jaaer.2010.1372>
- [31] Clayton D. Rothwell and Michael J. Patzek. 2019. An Interface for Verification and Validation of Unmanned Systems Mission Planning: Communicating Mission Objectives and Constraints. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 49 (2019), 642–651.
- [32] Ben Shneiderman. 2007. Creativity Support Tools: Accelerating Discovery and Innovation. *Commun. ACM* 50, 12 (Dec. 2007), 20–32. <https://doi.org/10.1145/1323688.1323689>
- [33] Anselm Strauss and Juliet M Corbin. 1997. *Grounded theory in practice*. Sage.
- [34] D. Tezza and M. Andujar. 2019. The State-of-the-Art of Human-Drone Interaction: A Survey. *IEEE Access* 7 (2019), 167438–167454.
- [35] The European Commission. 2019. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft.

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>.
- [36] Amila Thibbotuwawa, Grzegorz Bocewicz, Grzegorz Radzki, Izabela Nielsen, and Zbigniew Banaszak. 2020. UAV Mission Planning Resistant to Weather Uncertainty. *Sensors* 20 (01 2020), 515. <https://doi.org/10.3390/s20020515>
- [37] Michael Vierhauser, Sean Bayley, Jane Wyngaard, Jinghui Cheng, Wandu Xiong, Robyn Lutz, Joshua Huseman, and Jane Cleland-Huang. 2018. Interlocking Safety Cases for Unmanned Autonomous Systems in Urban Environments. (2018), 416–417. <https://doi.org/10.1145/3183440.3195035>
- [38] Graham Wild, John Murray, and Glenn Baxter. 2016. Exploring civil drone accidents and incidents to help prevent potential air disasters. *Aerospace* 3, 3 (2016), 22.
- [39] Xuejun Zhang, Yang Liu, Yu Zhang, Xiangmin Guan, Daniel Delahaye, and Li Tang. [n.d.]. Safety Assessment and Risk Estimation for Unmanned Aerial Vehicles Operating in National Airspace System. *Journal of Advanced Transportation* 2018 ([n.d.]).