



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

Les drones civils, enjeux et perspectives

Rapport n° 008816-01
établi par

Dominique DAVID (coordonnateur) et Jean PANHALEUX

Octobre 2015



Sommaire

Résumé	3
Introduction	5
1. Les drones : des engins volants aux caractéristiques très diverses, offrant une gamme d'utilisations très variée	9
1.1. Qu'est-ce qu'un drone ?.....	9
1.1.1. <i>Court rappel historique</i>	9
1.1.2. <i>Des engins volants aux caractéristiques très diverses</i>	9
1.1.3. <i>Une terminologie complexe se développe pour des systèmes complexes par nature</i>	10
1.2. Quelles perspectives d'utilisation ?.....	12
1.3. Quels marchés ?.....	14
2. Questions posées par l'utilisation des drones	19
2.1. Maîtrise de la sécurité.....	19
2.1.1. <i>Généralités</i>	19
2.1.2. <i>Cas des drones très légers</i>	21
2.1.3. <i>Principales questions au cœur des travaux menés sur les plus gros drones</i>	22
2.1.4. <i>Certification</i>	23
2.1.5. <i>Intégration dans la circulation aérienne générale</i>	26
2.1.6. <i>Technologies en cours de développement</i>	28
2.1.7. <i>Communications et problématique de l'allocation de fréquences</i>	30
2.1.8. <i>Exigences vis-à-vis des opérateurs, des télépilotes</i>	33
2.2. Questions non techniques de nature sociétale.....	35
2.2.1. <i>Prise en compte des risques d'utilisation malveillante</i>	35
2.2.2. <i>Préservation des libertés publiques et respect de la vie privée</i>	36
2.2.3. <i>Problématique de la responsabilité et des assurances</i>	38
2.2.4. <i>Acceptabilité sociale des drones et conclusions</i>	42
3. Travaux en cours en vue de développer des normes et des réglementations et réglementations nationales d'ores et déjà existantes	45
3.1. Travaux menés dans un cadre international et de normalisation.....	45
3.1.1. <i>Activités développées par l'OACI</i>	45
3.1.2. <i>Initiatives prises par la Commission européenne et par d'autres acteurs européens</i>	47
3.2. Développement de la réglementation nationale.....	52
4. Photographie du secteur en France	57
4.1. Constructeurs et opérateurs.....	57
4.2. Quelques-unes des initiatives prises pour favoriser le développement de la filière drone en France.....	59
Conclusion	65

Annexes.....	70
1. Lettre de mission.....	71
2. Liste des personnes rencontrées ou contactées.....	73
3. Principaux documents consultés et exploités.....	75
4. Travaux menés sur les drones par Eurocontrol, JARUS, EUROCAE.....	79
Eurocontrol.....	79
Travaux menés dans le cadre de JARUS.....	80
EUROCAE.....	82
Interface avec les travaux menés par d'autres instances européennes.....	83
5. Exemples de réglementations étrangères :	85
5.1. Royaume-Uni.....	85
5.2. États-Unis.....	86
5.3. Suède.....	90
5.4. Allemagne.....	91
5.5. Suisse.....	91
5.6. Canada.....	93
6. Exemples d'applications avec des drones transportant différents capteurs	95
7. Glossaire des sigles et acronymes.....	99

Résumé

La direction générale de l'aviation civile (DGAC) a souhaité disposer d'un regard extérieur sur le développement des activités associées aux drones civils et a demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) de bien vouloir réaliser un travail sur ce thème. La DGAC a souhaité que soit précisé le potentiel que présentent les drones du fait des services qu'ils sont susceptibles de rendre, qu'il soit procédé à une analyse des réglementations qui leur sont applicables. Compte tenu de l'évolution rapide de ce secteur, la mission en accord avec la DGAC, a réorienté l'objectif de son travail en élaborant un rapport donnant une vision synthétique à mi-2015 des enjeux et opportunités que présentent les drones et des diverses problématiques associées.

Le présent rapport est articulé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente ce que sont les drones, leurs applications actuelles et potentielles et les évaluations qui sont faites des marchés associés (construction et exploitation).
- Le deuxième chapitre aborde l'ensemble des problématiques associées à un développement plus large des activités des drones. Ceci couvre ce qui touche à la nécessaire maîtrise de la sécurité, et notamment les perspectives d'une intégration des drones dans l'espace aérien au côté des aéronefs avec pilotes à bord. Les différents sujets de nature non technique susceptibles de freiner le développement des activités utilisant des drones sont également abordées dans ce chapitre : respect de la vie privée, responsabilité et assurances, acceptabilité sociale, risques d'utilisation malveillante. Une attention particulière est portée au cas des drones les plus légers (jusqu'à une trentaine de kilogrammes).
- Le troisième chapitre fait un point sur les aspects réglementaires. Sont notamment abordés dans ce chapitre les différents travaux menés pour développer un cadre réglementaire aussi harmonisé que possible au sein de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de l'Union européenne (initiatives de la Commission européenne, travaux menés au sein d'EUROCONTROL, d'EUROCAE) et de JARUS et les réglementations d'ores et déjà développées dans quelques pays présentant des situations contrastées.
- Enfin, le quatrième et dernier chapitre de ce rapport constitue une photographie de la situation prévalant début 2015 en France.

À titre de conclusion, les missionnaires se sont efforcés de mettre en avant quelques points qui leur sont apparus comme particulièrement significatifs comme la complexité intrinsèque du sujet, le fait qu'il soit en constante évolution et le caractère très spécifique des petits drones aujourd'hui les mieux connus du grand public.

Introduction

Les drones sont des aéronefs sans pilote à bord. Ils ont longtemps été utilisés essentiellement pour des missions militaires. Certains drones, essentiellement de petite taille, étaient cependant utilisés par les aéromodélistes. Au fil du temps, les progrès technologiques ont dopé les performances de ces aéronefs notamment des plus petits (d'un poids inférieur et souvent très inférieur à 25 kg) de même que celles des capteurs qu'ils peuvent héberger et ces engins ont depuis quelques années démontré leur aptitude à réaliser des missions civiles de nature très variée comme, par exemple, la réalisation de prises de vues aériennes, la surveillance d'ouvrages d'art ou d'infrastructures linéaires ou encore d'exploitations agricoles pour en optimiser la gestion.

L'utilisation commerciale de drones est aujourd'hui autorisée dans de nombreux pays qui ont mis en place des réglementations visant à limiter les risques associés à leur exploitation. Ces réglementations concernent essentiellement les drones de petite taille, télépilotés, évoluant à basse altitude.

Au-delà de l'utilisation de petits drones dans des conditions somme toute très encadrée, on envisage d'utiliser à plus long terme des drones plus gros (de quelques dizaines, voire centaines de kilos) qui pourraient être insérés dans l'espace aérien au même titre que les aéronefs disposant de pilotes à bord. Ceux-ci seraient toujours télépilotés dans un premier temps mais pourraient au fil du temps être de plus en plus autonomes. Il est bien entendu postulé qu'une telle évolution ne saurait se faire que si la sécurité offerte dans l'espace aérien en place est préservée pour tous. Elle pose donc des défis techniques de taille et de nombreux travaux sont aujourd'hui engagés dans le monde dans la perspective de cette intégration des drones civils dans l'espace aérien.

Ce secteur d'activités est aujourd'hui très actif et très médiatisé ; quasiment quotidiennement la presse publie des articles sur les drones mettant en avant une nouvelle application, la sortie d'un nouveau modèle ou la création d'un nouveau centre d'entraînement, voire pour signaler une utilisation non respectueuse de la réglementation.

Le développement des activités associées à la conception, à la construction ou à l'exploitation de drones civils a été particulièrement remarquable en France du fait de la mise en place d'une réglementation en avril 2012.

Dans ce contexte, la direction générale de l'aviation civile (DGAC) a souhaité disposer d'un regard extérieur sur le développement des activités associées aux drones civils et a demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) de bien vouloir réaliser un travail sur ce thème. La DGAC a souhaité que soit précisé le potentiel que présentent les drones du fait des services qu'ils sont susceptibles de rendre, qu'il soit procédé à une analyse des réglementations applicables aux drones d'ores et déjà existantes ou dont le développement est envisagé à l'étranger et que soit évalué l'impact du cadre réglementaire spécifique aux drones mis en place en 2012

La proposition faite par la DGAC au CGEDD de réaliser une telle mission est jointe en Annexe 1. Le CGEDD a confié la réalisation de cette mission à Dominique David et Jean Panhaleux, ingénieurs généraux des ponts, des eaux et des forêts.

Dans un premier temps, les missionnaires ont rassemblé des informations pour identifier les différents types d'équipements existants ou en projet et les différentes utilisations possibles des drones en exploitant la littérature disponible sur ce sujet et en rencontrant des exploitants et développeurs de drones ainsi que des associations les représentant, notamment la Fédération professionnelle du drone civil (FPDC) qui venait de se constituer en France et l'association UVS International. Dans le cadre de sa collecte d'informations, la mission a notamment participé à un symposium sur les drones organisé à Paris le 25 avril 2013 par le pôle de compétitivité aérospatial ASTech Paris Région, à la conférence internationale organisée à Bruxelles du 9 au 11 décembre 2013 par l'association UVS International ainsi qu'au colloque international « Présent et futur des drones » organisé par l'Académie de l'Air et de l'espace » les 13 et 14 novembre 2014.

Au cours des entretiens qu'ils ont eus et en exploitant la documentation qu'ils ont pu rassembler les missionnaires se sont efforcés d'apprécier différentes problématiques de nature technique et sociétale liées tant à la sécurité, à la sûreté qu'à la perception par la société de ce nouvel outil qu'est le drone. Les sujets techniques abordés dans ce cadre ont notamment porté sur le niveau de sécurité attendu et, en liaison avec ce point, sur les problématiques de la certification de navigabilité des systèmes de drones et de la reconnaissance du niveau de compétence des opérateurs et des télépilotes, sur les perspectives d'insertion dans l'espace aérien ainsi que sur la disponibilité des fréquences radioélectriques utilisées pour l'exploitation des drones. Les questions de nature sociétale portaient sur l'acceptabilité des drones par le public, la définition des régimes de responsabilité associés à leur exploitation et la prise en compte des craintes d'atteintes au respect de la vie privée. La mission a également abordé les aspects liés à la sûreté, à savoir au risque de voir se développer des actes de malveillance mettant en œuvre des drones. Par ailleurs, la mission a rassemblé des informations sur les réglementations existantes ou en projet par le biais de recherches bibliographiques et sur Internet et au travers des contacts qu'elle a eus avec des interlocuteurs étrangers rencontrés à l'occasion des manifestations mentionnées ci-dessus.

Au fur et à mesure que la mission progressait dans ses travaux, elle a constaté que beaucoup d'autres instances travaillaient sur certains, sinon sur tous les sujets qu'elle se proposait d'investiguer, en y consacrant souvent des moyens sans commune mesure avec ceux dont elle disposait.

Ainsi, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a annoncé dès 2013 son intention d'organiser un grand symposium mondial sur les drones. Ce symposium, plusieurs fois repoussé, a finalement eu lieu fin mars 2015 et a permis de faire un point détaillé de toutes les problématiques associées aux drones civils.

De son côté, la Commission européenne a cofinancé une étude confiée au consortium ULTRA et réalisée entre décembre 2012 et décembre 2013 qui a conduit à la publication d'une série de documents (près de 600 pages) qui analysent de manière très détaillée les différentes problématiques associées aux drones, avec un accent particulier mis sur les drones légers, et qui fournit notamment un état des lieux des différentes réglementations existantes. Elle a de plus lancé fin 2013 des appels d'offres pour la réalisation d'études sur les problématiques des assurances et du respect de la vie privée et a organisé début mars 2015 à Riga une conférence à haut niveau à l'occasion de laquelle l'Agence européenne pour la sécurité aérienne (AESA) a précisé sa position sur les évolutions réglementaires qui devraient intervenir cette année.

De plus, UVS organise tous les 6 mois un colloque faisant le point sur les drones civils et militaires et sur tous les sujets périphériques et a mis en place un groupe de travail

international sur les problématiques des assurances, la CNIL travaillant de son côté à la thématique de la protection de la vie privée. La Fédération professionnelle des drones civils (FPDC) créée en France en 2013 et qui regroupe constructeurs et exploitants de drones français a, quant à elle, pris en main plusieurs des points sur lesquels la DGAC attendait un éclairage de la mission notamment les souhaits de la profession en matière d'évolution des arrêtés d'avril 2012 et l'élaboration de propositions pour revoir les exigences concernant la formation des télépilotes formulées dans ces arrêtés.

Dans ce contexte, la mission a, en accord avec la DGAC, quelque peu réorienté son travail pour préparer un document donnant une vision synthétique à mi-2015 des enjeux et opportunités que présentent les drones aujourd'hui et des diverses problématiques associées. La situation étant susceptible d'évoluer très rapidement, il ne s'agit là que d'un point d'étape qu'il conviendrait de mettre à jour régulièrement pour suivre le développement de cette activité qui apparaît prometteuse.

1. Les drones : des engins volants aux caractéristiques très diverses, offrant une gamme d'utilisations très variée...

1.1. Qu'est-ce qu'un drone ?

1.1.1. Court rappel historique

Si, au 20ème siècle, de premiers engins sans pilote à bord ont été construits et ont volé au début des années 20, c'est surtout dans les années 30 et 40 que des drones ont été utilisés notamment comme avion-cibles. À partir des années 50, et notamment à l'occasion du conflit coréen et de la guerre du Vietnam, des drones ont été développés par les États-Unis pour réaliser diverses missions allant de la surveillance et de la collecte de renseignements à l'intervention militaire en terrain ennemi. La possibilité de pouvoir confier à ces engins les tâches dites 3d pour « dull, dirty and dangerous », soit en français « répétitives/ennuyeuses, sales et dangereuses », a pour beaucoup contribué à leur succès. Au fil du temps, ces engins et les capteurs qu'ils peuvent emporter ont bénéficié des progrès technologiques réalisés dans les secteurs de l'aéronautique, de la robotique, de l'optronique, de la miniaturisation ou encore, de l'informatique et de la transmission de données et sont devenus de plus en plus fiables et performants, de plus en plus petits et de moins en moins chers. Ceci a permis au cours des toutes dernières années l'arrivée sur le marché de drones de petite taille (jusqu'à une trentaine de kilogrammes) qui ont permis le développement de nombreuses applications que l'on n'imaginait pas il y a une dizaine d'années.

1.1.2. Des engins volants aux caractéristiques très diverses

La variété des modèles de drones, des systèmes de drones si on veut également parler des stations de pilotages et des divers équipements nécessaires à leur exploitation, qu'ils soient utilisés à des fins militaires ou civiles, est considérable et ceci de par leur mode de sustentation, leur mode de propulsion, leur taille, leurs performances et notamment leur autonomie, leurs équipements, le fait qu'ils soient télépilotés ou entièrement automatisés et bien entendu leurs coûts.

Le véhicule aérien peut en effet être un avion, à réacteur ou à hélice, un hélicoptère mono ou multi-pales, une aile de parapente ou encore un dirigeable... La propulsion de ces engins fait appel à des moteurs thermiques à pistons, avec ou sans turbocompresseur, à des turbines et turboréacteurs en passant par les moteurs diesel ou électriques pour les plus petits modules ou les panneaux solaires. Leur gamme de poids est également extrêmement large puisque on a pu faire voler un minuscule drone à ailes battantes inspiré par la mouche pesant moins d'un gramme alors que certains gros drones militaires pèsent près de 15 tonnes. Leur autonomie peut varier d'une dizaine de minutes à plusieurs jours.

Les drones sont généralement équipés de systèmes de bord qui assurent le pilotage et la navigation en parfaite autonomie ou selon les instructions données par le télépilote. Ces systèmes comprennent des capteurs mesurant les paramètres de vol, des calculateurs, une mémoire et les dispositifs agissant sur les commandes de vol. Grâce aux progrès dans la miniaturisation des composants électroniques et à la maturité de la micro-électromécanique, la carte mère accueille sur quelques dizaines de centimètres carrés tous les éléments nécessaires au vol : altitude barométrique, accéléromètre, boussole trois axes, systèmes de gestion des rotors... Les drones comportent également une unité gérant l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des

équipements embarqués et un système de transmission de données entre le drone et le sol, transmission qui peut être en ligne directe ou relayée par un satellite ou un autre vecteur aérien. Les drones utilisent à minima deux canaux de radiofréquences ; l'un pour le pilotage de l'appareil, l'autre pour la transmission des données vers le sol. Grâce à leur processeur de bord et à leur GPS, ils peuvent suivre un plan de vol préprogrammé et échanger des informations en temps réel.

La charge utile est un des éléments essentiels du système drone civil. Celle-ci comprend généralement des moyens d'acquisition de données (appareils photos ou caméras fonctionnant dans les spectres visibles ou infrarouges, détecteurs de pollutions diverses...), le cas échéant des calculateurs permettant de traiter et de procéder à de premières analyses des données collectées. L'utilisation de l'aluminium, du carbone et du nylon renforcé de carbone a permis de minimiser le poids du châssis et des hélices et de disposer d'une charge utile de plus en plus intéressante.

Drones militaires et civils sont par bien des aspects sensiblement différents. Les drones militaires, qu'ils soient équipés de systèmes d'armes ou non, sont plutôt du type avion et ils sont bardés d'équipements sophistiqués. Ils sont extrêmement fiabilisés et sécurisés et disposent de nombreuses redondances logicielles et de liaisons radio cryptées. Ils peuvent peser de quelques kilos à plusieurs tonnes. Les drones civils utilisés aujourd'hui sont le plus souvent des hélicoptères multi-rotors, équipés d'une caméra, légers et relativement peu coûteux. Leur poids est généralement compris entre 2 et 25 kg.

De manière générale, pour une mission donnée, qu'elle soit civile ou militaire, il existe une configuration et une charge utile la plus adaptée et l'on peut presque dire qu'à chaque mission, il correspond une solution spécifique, à savoir un type de drone et les équipements embarqués associés.

La situation est en la matière loin d'être stabilisée. De nouveaux progrès technologiques viennent sans cesse faire évoluer le potentiel qu'offrent les drones.

Selon la synthèse que produit tous les ans l'association Unmanned Vehicle Systems International (UVS), pas moins de 1 708 modèles de drones civils avaient été développés fin 2013 dans le monde (contre quelques centaines de modèles de drones militaires).

Les prix des drones civils sont très variables selon les types de machines concernés et leurs performances. Le premier prix d'un drone à vocation ludique est inférieur à cent euros et on trouve aujourd'hui sur le marché des systèmes de drones légers utilisables pour des applications audiovisuelles professionnelles pour quelques milliers d'euros. Le prix des vecteurs utilisés pour des applications plus spécialisées se situe plutôt dans la gamme des 30 à 60 000 €.

Dans ce contexte, il est délicat de parler de manière générique de drone ; deux de ces engins peuvent n'avoir que bien peu de chose en commun. On verra ci-après que tout un vocabulaire se développe pour qualifier différents types de drones civils et différents modes d'exploitation.

1.1.3. Une terminologie complexe se développe pour des systèmes complexes par nature

De nombreux termes et expressions sont utilisés dans le monde pour désigner les systèmes que constituent des aéronefs sans pilote embarqué. Le terme drone est l'un de ceux-ci et il est d'un usage très courant en France notamment dans les médias. À

l'origine drone est un mot anglais qui signifie faux-bourdon (abeille mâle). Ce terme a été utilisé par dérision dans les années 30 au Royaume-Uni pour désigner une version automatisée d'un appareil, le De Havilland DH.892 Tiger Moth, qui était alors utilisé comme avion-cible et dont le vol lent et bruyant évoquait celui d'un faux-bourdon. De manière générale, le terme drone désigne généralement le seul vecteur aérien et on parle de système d'aéronef sans pilote à bord pour désigner le vecteur aérien, la plate-forme de pilotage et le cas échéant, les équipements nécessaires à la mise en vol du vecteur aérien. On distingue deux grandes catégories de drones : ceux qui demandent un pilote au sol et ceux qui sont entièrement autonomes et qui, notamment, peuvent réagir face à tout événement aléatoire en cours de mission.

En 2011, le secrétariat général de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), a produit la circulaire Cir 328-AN/190 qui traite des « Unmanned Aircraft Systems (UAS) » c'est-à-dire des aéronefs et éléments associés qui sont exploités sans pilote à bord. Ce texte, qui existe à ce stade uniquement dans une version en langue anglaise, fournit quelques définitions de référence, notamment les expressions suivantes :

- Unmanned aircraft. Un aéronef qui est conçu pour fonctionner sans pilote à bord.
- Unmanned aircraft system (UAS). Un aéronef et les éléments qui lui sont associés, exploités sans pilote à bord.
- Remotely-piloted aircraft (RPA). Un aéronef où le pilote aux commandes n'est pas à bord de l'aéronef (ceci constitue donc une sous-catégorie des Unmanned aircraft lesquels peuvent en effet être entièrement automatisés).
- Remotely-piloted aircraft system (RPAS). Un ensemble d'éléments configurables constitué d'un RPA, de la (ou des) station(s) de pilotage à distance associée(s), des liaisons requises pour sa commande et son contrôle et de tous les autres éléments du système qui peuvent être nécessaires, à tout moment de l'opération.

La Commission européenne, l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), Eurocontrol, JARUS et EUROCAE ainsi que la plupart des autorités nationales de l'aviation civile utilisent le vocabulaire recommandé par l'OACI.

On rencontre également pour désigner un aéronef automatisé l'acronyme anglais UAV (Unmanned Aerial Vehicle, soit véhicule aérien sans pilote).

En France, un drone ou « aéronef télépiloté » est défini dans la réglementation comme « un aéronef qui circule sans personne à bord ». On utilise parfois également en France l'expression « aéronef non habité ». Lorsqu'on veut évoquer l'ensemble composé de l'aéronef lui-même (le vecteur), d'une station de commande au sol et du lien de transmission entre ces deux éléments, on a recours à l'expression « système d'aéronef télépiloté » qui est défini comme un « système constitué d'un aéronef télépiloté et des éléments servant à sa commande et à son contrôle depuis le sol », on parle aussi parfois dans ce cas de « système de drone ».

On notera par ailleurs que la réglementation française précise qu'un « aéromodèle » est un « aéronef télépiloté utilisé exclusivement à des fins de loisir ou de compétition par un télépilote qui est à tout instant en mesure de contrôler directement sa trajectoire pour éviter les obstacles et les autres aéronefs ».

À noter qu'on trouve également dans la littérature les vocables micro-drones (ou MAV, acronyme de l'anglais Micro Air Vehicle) et mini-drones pour qualifier les drones les plus petits. Les définitions données de ces expressions ne font cependant pas l'unanimité puisque, selon les sources, on qualifie de micro-drones des engins dont le poids est inférieur à 50 grammes (JARUS), à 2 kg ou encore à 5 kg et de mini-drones ceux d'un poids inférieur à 25 kg voire 50 kg. Un drone à aile battante inspiré du colibri a été par ailleurs qualifié de nanodrone ; il n'en reste pas moins qu'il serait souhaitable de disposer d'une terminologie unifiée pour les drones civils comme militaires.

Dans la suite de ce rapport, qui traitera essentiellement des applications civiles des drones, il sera essentiellement question d'aéronefs télépilotes. Il n'est en effet pas envisagé d'applications civiles dans le court terme pour des drones entièrement automatisés. Le terme drone sera dans ce rapport utilisé de manière générique lorsqu'il ne sera pas nécessaire d'être très précis quant au vocabulaire utilisé.

Toute une terminologie s'est également développée pour qualifier différents types d'opérations qui peuvent être réalisées avec des drones. Sont notamment concernées les évolutions pour lesquelles le module volant reste en vue du télépilote pour lesquelles est couramment utilisé le sigle VLOS (pour Visual Line of Sight), ou d'un observateur qui communique avec lui (dites E-VLOS, pour Extended VLOS), ou encore celles où le module peut voler au-delà de la ligne de vue (dites BVLOS, pour Beyond VLOS). Cette terminologie est présentée plus avant dans ce rapport.

1.2. Quelles perspectives d'utilisation ?

Les drones civils vendus aujourd'hui sont destinés à deux grandes catégories d'utilisateurs, les particuliers qui les utilisent pour leurs loisirs (on les appelle parfois des dronistes) et les professionnels. Les drones utilisés à des fins ludiques sont de très loin les plus nombreux. Leur usage s'apparente à l'aéromodélisme. Ainsi, près d'un million d'exemplaires des modèles grand public produits par l'entreprise française Parrot se sont vendus dans le monde depuis 2010. Les utilisateurs de drones à des fins professionnelles sont bien moins nombreux mais leur nombre croît très rapidement. Il y aurait en mai 2015 en France près de 1 500 petites et moyennes entreprises autorisées à exploiter des drones à des fins professionnelles et celles-ci exploitent environ 4 000 drones. On notera qu'en France, la réglementation existante concerne à la fois les usages professionnels et les usages personnels et que ces deux mondes restent à bien des égards encore aujourd'hui assez proches. On se focalisera dans ce paragraphe sur les utilisations professionnelles qui sont extrêmement diverses.

La taxonomie utilisée pour le processus de report d'accident/incident normalisé par l'OACI (ADREP, Accident/Incident Data Reporting) distingue quatre grandes catégories d'activités réalisables avec un aéronef : le transport commercial, l'aviation générale, le travail aérien et les vols d'État. On s'attend à ce que les drones puissent développer des activités relevant de ces quatre catégories, en se limitant cependant à court/moyen terme au transport de marchandises pour ce qui concerne le transport commercial.

UVS tient à jour une liste des types d'opérations qui ont d'ores et déjà été réalisées avec des drones ou pour lesquelles il est envisagé d'utiliser des drones, en se référant pour les qualifier à la liste des opérations réalisables avec des aéronefs utilisée pour renseigner la base de données ECCAIRS (European Coordination Centre for accident and Incident Reporting Systems). En 2013, UVS a identifié pas moins de 130 activités sur les quelque 400 activités répertoriées au total qui pourraient être réalisées avec des drones.

Ainsi, les drones peuvent être utilisés :

– comme **vecteurs de différents capteurs** : appareils photos ou caméras, fonctionnant le cas échéant en infrarouge, dispositifs pouvant analyser la qualité de l'air pour effectuer des prises de vues pour le monde de l'audiovisuel (télévision, presse, cinéma...) ou pour réaliser des missions d'observation, de surveillance, d'inspection, ces applications étant parfois qualifiées d'industrielles.

– ou comme **vecteurs pour le transport** : de fret, en vue éventuellement de largages en zones hostiles, de supports publicitaires, de dispositifs permettant de relayer les télécommunications, voire de nano-satellites à placer en orbite basse...

Ces applications peuvent intéresser un grand nombre d'acteurs publics, parapublics ou privés, un grand nombre d'entreprises dans les secteurs du bâtiment, des travaux publics, des mines, des télécommunications, des médias... En France, nombre d'entités : la police, la gendarmerie, les pompiers, la sécurité civile, SNCF, RTE, EDF, ERDF, DRT Gaz, ArcelorMittal, Veolia, Lafarge, Total... évaluent le parti qu'elles pourraient tirer de ces engins.

Les quelques exemples donnés ci-après visent à illustrer la diversité de missions civiles d'ores et déjà réalisées avec des drones, missions qui sont, pour l'essentiel, réalisées avec des drones de moins de 25 kg et même dans la majorité des cas de moins de 7/8 kg. En effet, afin de limiter les risques pris en termes de sécurité à un niveau aussi bas que possible, les autorités n'autorisent à ce stade couramment que ce type de drones et le plus souvent également, les drones concernés ne sont autorisés à voler que de jour, à une altitude inférieure à 150 mètres et en vue du télépilote (ou d'un observateur qui le relaie) (opérations de type VLOS ou E-VLOS). Dans certaines conditions, des vols pour des missions d'observation/inspection d'infrastructures linéaires peuvent cependant être effectués hors de la vue directe du télépilote, tout en restant à basse altitude. Les vols réalisés sont en général encore d'une durée limitée à ce stade, de l'ordre d'une vingtaine de minutes en moyenne, mais l'autonomie de drones ne cesse de progresser.

Le développement de drones civils de plus grande taille aptes à s'insérer dans l'espace aérien

Les industriels cherchent à développer des drones civils de plus grande taille que ceux utilisés couramment aujourd'hui. Ils visent une plus grande envergure, des modèles aussi robustes que les modèles militaires (qui pourront d'ailleurs en être dérivés), dotés d'une grande autonomie, capables d'embarquer des dizaines de kilos de charge utile et surtout qui pourront s'insérer dans l'espace aérien fréquenté par le trafic aérien ordinaire. Ces drones seront nécessairement plus lourds que les drones couramment utilisés aujourd'hui (de quelques dizaines à quelques centaines de kilos) et les problèmes qui se posent pour assurer leur exploitation dans des conditions sûres, qui sont détaillés plus avant dans ce rapport, restent largement à résoudre. Une intégration progressive de drones dans l'espace aérien est cependant annoncée progressivement à partir de 2015, 2016 ou 2018 selon les sources, avec l'objectif d'une complète insertion avant 2025. Les vols de drones lourds dans l'espace aérien utilisé par les avions pilotés ne sont aujourd'hui possibles qu'à titre très exceptionnel (vols de drones militaires, vols évoluant dans des portions d'espaces ségréguées ou vols réalisés pour tester des procédures). On notera que Safran a annoncé fin novembre 2014 avoir fait voler son drone Patroller dans l'espace aérien civil dans le cadre d'une campagne d'essais visant à démontrer une « fonction complète d'anticollision » qui constitue l'un des principaux verrous à lever pour l'insertion des drones dans l'espace aérien civil partagé avec des aéronefs pilotés.

Les missions qui pourraient être confiées à de tels drones restent encore à préciser, mais il semble que les drones seront d'autant plus utilisés dans le monde professionnel qu'ils seront en mesure de mener leur mission de manière la plus largement automatisée possible. Ce marché reste donc largement à préciser et on peut noter à cet égard que le directeur de l'AESA, Patrick Ky, indiquait récemment qu'il lui semblait qu'« il y a beaucoup de fantasmes sur le boom économique qu'apporterait l'utilisation

commerciale des drones au-delà des minidrones déjà utilisés pour la surveillance de terrains ou d'ouvrages d'art ».

On peut cependant penser que les techniques qui sont développées pour permettre une intégration sûre des drones dans l'espace aérien civil devraient permettre d'améliorer de manière globale la sécurité du système de navigation aérienne. Certains imaginent d'ailleurs que voleront un jour des avions transportant des passagers sans pilotes à bord ou plus probablement, dans un premier temps, avec un seul pilote. Embarquer dans un avion de ligne sans pilote à bord peut apparaître relever de la science-fiction. Cela n'apparaît cependant pas impossible à réaliser au plan technique. Dès mai 2013, le « Flying Test Bed » a effectué un vol dans le ciel britannique en étant piloté depuis le sol dans un espace aérien partagé avec des vols réguliers. Cette expérience préfigurait peut-être ce qui pourrait dans quelques décennies redessiner le transport aérien : des avions aux systèmes automatisés capables de décoller et atterrir sans intervention humaine. En France, l'ONERA a un projet, « ATS 2050 », qui aborde ce type de problématique. Le principal obstacle à cette évolution réside peut-être surtout dans son acceptation sociétale, dans la propension qui pourrait se développer à rejeter un monde par trop robotisé.

1.3. Quels marchés ?

On a d'ores et déjà imaginé de très nombreuses applications différentes pour les drones et on en imagine en permanence de nouvelles, s'appuyant souvent sur la mise en œuvre de technologies innovantes, de nouveaux capteurs et on constate que dès lors que certaines activités faisant appel à des drones civils sont possibles dans le monde, du fait notamment de la mise en place d'un cadre réglementaire, celles-ci se développent. La plus-value apportée par la mise en œuvre de drones télépilotes dans certains secteurs, par exemple pour développer une agriculture de précision ou pour inspecter des ouvrages d'art, laisse augurer qu'une généralisation de leur usage pourrait à terme représenter une activité industrielle non négligeable.

Afin de donner pleine mesure à leurs capacités, les drones et notamment les plus gros d'entre eux doivent cependant encore démontrer leur capacité à pouvoir s'intégrer de manière sûre dans l'espace aérien civil, parmi les aéronefs pilotés, sans ségrégation. Il faudra pour que ces engins puissent complètement développer leur potentiel que soient développées et validées de nouvelles technologies mais également que d'autres points qui constituent aujourd'hui un frein à leur déploiement aient trouvé des solutions satisfaisantes (prise en compte des risques d'utilisation malveillante, préservation des libertés publiques et respect de la vie privée, disponibilité de fréquences, régime de responsabilité et disponibilité d'assurances, disponibilité d'un cadre réglementaire pérenne pour asseoir le droit de cette activité et donner aux industriels une lisibilité de développement...). Ces points sont développés aux chapitres suivants.

On notera également que l'utilisation de drones ne requiert pas d'infrastructures lourdes et qu'elle apparaît bien adaptée pour les pays en développement comme le sont les moyens de télécommunications par téléphones portables.

Il faut également garder à l'esprit que les drones sont des systèmes multiples et impliquent une grande variété d'équipements et de charges utiles. Au-delà des fabricants et intégrateurs, il conviendrait de bien évaluer la contribution des secteurs de l'industrie qui participent à la fourniture des technologies d'appui (commandes de vol, communication, propulsion, énergie, capteurs, télémétrie, etc.) mais il apparaît aujourd'hui difficile de préciser l'importance économique de ce qui pourrait constituer à moyen et long terme un nouveau secteur industriel de l'aviation. Différentes études

parues au cours des dernières années ont cependant tenté de chiffrer les activités associées à la production et à l'exploitation de drones sans cependant toujours bien distinguer ce qui relevait des drones civils ou militaires et applications ludiques ou professionnelles.

À cet égard, la Commission européenne donne dans sa communication d'avril 2014 sa vision du développement du marché. Elle considère que d'ici 2050, une série d'aéronefs de diverses catégories devraient être exploités, avec des différences de taille, de performances et de type, que certains auront un pilote à bord mais que beaucoup d'autres seront pilotés à distances ou entièrement automatisés. À court terme, la Commission estime que le marché le plus prometteur se situe dans des secteurs tels que la surveillance des infrastructures ou la photographie, le transport de marchandises, le transport de personnes ne pouvant intervenir que dans un futur plus éloigné.

Les études de marché dont la mission a eu connaissance mettent en avant que le marché des drones militaires est aujourd'hui bien plus important que celui des drones civils. Un rapport présenté début février 2012 à Londres par l'Institut international d'études stratégiques (IISS) soulignait que le marché des drones militaires était en forte croissance, les drones n'étant plus aujourd'hui réservés aux seules armées occidentales. Ce marché est dominé par les États-Unis (50 %) et par Israël (25 %). À noter qu'Israël est le premier exportateur mondial de drones militaires et a vendu pour quelque 4,6 milliards de drones tactiques (d'observation) ou stratégiques (dotés de capacités offensives) entre 2005 et 2012. À titre de comparaison, les firmes américaines, traditionnellement tournées vers leur marché domestique, arrivent en seconde position, avec un chiffre à l'exportation de 2,9 milliards de dollars sur la période. Sur la période 2005-2015, le marché des drones militaires a été estimé à 100 milliards d'euros. Une étude du groupe américain Teal Group « Unmanned Aerial Vehicle Systems - Market Profile and Forecast », publiée pendant le salon du Bourget de juin 2013, estimait que les dépenses annuelles sur ce segment (budgets de recherche et développement et d'achat de matériels) vont doubler en 10 ans passant de 5,2 milliards de dollars par an en 2013 à 11,6 milliards.

S'agissant de la production de drones civils, le rapport d'UVS « The global perspective » de 2013 dénombrait à l'échelle mondiale 1 708 types de drones différents, développés et fabriqués par 471 constructeurs (dont 566 types développés et fabriqués par 176 constructeurs en Europe).

Toujours selon Teal Group, les drones civils devraient représenter 34% du marché total à l'horizon 2020. L'institut international d'études stratégiques a publié début février 2014 un rapport dont les conclusions vont dans le même sens...

Il est clair que les fabricants de drones militaires se tiennent prêts à effectuer des transferts de technologies du militaire vers le civil dès lors que le ciel sera ouvert aux drones civils.

Une autre étude réalisée par le cabinet Frost & Sullivan estimait qu'en 2012, les entreprises produisant des drones militaires et civils avaient cumulé un chiffre d'affaires au niveau mondial de 6,6 milliards d'euros. Ce cabinet estimait que le seul marché mondial du drone civil et commercial devrait se développer très fortement dans les années à venir, pour atteindre 2 milliards de dollars en 2015.

Frédéric Serre, alors président du directoire de Delta Drone, un des leaders français des drones civils chiffrait quant à lui à 15 milliards de dollars pour les 5 ans à venir la taille du marché civil mondial soit en moyenne 3 milliards par an.

Le cabinet BI Intelligence estimait quant à lui que le marché mondial devrait croître jusqu'à atteindre 1 milliard d'euros en 2024.

Les estimations concernant la production de drones civils s'établissent donc dans une fourchette de 1 à 3 milliards d'euros par an d'ici quelques années.

S'agissant des exploitants de drones, on estime mi-2015 au niveau mondial à plusieurs milliers le nombre des opérateurs dont plus de 1 200 en France, pays qui compte le plus grand nombre d'exploitants devant le Royaume-Uni (quelque 500), la Suède (450), le Japon et le Canada. Cette situation est le résultat des initiatives prises par ces pays pour mettre en place une réglementation permettant d'exploiter des drones. Elle devrait évoluer très rapidement dès lors que des pays comme les États-Unis, autoriseront l'usage des drones sur leur territoire (à ce stade, au-delà des opérateurs militaires ou des services publics américains, seules 44 entreprises y sont autorisées, depuis quelques semaines seulement à exploiter de drones à des fins professionnelles et ce pour tester certaines des dispositions de la réglementation envisagée).

Une étude réalisée par l'Association internationale pour les systèmes de véhicules sans pilote (AUVSI pour Association for Unmanned Vehicle Systems International) et publiée en mars 2013 se focalisait sur le marché des drones civils aux États-Unis où le marché devrait être ouvert aux opérateurs autres que les services publics (douanes, police...) à compter de 2015 comme l'a demandé le Congrès. Cette étude (« L'impact économique des systèmes aériens de drones aux États-Unis ») estimait à 13,6 milliards de dollars dans les trois premières années et à 82,1 milliards sur la période 2015-2025 l'impact de l'intégration des drones dans le système de la circulation aérienne aux États-Unis. Ces chiffres couvrent la filière fabrication, mais aussi exploitation des drones. Cette même étude estimait que ceci correspond à la création aux cours des trois premières années après l'ouverture du marché d'environ 34 000 emplois directs soit 70 000 emplois au total en incluant les emplois indirects et induits (respectivement 50 000 et 103 000 sur 10 ans). Cette étude estime par ailleurs que les secteurs de l'agriculture de précision (avec 75 % du marché) et de la sécurité publique représenteront à eux deux environ 90 % du marché. L'administration de l'aviation civile des États-Unis (FAA, Federal Aviation administration) estimait pour sa part que le marché envisagé à court moyen terme ne concernerait que des drones télépilotes, et que 7 000 à 10 000 petits drones pourraient sillonner le ciel américain d'ici 5 ans et jusqu'à 30 000 d'ici 2025. La FAA considère également qu'à long terme pourraient apparaître des drones civils entièrement automatisés, ceux-ci apparaissant dès aujourd'hui tout à fait à portée de technologie mais posant encore trop de problèmes de sécurité d'emploi pour qu'on puisse envisager leur utilisation dans le court terme.

S'agissant du marché européen, l'Association européenne des industries de l'aéronautique, de l'espace et de la défense (ASD), a estimé que le marché des drones européens devrait développer quelque 150 000 nouveaux emplois d'ici 2050 sans compter ceux produits par les services liés aux exploitants.

Le marché français a fait lui aussi l'objet d'études spécifiques. La réglementation mise en place en avril 2012 a encadré en France la possibilité d'utiliser et a permis le développement d'une filière drone. On compte aujourd'hui en France plusieurs dizaines de constructeurs, près de 1 500 exploitants professionnels exploitant environ 4 000 drones, et plus de 2 000 télépilotes. Cette filière aurait d'ores et déjà permis de créer 2 500 emplois. Le nombre d'exploitants s'est depuis deux ans multiplié de façon très rapide, mais la plupart de ces opérateurs n'ont aujourd'hui qu'un niveau d'activités limité. Le secteur très atomisé connaîtra sans doute à terme une concentration. Les premiers grands contrats des donneurs d'ordre étaient attendus dès 2014 mais tardent quelque peu à venir, peut-être parce que les progrès technologiques sont très rapides

et que les donneurs d'ordre espèrent voir apparaître des engins encore plus performants assez rapidement.

Selon l'étude « Le marché des drones civils, prévisions 2015 et perspectives à moyen terme, paysage concurrentiel et mutations de l'offre » réalisée par Flavien Voltero et Pierre Paturel, le chiffre d'affaires généré par les activités civiles s'élevait en France à 62 M€ en 2012, à 93 M€ en 2013 et devrait tripler pour atteindre 280 M€ à l'horizon 2015. L'essentiel du marché actuel du drone civil (64 % des ventes) est celui des drones utilisés pour les loisirs. Les drones utilisés pour des applications professionnelles (36 % du marché) sont aujourd'hui essentiellement utilisés pour des applications dans l'audiovisuel (90 % du secteur : journalisme, photos aériennes, agences immobilières, événements sportifs dans un marché qui pourrait rapidement arriver à maturité). Les usages industriels (agriculture de précision, surveillance d'ouvrages d'art...) sont encore souvent dans des phases de test, d'évaluation.

C'est dans le secteur où les drones permettront de réaliser des économies substantielles par rapport aux technologies alternatives (hélicoptères, satellites, inspections par des équipes au sol...) que le marché est le plus prometteur, qu'il présente le plus fort potentiel de croissance aujourd'hui.

Les drones civils bénéficient aujourd'hui d'une forte exposition médiatique sans doute disproportionnée par rapport à la taille actuelle du marché (peu d'opérateurs vivent de leurs activités). Il n'en demeure pas moins qu'ils représentent une activité porteuse d'avenir, notamment en termes d'emplois, pour laquelle la France possède aujourd'hui des atouts qu'il faut veiller à préserver et à développer.

2. Questions posées par l'utilisation des drones

Les drones présentent un potentiel considérable de part leurs performances et les différentes missions où ils ont déjà fait leurs preuves ou qu'ils pourraient assurer. Les possibilités qu'ils offrent sont aujourd'hui loin d'être totalement exploitées et leur emploi soulève encore un certain nombre de questions auxquelles il convient de trouver des réponses adéquates, questions relatives tant à leur emploi qu'à leur cohabitation avec d'autres utilisateurs de l'espace aérien.

Parmi celles-ci, on peut distinguer celles de nature essentiellement technique : assurer la meilleure sécurité possible des vols, permettre leur insertion dans l'espace aérien, qui est parfois déjà bien occupé, sans diminuer le niveau de sécurité offert et sans perturber les autres activités aéronautiques, bien préciser ce qu'on attend des entreprises les exploitant et les compétences exigées des télépilotes et s'assurer de la disponibilité des fréquences nécessaires à leur exploitation mais aussi des questions de nature sociétale : assurer le respect de la vie privée des personnes survolées, bien identifier les responsabilités associées à leur exploitation, veiller à la disponibilité d'assurances à des niveaux adéquats, bien prendre en compte les risques associés à une utilisation malveillante...

La « communauté » des drones travaille activement sur l'ensemble de ces sujets et les travaux en cours, ainsi que la mise en place d'un cadre réglementaire au plan national, régional ou mondial sont présentés dans les deux chapitres suivants.

2.1. Maîtrise de la sécurité

2.1.1. Généralités

De manière générale, pour maintenir la sécurité au meilleur niveau on s'efforce dans l'aéronautique d'identifier les risques pour les personnes et pour les biens liés à une activité et de les gérer. L'élimination totale des risques étant un objectif que l'on sait irréalisable, on vise en fait plus à l'atteinte d'un niveau de risque socialement acceptable. Pour cela on cherche à maîtriser les risques à trois niveaux : ce qui touche aux équipements, au matériel volant (il s'agit du volet navigabilité qui couvre des aspects préventifs et curatifs, conception et production du matériel, maintenance et le cas échéant réparations) ; ce qui concerne les opérateurs et notamment les pilotes (avec notamment les problématiques des méthodes de travail et de la formation) ; et ce qui touche aux opérations aériennes (couvrant les aérodromes, la navigation aérienne, l'application des règles de l'air, les aspects relatifs à la gestion de l'espace aérien, aux communications, à la navigation et à la surveillance, les niveaux de compétence associés avec la problématique des licences des contrôleurs). Tous ces aspects sont susceptibles d'interférer en matière de sécurité et doivent donc être étudiés globalement. Ils font classiquement l'objet de prescriptions réglementaires.

Aborder la sécurité des systèmes de drones et définir des objectifs de sécurité pour ces systèmes pose toute une série de questions nouvelles. Ceci tient aux caractéristiques propres de ces systèmes : absence de pilote à bord impliquant de trouver un moyen d'assurer la fonction « Voir et éviter » assurée pour les avions par les pilotes embarqués, existence d'une station de pilotage au sol avec les problématiques liées aux liaisons entre le télépilote et le drone et à leur fiabilité (liaisons dites de commande et de contrôle, ou Command and control en anglais, C2,

étendues aux liaisons avec les centres de contrôle du trafic aérien, C3), le cas échéant existence de dispositifs de lancement ou de récupération du module volant, gestion des pannes ou des pertes de contrôle. On ne saurait développer une manière d'approcher la sécurité des drones seulement à partir de ce qui a été développé pour les aéronefs et des méthodes nouvelles sont en cours de développement.

On a cherché pour cela à fixer un cadre général aux travaux à engager. L'OACI a ainsi précisé que l'élaboration de normes et de pratiques recommandées pour les systèmes d'aéronef sans pilote devra toujours respecter un principe fondamental : l'introduction de ces engins dans l'espace aérien civil ne devra compromettre la sécurité d'aucun autre utilisateur de l'espace aérien ou d'aucun bien situé à terre. Les attentes en la matière ont parfois été formulées de manière différente : les drones ne devront pas générer de risques nouveaux, ou devront démontrer un niveau de sécurité équivalent à celui des avions pilotés ou encore ne devront pas compromettre la sécurité du système global. En Europe, la Commission européenne a précisé dans sa communication d'avril 2014 que, « comme il n'y a pas de personnes à bord des drones, la sécurité vise essentiellement la protection des tiers au sol et dans l'air ». Cette même communication précise que le cadre réglementaire à définir devra refléter la grande diversité des aéronefs concernés et de leurs types d'exploitation, maintenir des règles proportionnées au risque et limiter la charge administrative pesant sur l'industrie et sur les autorités de contrôle et qu'il conviendra de mettre l'accent sur les domaines dans lesquels les technologies sont arrivées à maturité.

Tous les facteurs qui peuvent générer des risques doivent donc être identifiés et correctement atténués. Il existe des méthodes pour cela, basées sur la quantification des risques et sur la définition de niveaux de risques acceptables. Le risque de futures opérations ne pouvant être mesuré directement, il faut procéder à des évaluations et deux approches sont traditionnellement utilisées à cet effet : l'approche par le niveau de sécurité visé (TLS, Target Level of Safety) c'est-à-dire par la spécification d'une valeur de risque acceptable qui peut être utilisée comme une référence pour évaluer des risques associés à un système ou à des procédures ; et l'approche As-Low-As-Raisonnably-Praticable (ALARP, aussi bas que raisonnablement possible) basée sur une structure de décision qui contient une région tolérable délimitée par des niveaux de risques qui constituent des maxima négligeables et des minima inacceptables. Une notion de niveau équivalent de sécurité (Equivalent Level of Security, Elos) a également été élaborée dans le document « Guiding principles for the development of a regulatory concept » préparé conjointement par les JAA (Joint Aviation Authorities) et Eurocontrol. Le principe de base proposé vise à être aussi exigeant pour les drones que pour les vols avec pilotes à bord sans toutefois exiger des niveaux plus élevés simplement parce que la technologie le permettrait. Démontrer une équivalence s'avère cependant être un problème délicat qui est toujours l'objet de nombreux travaux. In fine, comme pour les systèmes de gestion de la sécurité, il reviendra à la puissance publique de fixer pour les activités impliquant des drones un niveau de risque acceptable, qui pourra le cas échéant être exprimé en termes de taux d'accident acceptable.

Tant que les travaux engagés n'auront pas abouti pour permettre de disposer d'une approche normative de sécurité, basée sur l'hypothèse que le respect de normes de sécurité prescrites assure la sécurité, les drones sont parfois autorisés à voler dans l'espace aérien sur la base d'une approche qui n'est pas prescriptive pour justifier la sécurité mais qui est basée sur des « dossiers de sécurité » établis au cas par cas. Ce peut être l'option la plus rapide pour obtenir une approbation, mais elle ne peut s'appliquer que si le nombre d'engins concernés reste limité.

L'agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), son pendant des États-Unis, la Federal aviation administration (FAA), les organisations internationales JARUS, EUROCONTROL, EUROCAE et son pendant américain le RTCA travaillent activement sur ces problèmes et ont déjà produit de premiers documents de référence : méthode d'évaluation de la sécurité d'EUROCAE ED-78A (cohérente avec son pendant américain la RTCA/DO-264), méthode d'EUROCONTROL. La plupart de ces méthodes d'évaluation des risques de sécurité pour les opérations de drones comprennent les éléments de base suivants : identification des dangers, fixation d'objectifs de sécurité et détermination des exigences de sécurité conformément aux recommandations formulées dans les approches générales FHA (Functional Hazard Assessment) et PSSA (Preliminary System Safety Assessment). D'autres méthodes potentiellement applicables pour évaluer la sécurité des opérations des drones sont en développement telle la méthode FAST/EME1.1, qui a été développée avec le soutien de l'AESA. À ce stade, toutes ces approches ne portent pas encore en Europe sur une évaluation globale de la sécurité des opérations de drones mais abordent séparément différents aspects de la sécurité : navigabilité (travaux d'USICO qui mettent l'accent sur la définition des objectifs de sécurité liés à la navigabilité des drones), intégration dans l'espace aérien (travaux d'EUROCONTROL qui se concentrent sur les risques de sécurité liés à la gestion du trafic aérien c'est-à-dire aux collisions entre les avions), sécurité des communications des drones (étudiée par l'AESA). La complexité du sujet fait qu'il n'est pas anormal qu'on aborde le problème par sous-ensembles, mais il faudra un jour rassembler toutes les pièces du puzzle pour avoir une vue d'ensemble du niveau de sécurité offert par les opérations des drones.

Dans ce contexte l'exploitation de drones civils n'est aujourd'hui autorisée que dans des conditions particulières pour lesquelles le risque pris est bien identifié et très limité (drones de faible masse, évoluant près du sol, en dehors des zones habitées, le plus généralement en vue du télépilote...). On présentera ci-après le cas très particulier des drones légers. Le cas le plus général sera également présenté pour mettre en avant les problèmes techniques restant à résoudre ainsi que les pistes identifiées pour progresser sur ces points.

2.1.2. Cas des drones très légers

La philosophie du dispositif mis en place pour les drones légers est de ne pas établir de règles trop contraignantes dans la mesure où leurs usages ne présentent que des risques limités. Il a ainsi été admis que les drones les plus légers, dans certaines conditions d'utilisation, et pour autant que des moyens aient été mis en œuvre pour mitiger les effets de certains risques connus, offraient un niveau de risque faible et acceptable et qu'on pouvait les autoriser à voler sans passer par le processus de certification classiquement utilisé pour les aéronefs pilotés. Les critères retenus pour autoriser les opérations de drones légers varient selon les pays ayant adopté une telle approche. S'agissant de la masse maximale au décollage, ne sont généralement autorisés sans exigence de certification que les engins de moins de 20/30 kg, certains pays préférant cependant se référer à l'énergie cinétique du drone en vol. Les contraintes opérationnelles généralement imposées concernent la possibilité d'évoluer ou non à vue du télépilote, la hauteur maximale d'évolution (de l'ordre de 150 mètres), la possibilité ou non de survoler des zones habitées et de voler de nuit, les distances minimales à respecter par rapport à des sites sensibles, notamment les aérodromes... Les contraintes définies sont de plus en plus fortes au fur et à la mesure que va augmenter la masse de drones et que l'on souhaite sortir d'espaces ségrégués prédéfinis, survoler des zones habitées ou encore voler hors de la vue du télépilote.

En France, où l'on a souhaité, dès 2012, permettre le développement de l'utilisation des drones, on a adopté un cadre d'exploitation de ce type en autorisant par exemple des vols hors de la vue du télépilote uniquement pour des drones très légers de moins de 2 kg. La réglementation mise en place qui est détaillée plus loin dans ce rapport y a répondu aux attentes initiales et a rempli son rôle d'encadrement et d'accompagnement de ce secteur en pleine évolution. Trois ans après son entrée en application, on ne déplore en France aucun accident humain malgré la multiplication des opérateurs qui, pour la plupart, n'avaient, en se lançant dans l'exploitation de drones, aucune connaissance du monde de l'aéronautique. L'essentiel des vols effectués a concerné des drones de 2 à 8 kg, exploités à vue du télépilote, et ne survolant pas de zones habitées, ce qui présente un niveau de risque effectivement très réduit.

Il convient de souligner que les opérateurs souhaitent souvent que les petits drones soient considérés et traités en premier lieu, plus comme des « outils » que comme des aéronefs. Beaucoup des données typiques de l'aviation habitée sont en effet dans le cas des drones traitées automatiquement de façon à ce que l'opérateur puisse se concentrer sur les objectifs de la mission assignée au drone plus que sur son pilotage.

Si les drones légers devaient être certifiés, même au travers d'un processus simplifié, le coût de ces systèmes pourrait augmenter considérablement, ce qui ne manquerait pas d'avoir des conséquences sur le marché concerné.

2.1.3. Principales questions au cœur des travaux menés sur les plus gros drones

De grands groupes industriels évaluent aujourd'hui des drones nécessitant plus d'autonomie et de capacité d'emport que les engins civils aujourd'hui couramment autorisés. De même, les constructeurs de gros drones militaires imaginent des versions dérivées de leurs drones pour réaliser des missions civiles, y compris des missions pour lesquelles les drones seront intégrés dans la circulation aérienne au même titre que les avions. Il conviendra pour permettre ces évolutions de pouvoir apporter des garanties en termes de sécurité et pour cela de s'appuyer sur des technologies complexes et coûteuses afin notamment de prévenir les risques de perte de contrôle de l'engin.

La réglementation communautaire ne s'applique à ce stade qu'aux drones de plus de 150 kg et ouvre des possibilités d'exploiter des engins certifiés qui, à terme, devraient pouvoir évoluer dans l'espace aérien au même titre que les avions. Pour les drones de moins de 150 kg ce sont en Europe, les réglementations nationales qui s'appliquent. Pour ceux de moins de 20/30 kg selon les cas on a vu qu'une certification n'est en général pas demandée. Pour ceux présentant une masse supérieure, il n'existe pas en Europe d'approche harmonisée. La réglementation française actuelle prévoit un examen au cas par cas. Différents pays ont prévu dans leur réglementation la certification de ces drones en se référant parfois à des spécifications définies pour la certification de drones militaires (STANAG 4671), ou parfois à des codes existant pour les aéronefs pilotés. Ces réglementations ne donnent parfois qu'un cadre général pour des exigences de certification et doivent souvent être précisées par des analyses au cas par cas. Le Royaume-Uni a produit le document « Guidance material for UAS system safety requirements » en vue de fixer des niveaux minima acceptables pour l'intégrité des systèmes de drone afin de protéger les personnes contre les collisions avec eux. Il s'agit en fait d'un moyen acceptable de conformité.

D'autres pays européens abordent également dans leur réglementation le cas des drones situés dans cette gamme de poids mais force est de constater qu'à ce stade les possibilités ouvertes n'ont guère été exploitées. Peu de drones relevant de cette catégorie sont aujourd'hui autorisés à voler et nombre de questions restent ouvertes avant qu'ils puissent l'être plus largement. Il s'agit de ce qui touche :

– à l'intégration dans l'espace aérien avec notamment la prise en compte des attentes en matière de fiabilité technique et comportementale pour ne pas mettre en danger la sécurité des autres aéronefs : capacité des drones à répondre pleinement aux critères de navigabilité (certification, problématiques spécifiques à la motorisation, à l'alimentation en énergie...) et à respecter les règles de la circulation aérienne (détection de proximité, gestion des situations dégradées, des pannes...);

– à la fiabilité des transmissions de données : fiabilité des stations au sol et des liaisons avec les drones, contraintes en termes de fréquences, de débits, de portées, de résistance aux perturbations radio-électriques et au brouillage ;

– à la gestion des situations dégradées et des pannes : perte des liaisons sol/air, perte de contrôle ou panne technique du module volant... ;

– aux exigences qui restent souvent à formuler à l'égard des opérateurs et du niveau de compétence des télépilotes.

Ces points font aujourd'hui l'objet de nombreux travaux en vue de trouver des solutions techniques aux problèmes posés et de mettre en place un cadre réglementaire pour permettre le déploiement des drones. Les types de drones que l'on peut rencontrer étant très variés et chacun de ces types présentant des risques différents dans les différentes classes d'espace aérien existantes, les points mentionnés ci-dessus devront généralement être déclinés dans de multiples variantes propres à chacun des risques identifiés. Il y a là un très gros chantier, dans lequel l'identification même des risques ne sera pas le moindre et qui va s'étaler sur plusieurs années.

Quelques-uns de ces points sont précisés ci-après.

2.1.4. Certification

L'accès d'engins volants à l'espace aérien civil ne saurait être envisagé que si ceux-ci offrent des conditions de sécurité acceptable. Cette garantie, pour les aéronefs pilotés, est assurée au travers d'un processus de certification. La certification des drones civils fait d'ores et déjà l'objet de procédures qui sont décrites dans l'Annexe 8 de la Convention de Chicago (Navigabilité des aéronefs) et il existe également des procédures applicables à la certification des drones militaires. C'est le cas des codes de navigabilité qui ont été développés pour les drones militaires de type avion (à aile fixe) de moins de 150 kg dans le cadre de l'OTAN (STANAG 4703) ou pour certains équipements constituant des sous-ensembles de drones militaires (STANAG 4671). Moins prescriptif que les codes traditionnels, le STANAG 4703 est proche dans son esprit de la démonstration d'un niveau de sécurité acceptable adapté aux circonstances du vol utilisé en l'absence de certification.

De nombreux travaux sont aujourd'hui réalisés notamment par l'AESA ou la FAA pour décliner les principes généraux concernant la certification des drones civils d'ores et déjà définis en règles pratiques applicables aux différents types de drones.

En Europe, le règlement n° 216 concernant les règles communes dans le domaine de l'aviation civile et qui a instauré l'AESA prévoit que les drones de plus de 150 kg doivent être certifiés et l'AESA a indiqué que la Part 21 applicable à cet égard aux avions pilotés s'appliquerait également pour les drones. À noter également qu'en se basant sur la méthodologie développée pour les drones militaires, l'AESA demande que l'on certifie dans le cadre d'une certification unique le module volant et la station de pilotage alors que l'OACI dans l'Annexe 2 de la Convention (Règles de l'air) admet des certifications séparées pour chacun des éléments.

Comme pour un aéronef piloté, la certification d'un drone donné passera par la délivrance d'un certificat de type et d'un certificat individuel. Le fait que l'on tende à multiplier les modèles de drones pour les adapter aussi finement que possible aux missions qui leur seront confiées pourrait rendre nécessaire des certifications pour des appareils produits en peu d'exemplaires, ce qui aura un coût.

Les approches développées dans les différents pays qui ont abordé ce sujet sont loin d'être harmonisées qu'il s'agisse de la fixation des objectifs de sécurité (par exemple le niveau de risque maximum acceptable qui peut être traduit en termes de nombre d'accidents acceptables par millions d'heures de vol), des exigences vis-à-vis de la conception, de la production et de la maintenance (certification initiale et en continu) traduites dans des codes de certification.

Ces codes (Certification Specifications) devront couvrir toutes les spécificités des drones : liaisons de commande et de contrôle (dites C2), niveau d'autonomie, interface homme/machine, station de pilotage, évaluation de la sécurité du système, capacité de réagir face à des situations d'urgence... Les travaux actuellement engagés sur ces sujets visent notamment à chercher, lorsque cela apparaît possible, à adapter les règles et les codes mis au point pour certifier les aéronefs pilotés aux spécificités des drones. Le fait que l'objectif de base de la certification pour les drones soit d'assurer la sécurité non pas des personnes transportées mais celle des personnes et des biens survolés ainsi que des autres aéronefs n'est pas sans conséquences sur la mise en œuvre des concepts couramment utilisés en matière de certification comme la définition des risques associés à un événement (qui sont traditionnellement classés en sans effet, mineur, majeur, hasardeux ou catastrophique), la traduction de ces qualifications en termes de probabilités (événement probable, peu probable, très peu probable) voire sur l'application aux drones des notions de « fail safe » ou sur l'évaluation, pour des systèmes aussi complexe, des exigences de sécurité. Ceci est d'autant plus délicat qu'on dispose à ce stade de peu de statistiques sur la fiabilité des drones ayant été exploités. En l'absence de telles données, il sera nécessaire pour valider les nouveaux concepts développés d'effectuer de nombreux vols de démonstration.

On peut ici rappeler quelques données relatives à l'accidentologie des drones militaires car ceci peut apporter des informations intéressantes sur la manière d'aborder certains aspects de la sécurité des futurs drones civils. Les drones militaires qui sont exploités depuis de nombreuses années peuvent être de grande taille (souvent d'une masse supérieure à une tonne) et n'évoluent généralement pas dans l'espace aérien fréquenté par les aéronefs pilotés. Pour les premières générations de ces drones, le taux d'attrition était important. Une étude de Israel Aerospace Industries (IAI) basée sur 120 000 heures de vol réalisées avant 2007 indique que les causes de pertes impliquaient pour 30 % le contrôle en vol (décollage/atterrissage), pour 25 % la motorisation, et pour 25 % les erreurs humaines (ce qui est faible, le taux attribuable aux erreurs humaines pour les aéronefs pilotés étant de 75 %), les 20 % restant étant imputables à des problèmes de communications ou d'énergie. Des progrès constants sont réalisés, mais on estime que le taux d'attrition des drones militaires est encore

aujourd'hui, 3 ou 4 fois supérieur à celui des avions. Un rapport d'enquête sur les accidents de drones militaires américains mentionnait récemment que plus de 400 drones militaires américains de grande taille se seraient écrasés dans le monde depuis 2001 et qu'une collision aérienne avait été enregistrée et ce, pour quelque 4 millions d'heures de vol. Les dysfonctionnements à l'origine de ces catastrophes étaient attribués à des pannes mécaniques ou électriques, à des pertes de liaisons air-sol, à des erreurs humaines et à de mauvaises conditions météorologiques. Ces accidents n'auraient fait aucune victime.

De manière générale, beaucoup de travail reste à faire avant que l'on dispose de processus de certification complets et les travaux engagés s'efforcent de tenir compte des technologies aujourd'hui disponibles et de celles en développement.

JARUS a un groupe de travail, le WG 6, UAS System Safety Group, qui travaille à l'établissement de recommandations pour une classification des pannes et l'évaluation de leur probabilité d'occurrence et de leur gravité et à la définition d'objectifs de sécurité (AMC UAS 1309). Ce document définit des exigences de certification pour des fonctions qui sont habituellement remplies par des pilotes ou qui sont spécifiques aux drones en cherchant à garantir un niveau de sécurité équivalent à celui des aéronefs pilotés. Ceci est rendu particulièrement complexe du fait du niveau d'automatisation requis s'agissant notamment du Flight Management System (FMS). La fonction « Détecter et éviter » qui relève de l'anti-collision est abordée séparément par JARUS. Les objectifs de sécurité, exprimés en taux d'accident, affichés varient selon les types de machines (en fonction de la masse, du fait que la sustentation soit assurée par des ailes ou par des pales et du mode d'exploitation : VLOS, BVLOS...) mais sont toujours très élevés et résolument ambitieux. Certains estiment d'ailleurs qu'il serait préférable de baser les exigences de certification sur une évaluation du risque exprimée en termes de victimes en cas d'accident et non en nombre d'accidents, cette dernière approche leur apparaissant pénalisante pour des engins ne transportant pas de passagers et moins bien adaptée à certains types d'exploitation.

EUROCAE prépare des normes techniques qui permettent de garantir, pour les sous-ensembles relevant de son champ de compétence, que les objectifs de certification qui peuvent être prescrits sont bien garantis. EUROCAE dispose d'un groupe de travail, le WG 73, qui traite de la thématique de la certification sur la base de l'AMC UAS 1309 produit par JARUS pour les drones de plus de 150 kg et prépare les éléments appelés à figurer dans le document ED78A (EUROCAE Document 78A) où seront analysées différentes approches d'ores et déjà développées dans le monde s'agissant d'objectifs de sécurité pour les systèmes de drones que ce soit par l'AESA, JARUS, le STANAG pertinent de l'OTAN ou son pendant des États-Unis, le RTCA. Ce travail inclut, entre autres, une analyse des catégorisations des risques de pannes en vol dans les phases d'atterrissage ou de crash. Le groupe de travail WG 93 travaille pour sa part sur ce qui concerne les plus petits drones dans le champ de compétence d'EUROCAE.

Exigences vis-à-vis des concepteurs de drones

Outre la certification des systèmes de drones, de nombreux travaux sont engagés pour ce qui concerne l'approbation de la conception et des concepteurs de ses systèmes avec l'objectif affiché, comme pour les aéronefs pilotés, de s'assurer que ces concepteurs ont un niveau suffisant pour assumer leurs responsabilités et préciser dans quelles conditions les autorités en charge de la sécurité pourront leur déléguer certaines tâches. Les exigences essentielles pour l'approbation des concepteurs porte sur la disponibilité de moyens, tant humains que matériels, au niveau adéquat et sur le système de gestion mis en place pour assurer la conformité avec les exigences essentielles en matière de navigabilité, s'agissant notamment des concepts d'agrément

des organismes de conception et de production et de système d'assurance conception prévus en Europe par le Part 21. Des variantes allégées des dispositions correspondantes existent pour les aéronefs les plus légers mais ne sont pas nécessairement adaptées aux drones qui sont complexes par nature et parfois d'autant plus complexes qu'ils sont légers. Les différentes réglementations nationales existantes abordent cette question et demandent généralement que les concepteurs et fabricants de drones légers disposent d'approbations. Au Royaume-Uni, la politique relative aux drones légers fait appel à des organismes agréés, les entités qualifiées prévues par le droit communautaire, pour effectuer des évaluations de navigabilité au nom de la Civil Aviation Authority (CAA) et pour soumettre des rapports et des recommandations à la CAA. Les normes à respecter par les entités qualifiées au Royaume-Uni sont publiées dans le CAP 553 BCAR section A. Le groupe de travail de JARUS « Organization Approval » travaille également sur cette question.

Navigabilité en continu

La navigabilité en continu vise à s'assurer que durant toute sa durée de vie un aéronef répond aux exigences en matière de navigabilité en vigueur et permet une exploitation sûre. Ceci passe par la mise en place d'organisation adéquate pour toutes les activités relatives à la maintenance à court et long cycle comme pour la réalisation de réparations pour tous les composants concernés du système d'aéronefs. Là encore, la réglementation applicable aux aéronefs pilotés (règlement EC n° 2042 et ses annexes Part M, traitant de la navigabilité continue, Part 145 de l'organisation de la maintenance et Part 147 de la formation dans ces domaines) ne peut pas toujours être appliquée en l'état aux drones et doit être adaptée. Certains pays ont commencé ce travail d'adaptation pour les petits drones.

* *

La difficulté pour progresser sur l'ensemble de ces sujets consistera à trouver des règles proportionnées par rapport au risque, en tenant compte de la masse, de la vitesse, de la complexité, de la classe d'espace aérien où évoluera un drone donné et du lieu ou de la spécificité de son exploitation. L'approche traditionnelle concernant la certification de navigabilité et l'octroi des licences de pilotes et de licences d'exploitant pourrait être complétée par certaines formes de réglementation moins contraignante. La simple identification de l'exploitant de drones pourrait suffire dans certains cas et dans d'autres, la certification pourrait ne porter que sur certains sous-ensembles du drone, par exemple le système de détection et d'évitement ou la transmission de données au lieu de porter nécessairement sur l'ensemble du système. En Europe, il serait sans doute souhaitable de passer par une harmonisation des règles d'ores et déjà existantes dans les différents pays avant d'envisager leur remplacement par les règles communes.

2.1.5. Intégration dans la circulation aérienne générale

Sauf autorisation spéciale, les drones sont, à ce stade, cantonnés dans des espaces dits « ségrégués » où ils ne risquent pas de rencontrer d'autres aéronefs ; il peut s'agir de zones proches du sol ou de portions d'espace aérien prédéfinies incluses dans l'espace aérien ouvert aux avions pilotés et réservées à l'évolution d'un drone donné, portions qui peuvent être déplacées avec celui-ci. L'intégration des drones dans l'espace aérien sans leur imposer de ségrégation pose des défis très importants en raison des difficultés, voire dans certains cas même des impossibilités, identifiées pour qu'ils se conforment à la réglementation en vigueur tant pour ce qui concerne l'utilisation de l'espace aérien, les opérations dans lesquelles ils sont impliqués que le

respect des « Règles de l'air ». On part à cet égard du principe que les drones devront de manière générale s'adapter à la réglementation existante et que les compléments qui devront être apportés à cette réglementation pour permettre leur intégration n'affecteront pas le cadre actuel d'exploitation.

Les quelques exemples suivants, qui n'ont aucun caractère d'exhaustivité, visent à illustrer le type de problèmes pour lesquels il conviendra de trouver des solutions adaptées :

– Respect des « Règles de l'air » pour tous les vols effectués dans l'espace non ségrégué qu'il s'agisse des règles du vol à vue (Visual Flight Rules, VFR) ou de vol aux instruments (Instrument Flight Rules, IFR). Voler en VFR implique de disposer de conditions météorologiques autorisant ce type de vol (dites VMC pour Visual Meteorological conditions) et donc de disposer de moyens pour évaluer en permanence la situation de façon à ce que le drone soit toujours hors des nuages. Pour les vols en conditions IMC (Instrument Meteorological Conditions), il faudra disposer de technologies pour faire ce que permet de faire l'œil du pilote. Les réglementations actuelles ne peuvent être simplement transposées sur ces sujets. Les drones devront être en mesure de suivre les procédures classiques de vol aux instruments qui sont définies. Aujourd'hui, très peu de drones sont équipés pour recevoir des signaux VOR ou DME (fournissant des relevés d'angles et de distances permettant aux aéronefs de se positionner) à cause notamment du poids des équipements nécessaires pour cela. Ils sont en revanche plus fréquemment équipés de récepteurs GNSS tel les GPS leur permettant de se positionner par rapport à un réseau de satellites.

– L'application de ces mêmes « Règles de l'air » pose de plus le problème essentiel de l'évitement des collisions avec d'autres trafics. Trois types de conflit sont à cet égard à gérer : les conflits stratégiques (relevant de l'organisation de l'espace, de la définition de capacités, de la synchronisation des trafics), les conflits de séparation (respect des minima qui peut être rendu délicat du fait de taux de montée et de profils de vols très particuliers de certains drones), et conflits d'évitement des collisions (avec le cas échéant activation de certains dispositifs si une proximité est détectée). Les règles concernées varient selon les classes d'espace aérien concernées. Leur application met en œuvre des actions relevant des services de contrôle du trafic aérien (ATC) et pour les avions pilotés par des pilotes, qui ont une perception directe de leur environnement et disposent de moyens pour communiquer avec l'extérieur, ainsi que de divers instruments dont les radars, les systèmes d'alerte de trafic et d'évitement de collision (TCAS pour Traffic alert and Collision Avoidance System). Il existe de plus des règles de priorité. Pour les drones, c'est seulement pour les vols réalisés à vue du télépilote (VLOS) que ces règles peuvent être aujourd'hui facilement appliquées.

– Les fournisseurs de services de navigation aérienne devront disposer de procédures d'urgence afin de tenir compte des différents modes de défaillance des systèmes de drone notamment des liaisons entre la station sol et le module volant (liaisons dite C2) mais aussi de tous autres types de pannes notamment celles pour lesquelles seraient prévus un retour à la base en mode automatique ou une descente d'urgence en parachute.

Se pose également la question de l'organisation de l'espace aérien, de la disponibilité de couloirs aériens adaptés à des aéronefs volant souvent bien plus lentement que les avions, et de leur intégration dans un espace déjà fortement sollicité par la circulation d'aéronefs civils et militaires.

2.1.6. Technologies en cours de développement

Pour permettre la certification des drones et leur intégration dans l'espace aérien civil en toute sécurité, les industriels misent sur le développement de nouvelles technologies, souvent complexes. Nombre des systèmes déjà conçus pour les aéronefs pilotés ne correspondent en effet pas aux besoins des drones compte tenu notamment des contraintes de masse et de volume qui s'imposent pour des drones de petite et moyenne tailles. La plupart des technologies envisagées ne sont pas encore disponibles et de nombreux programmes de recherche et développement sont menés à cet égard. Parmi les technologies et thématiques à approfondir et à valider on trouve :

- les technologies relatives à la fonction « Détecter et éviter » (souvent abrégée en DA, DAA ou D&A de l'anglais Detect and Avoid) ;
- celles relatives aux fonctions commande et contrôle (C2), y compris ce qui touche à l'attribution et à la gestion des fréquences ;
- la sécurisation contre les attaques physiques, électroniques ou informatiques ;
- la définition de procédures d'urgence transparentes et harmonisées ;
- la capacité de décision pour assurer un comportement normalisé et prévisible dans toutes les phases de vol ;
- les aspects liés au facteur humain tels que le pilotage.

En Europe, où il est envisagé d'intégrer les drones dans une prochaine version du plan directeur de gestion du trafic aérien (ATM pour Air Traffic Management), certains des programmes de recherche et de développement engagés sont gérés par la Commission européenne, Eurocontrol, l'agence européenne de défense (AED), l'agence spatiale européenne (ASE) et l'entreprise commune SESAR-JU.

On illustrera ci-après la diversité des problèmes rencontrés pour la seule fonction DA tout en rappelant que les technologies développées peuvent n'être appropriées qu'à certains types de drones (selon leur masse, leur vitesse, le fait qu'ils disposent de voilures fixes ou tournantes...).

La fonction « Détecter et éviter »

La fonction « Détecter et éviter » vise à assurer la fonction « Voir et éviter » définie pour les aéronefs pilotés c'est-à-dire être en mesure de détecter un conflit de trafic potentiel ou d'autres risques et de prendre les mesures appropriées. Développer une telle fonction pose des défis importants afin de se conformer, non seulement aux exigences mentionnées ci-dessus : capacité à détecter, à développer une conscience des risques liés à l'environnement, mais aussi à d'autres exigences, par exemple, capacité à assurer un respect effectif des règles de priorité, savoir réagir à la présence d'autres aéronefs dans le voisinage (intrus coopératifs ou non) et ce avec des délais de réaction permettant d'éviter une collision, assurer une complète compatibilité avec les systèmes anti-collision embarqués existants (ACAS), etc.

Les exigences relatives aux performances attendues de ces systèmes, qui doivent fournir des performances au moins aussi bonnes que dans la détection d'intrus par des pilotes humains, restent encore largement à préciser (par exemple le taux de panne

acceptable et le fait que ce taux en fait ou non un système critique, avec toutes les conséquences que cela peut avoir sur le coût final du dispositif).

Il existe, selon EUROCONTROL, de nombreuses solutions pour développer une fonction DA en utilisant notamment les données fournies par les systèmes de surveillance dont on pourrait extraire des données supplémentaires pour assurer une séparation sécuritaire. On envisage également d'utiliser les informations fournies par certains des équipements de bord tels les transpondeurs SSR et les émetteurs-récepteurs ADS-B, des capteurs coopératifs ou non, dépendants ou non (radars primaires de surveillance, radars de surface, radars secondaires, SSR mode S, ADS-B et C Wide Area Multilateral Systems, WAM), les systèmes de surveillance de traitement des données et de distribution de données (SDPS, SDDS, ARTAS, RADNET) ou encore les outils de surveillance (systèmes de soutien d'analyse de surveillance, calculatrice de station radar...). Les technologies à développer pour assurer la fonction DA reposeront principalement sur des solutions de coopération entre ces différents systèmes. Aucun capteur unique n'apparaît en effet être suffisant pour satisfaire toutes les exigences de la fonction DA pour tous les drones, la combinaison de plusieurs de ces systèmes : TCAS, ADS-B et TIS-B (Traffic information service–broadcast) par exemple apparaît pouvoir fournir une solution éprouvée, ce point a d'ores et déjà été validé par la FAA.

Un certain nombre de programmes de recherche et développement visent en Europe à créer une base technologique et de la normalisation des solutions de DA. On peut à cet égard citer les programmes MIDCAS (de l'anglais « Mid-air Collision Avoidance »), issus d'une initiative franco-suédoise et dont la coordination est assurée par l'Agence européenne de défense (AED) et ASTRAEA au Royaume-Uni. Le projet MIDCAS lancé en 2009 regroupe cinq nations (France, Allemagne, Espagne, Italie, Suède), et s'est vu affecter un budget commun de 50 M€. Il confie à un consortium d'industries européennes, dont Thales et Sagem sont les contributeurs majeurs, la tâche de coordonner leurs efforts pour résoudre cette question critique. Si aucune solution universelle n'est encore apparue, des progrès sont cependant régulièrement réalisés. Ainsi, une série de vols de tests ont été réalisés en décembre 2014 sur la base de l'armée de l'air italienne de Grazzanise avec un drone de type Sky-Y à voilure fixe équipé d'un système DA prototype MIDCAS qui avait le contrôle complet du drone et ce dans diverses configurations, avec détection mutuelle ou non, jusqu'à une presque collision avec un avion piloté. Ils ont été jugés concluants. À noter que les contrôleurs aériens ont indiqué que la gestion du drone durant ces essais ne leur avait pas occasionné de surcharge de travail.

Les travaux engagés sont plus spécialement adaptés à des systèmes destinés à des drones de grande taille en raison des exigences très complexes à prendre en compte relatives à la taille et au poids des équipements concernés. Des travaux sont par ailleurs également engagés par de nombreuses institutions et entreprises pour développer des systèmes DA adaptés aux contraintes en termes de masse notamment que présentent les drones légers. Pour ces derniers, le recours à d'autres technologies est envisagé et notamment l'utilisation :

– de capteurs acoustiques (peu efficace cependant pour détecter des planeurs ou des ballons) ;

– de système au sol basé sur un radar primaire (la station au sol interroge et reçoit les réflexions de signal ; cette technologie est mature et éprouvée mais nécessite une connexion radio continue avec le drone pour lui fournir des données de trafic) ;

– de système multi-statique radar passif (MSPSR) qui repose sur l'usage de signaux radio déjà utilisées à d'autres fins, comme la radio, la télévision et la diffusion du réseau GSM pour détecter un objet dans l'air ;

– de systèmes LIDAR et ADS-B utilisant un faisceau laser à la place de la réflexion des ondes radio, voire radar automobile...

Doivent également être prises en compte des considérations relatives à la visibilité des drones de façon à ce qu'ils soient bien perçus (obligations en matière de balisage ou de peinture).

Certains des systèmes développés adaptés à certains drones sont d'ores et déjà sur le marché ou en attente d'un processus de certification mais nombre d'entre eux n'existent encore qu'à l'état de prototypes.

Un rapport sur ce thème réalisé en 2009 par le consultant Contarino et S. soulignait les difficultés inhérentes à la problématique DA et stipulait que : « *La quasi-totalité des technologies de capteurs standards (y compris le radar, le lidar, la détection acoustique, les technologies EO/IR soit electro-Optical/Infra Red) ne parviennent pas à répondre aux contraintes en termes de taille, de poids et de puissance (contraintes dites SWaP, pour Size, Weight and Power) pour satisfaire les besoins et sont de plus souvent beaucoup trop chères dans l'état actuel de la technologique, ce qui signifie que le défi ne peut simplement pas être atteint à moindre coût avec une combinaison de capteurs standards* ». Les estimations du coût d'un développement de systèmes performants sur la base des capteurs actuels faisaient alors état de plus de 2 milliards de dollars à engager sur plus de 10 ans pour parvenir à une solution. Même si les exigences de SWaP pourraient être atteintes, un tel coût risquait de rendre les systèmes correspondant inabordables.

Le chantier ouvert sur ce sujet ne fait que débiter et même si des résultats concrets ont déjà été obtenus, Eurocontrol a évalué un horizon de développement pouvant aller jusqu'en 2030 pour certaines des techniques de surveillance qui pourraient être développées. Il convient enfin de noter que la technologie et le développement des drones apparaissent aujourd'hui être bien en avance par rapport à la mise en place de la réglementation qui sera nécessaire pour en encadrer l'exploitation.

2.1.7. Communications et problématique de l'allocation de fréquences

Les services de communication, de navigation et de surveillance (dits services CNS) pour la gestion du trafic aérien utilisent, pour des raisons de sécurité, des bandes de fréquences du spectre radioélectrique réservées à l'aéronautique par des traités internationaux. Ceci concerne notamment le service mobile aéronautique (le long des routes aériennes), le service mobile aéronautique par satellite et le service de radionavigation aéronautique (tels que définis dans le Règlement des radiocommunications). Pour ce qui concerne les avions pilotés, ces fréquences sont notamment utilisées pour les communications entre les pilotes et le personnel des centres de contrôle. Elles permettent de transmettre des instructions pour la conduite du vol (clairances) et des informations importantes pour la sécurité de la circulation aérienne et l'efficacité de la gestion du trafic aérien. Les liaisons satellitaires et celles utilisées pour la radionavigation bénéficient également de bandes de fréquences réservées.

Les drones ont besoin de fréquences pour les liaisons destinées à la gestion du vol : pilotage des drones (liaisons C2) et liaisons radio avec le contrôle du trafic (liaisons

C3). Le débit nécessaire à ces liaisons est faible, inférieur à la classe de 100 kilobits par seconde.

De plus, les drones recourent au spectre électromagnétique pour les liaisons dites « de mission » ou de « charge utile » (CU), par lesquelles les informations recueillies à bord (informations collectées par les différents capteurs, vidéo, etc.) sont retransmises vers les stations d'exploitation au sol. Le débit nécessaire à ces liaisons est élevé, de l'ordre de quelques mégabits par seconde (et jusqu'à 200 mégabits par seconde).

Les liaisons de données peuvent être assurées en portée optique directe avec une allonge limitée de 150 à 400 km selon le type de drone, ou au-delà de cet horizon à travers un relais aérien ou spatial. La téléopération du drone sur un théâtre extérieur lointain n'est généralement possible qu'à condition de disposer des ressources satellitaires.

Le nombre de liens fréquentiels nécessaires pour l'exploitation d'un drone pour les seules fonctions C2 et CU peut dépasser 12.

Le spectre de fréquences est aujourd'hui très encombré et le deviendra de plus en plus car sans cesse convoité par de nouvelles applications. Même si on est loin des besoins en largeur de bande d'un drone militaire stratégique, l'obtention d'une image correcte en utilisant un minidrone nécessitera quelques MHz de bande.

Dans une zone de forte activité électromagnétique, peuvent donc se poser des problèmes d'interférences ou de pertes de liaisons. La liaison C2 constituant l'unique moyen de contrôler un aéronef sans pilote en temps réel, il est impératif de prévoir sa protection grâce à une attribution de fréquence appropriée pour la sécurité aéronautique, mais aussi grâce à une liaison exceptionnellement fiable. Une perte de communication, de signal, même durant un temps limité peut en effet constituer un problème majeur dont les conséquences seront fonctions du niveau d'autonomie du drone. Une telle perte pourra amener un petit drone à se crasher, le cas échéant en déployant un parachute pour limiter les effets de sa chute (une énergie maximale de 63 joules à l'impact est parfois citée comme référence en la matière), et de plus gros drones, équipés en conséquence, à exécuter des programmes de retour à la base ou de positionnement dans une zone donnée. Les risques correspondants à des problèmes rencontrés sur les diverses liaisons radioélectriques (perte ou altération de la communication télépilote ATC, perte de C2...), la disponibilité de moyens alternatifs, les conditions d'application des normes de l'annexe 10 de la convention de Chicago (Télécommunications aéronautiques) même si l'émetteur n'est pas à bord, sont en cours d'évaluation.

L'OACI s'emploie à élaborer un cadre normatif pour les systèmes d'aéronefs sans pilotes ou les avions télépilotes et notamment dans ce dernier cas des normes et des pratiques recommandées pour les liaisons C2. Il s'agit là d'un sujet très délicat. L'aptitude à voler doit en effet être assurée dans un environnement qui peut impliquer de nombreux pays (pays d'immatriculation du drone, pays survolé, pays d'où le drone est télépilote, pays dont relève le cas échéant un système de contrôle par satellite). Parmi les sujets délicats figurent notamment le problème de l'identification des responsabilités en cas d'accident et la manière de gérer le problème d'éventuels brouillages.

Les drones utilisent aujourd'hui un large spectre de fréquences, spectre qui va de 72 MHz (VHF) à 15 GHz (Ku-band). Les petits drones qui sont, pour l'essentiel, exploités à très faible hauteur (en dessous de 120 mètres, soit sous 400 pieds) utilisent généralement pour ces transmissions des fréquences qui sont dans la gamme UHF

(de 300 MHz à 900 MHz) mais certains utilisent cependant d'autres longueurs d'ondes (L-Band 1,750 MHz, S-Band 2,4 GHz, C Band) ; certaines des fréquences utilisées sont celles de l'aéromodélisme. De même, les transmissions de données et de vidéo pouvant se faire dans les bandes sans licence telles 2,4 GHz ou 5,8 GHz analogiques. Cela n'est pas sans poser des problèmes compte tenu des risques d'interférences, risques qui ne peuvent que croître au fur et à mesure que le nombre de drones utilisés augmentera. Ces fréquences ne sont généralement pas des fréquences attribuées mais les États peuvent exiger sur leur territoire l'utilisation de certaines fréquences.

Cependant, pour les opérations réalisées en vol aux instruments (IFR), hors vue du télépilote ou au-dessus de 400 pieds impliquant des liaisons radio en vue de la station (RLOS pour Radio Line of Sight) et non (BRLOS Beyond Radio Line of Sight), l'OACI exige l'utilisation de bandes aéronautiques protégées (bandes allouées AM (R) S et AMS (R) S respectivement pour les composants terrestre et satellite). C'est notamment le cas pour la réalisation de certaines missions d'inspections d'infrastructures linéaires.

Aux problématiques posées par ces questions, essentiellement techniques, mais dont les conséquences financières peuvent, selon les solutions apportées, être lourdes pour l'économie de l'exploitation d'un système de drone, s'ajoute le problème de la disponibilité des fréquences utilisables qui lui-même pourrait restreindre d'utilisation des drones. Le problème de la disponibilité de fréquences constitue sans doute l'un des problèmes les plus aigus qui se posent aux drones.

Il est donc apparu très souhaitable de pouvoir disposer d'un spectre de radiofréquences spécifique réservé pour les communications C2 des drones civils. Des études justifiant une telle attribution ont été présentées dès 2012 lors de la Conférence mondiale des radiocommunications (CRM-12) organisée par l'agence spécialisée des Nations Unies qui coordonne l'utilisation globale partagée du spectre radio à savoir l'Union internationale des télécommunications (UIT). Lors de cette conférence :

– « *L'approbation a été accordée à l'allocation de 61 MHz du spectre de la sécurité aéronautique terrestre supplémentaire pour le service mobile aéronautique (route) (SMA R), autorisation limitée à l'exploitation de drones, dans la bande de fréquences 5030-5091 MHz (soit dans la bande C) »*. Cependant, la proposition de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) sur une éventuelle attribution au SMA R dans la bande 15,4 à 15,5 GHz n'a pas été acceptée par la Conférence, même pas comme une allocation régionale, cette bande passante étant actuellement utilisée par les services de satellite.

– Pour les opérations utilisant des relais de satellites (SATCOM), il a été approuvé une résolution qui prévoit que soient menées des études sur l'utilisation des bandes et des satellites du service fixe par satellite (bande FSS Ku) en vue d'une décision sur ce point lors de la prochaine réunion de la CMR, CMR-2015 qui aura lieu en novembre 2015. Quelle que soit la décision qui sera prise, les bandes Ku radios ne pourront pas être utilisées par des drones légers en raison de la taille et du poids des équipements correspondants.

Des travaux pour affiner les normes terrestres dans la bande des 5 GHz pour les liaisons C2 pour les vols en conditions RLOS et BRLOS sont engagés tant aux États-Unis (groupe RTCA SC-203) qu'en Europe (sous-groupe EUROCAE WG 73 SG 3).

Les divers équipements de communications qui seront utilisés devront être très performants en termes de disponibilité, de continuité, d'intégrité et de temps de latence (qui caractérise la capacité à réagir à un événement compte tenu des délais de

transmission des informations). Des travaux sont engagés pour définir les performances minimales des équipements correspondants (Minimum Operational Performance Standards, MOPS) dont la plupart n'existent aujourd'hui qu'au stade du prototype. En ce qui concerne la composante satellite, des radios en bande L sont disponibles sur étagères, mais doivent encore être certifiées avant de pouvoir être utilisées par des drones pour leurs liaisons de données C2. L'initiative engagée pour le développement d'un système de communications par satellite dans la bande des 5 GHz permettrait l'utilisation de radios hybrides compactes terrestre/satellite avec une masse et un encombrement relativement faible qui pourrait se révéler appropriées pour les drones légers.

2.1.8. Exigences vis-à-vis des opérateurs, des télépilotes

Il apparaît relativement facile de transposer pour les opérateurs de drones les prescriptions existantes pour encadrer l'activité des exploitants d'aéronefs pilotés en vue d'assurer la sécurité. Il est notamment envisagé de les soumettre à la délivrance de certificat d'opérateur du type de ceux utilisés pour les opérateurs d'aéronefs pilotés. Ils devront pour cela disposer de systèmes de gestion de la sécurité, de méthodes de préparation, de contrôle et de supervision des vols, d'un programme de maintenance (maintien de la navigabilité...) et de formations adéquates s'agissant notamment de leurs télépilotes.

Définir une réglementation concernant les opérateurs demande cependant que l'on ait tout d'abord défini le type des opérations qui pourraient être effectuées par des drones. La feuille de route de l'ERSG proposait à cet égard une taxonomie distinguant :

– Les opérations à très bas niveau (VLL pour Very Low Level) qui correspondent à des vols effectués à une hauteur d'évolution inférieure à celle où évolue en VFR et a fortiori en IFR des appareils pilotés (typiquement sous 4/500 pieds ou 150 mètres). Parmi ces vols, on distingue les vols réalisés à vue du télépilote (en VLOS pour Visual Line of Sight) là encore typiquement jusqu'à 500 m du télépilote, les vols à vue étendus (E-VLOS pour Extended Visual Line of Sight), pour lesquels le drone est gardé à vue par un ou des observateurs en relation avec le pilote, et les vols au-delà de la vue du télépilote (B-VLOS pour Beyond Visual Line of Sight) où les opérations sont toujours réalisées sous 500 pieds mais sans que le télépilote ait le drone en vue directe. Des équipements spéciaux peuvent alors être requis.

– Au-dessus de 500 pieds, on trouvera des vols VFR ou IFR opérant en ligne directe radio (Radio Line of Sight RLOS) dans des espaces non ségrégués également fréquentés par des aéronefs pilotés. Pour pouvoir réaliser de tels vols, les drones devront disposer d'une fonction « Détecter et éviter » et pouvoir échanger avec les trafics voisins. Pour certains vols (BRLOS, pour Beyond Radio Line of Site), les liaisons radios ne pourront pas être directes et la possibilité de communiquer avec la station sol devra se faire via des moyens adéquats et notamment des satellites lorsque cela sera possible.

Cette taxonomie n'est encore à ce stade qu'une proposition et n'est pas toujours utilisée par les États qui ont produit de la réglementation et qui font essentiellement une distinction entre VLOS et BVLOS. L'annexe 2 de l'OACI définit VLOS comme un vol pour lequel le télépilote maintient un contact visuel direct avec le drone sans l'aide de dispositifs particuliers. Les États ont généralement considéré que cela correspondait à une évolution dans un cylindre de 500 m de rayon et de 150 m ou 500 pieds de hauteur. Les opérations VLOS doivent donc être réalisées en conditions

de vol à vue (VMC pour Visual Meteorological Conditions) et ne pas interférer avec d'autres activités aériennes (zones terminales d'aérodromes).

Ce qui touche à la formation des télépilotes est sans doute un des sujets les plus délicats qui restent à préciser. En effet, le fait qu'un drone soit piloté depuis le sol et que le télépilote ait une perception tout à fait différente de celle que peut avoir un pilote embarqué constitue un changement substantiel de paradigme pour ce qui concerne le pilotage d'un aéronef et tout le savoir-faire développé pour assurer la formation initiale des pilotes, le maintien de leur compétence et la reconnaissance de leur compétence au travers de brevets et licences demande à être repensé pour les drones et ne pourra l'être complètement que lorsque des outils permettant au télépilote d'assurer la fonction « Détecter et éviter » appelée à se substituer à la fonction « Voir et éviter » auront été développés. Le problème de la responsabilité du télépilote demande également à être précisé. Ces thématiques font l'objet de nombreux travaux et sont d'ores et déjà abordées dans certaines des réglementations nationales existantes.

De manière plus détaillée, le cas des télépilotes a été abordé dans les procédures prescrites par l'OACI pour l'octroi et le maintien de licences (Annexe 2 « Règles de l'air »). Ceux-ci doivent disposer de licences délivrées en répondant à diverses dispositions et validées. Divers manuels de l'OACI à caractère pédagogique sur les facteurs humains, la surveillance des centres de formation ainsi que les prescriptions de l'organisation en matière de normes médicales fournissent des éléments pour alimenter les réflexions sur ces sujets.

En Europe, l'AESA, JARUS et EUROCAE travaillent sur ce thème. L'AESA devrait produire une analyse (opinion) sur la problématique des licences des télépilotes (de drones de plus de 150 kg à ce stade) dans le cadre de son programme de travail 2013-2018 et pourrait ensuite travailler sur des règles communes. JARUS dispose d'un groupe de travail sur ce sujet qui vise à définir des exigences et des documents d'orientation pour les licences des télépilotes ainsi que les observateurs qui peuvent dans certaines conditions être amenés à relayer le travail, normalement réalisé par les télépilotes, de suivi des drones opérant en conditions VLOS. EUROCAE a également mis en place une équipe (la Flight Crew Licencing Team) pour préparer des lignes directrices à l'usage des administrations désirant réglementer ces activités. Les travaux engagés prévoient des exigences variables selon le type de vol qui serait confié au télépilote de petits drones (cas des vols VLOS, BVLOS, des observateurs...). À noter que les autorités militaires ont développé des pratiques recommandées pour l'entraînement des télépilotes (STANAG 4670 Recommended guidance for the Training of Designated Unmanned Aerial Vehicle Operator) qui constituent une source intéressante d'informations pour qui entreprend de réglementer en la matière. Il convient cependant de souligner que les télépilotes de drones militaires sont souvent des personnes ayant déjà eu une première expérience aéronautique ce qui est assez rarement le cas pour les télépilotes de drones civils.

Les États européens qui ont produit des réglementations en la matière sont loin d'avoir développé une approche harmonisée. On trouve dans les textes existants des seuils non harmonisés (en termes de masse notamment) pour imposer différentes exigences et les exigences imposées sont elles-mêmes variables d'un pays à l'autre (absence d'exigences pour certaines catégories de masse et d'utilisation, délivrance ou non de licences propres aux drones ou à d'autres types d'aéronefs, niveau de formation théorique exigé variable, parfois dérivé des niveaux retenus pour les aéronefs pilotés, notions de démonstration du niveau de compétences...). Très peu de ces textes énoncent des exigences concernant les centres de formation, ou les méthodes de formation comme, par exemple, la possibilité d'utiliser des simulateurs.

2.2. Questions non techniques de nature sociétale

2.2.1. Prise en compte des risques d'utilisation malveillante

Les drones sont peu onéreux, faciles à piloter, furtifs et capables d'emporter une charge ; ceci fait craindre qu'ils puissent être utilisés à des fins malveillantes.

Différents types d'actions malveillantes sont imaginables : utilisation du drone civil comme une arme à l'instar des drones militaires conçus pour détecter et abattre l'ennemi ; utilisation comme vecteur pour larguer des objets dans des zones d'accès interdit, sur des sites sensibles ou à des fins de contrebande ; mais également prise de contrôle d'un drone par des cyberterroristes en agissant sur les liaisons radio utilisées pour son pilotage ou son positionnement, voire en s'emparant de la station de contrôle au sol.

S'agissant de cette dernière menace, trois des liaisons classiquement utilisées sont vulnérables, celles permettant des échanges avec le sol (pilotage de l'engin, voire envoi des informations collectées éventuellement déjà traitées), avec les satellites de géolocalisation (GPS), et avec d'autres aéronefs (pour assurer les évitements). Interférer avec ces liaisons pourrait permettre une perturbation volontaire de l'activité du drone (en remplaçant le vrai signal par un faux signal, le drone se fiant à ce dernier plus intense, car émis à proximité, effet dit de leurrage) qui ne manquerait pas de poser des problèmes de sécurité ou encore un pillage ou une altération à distance des informations collectées qui peuvent être stratégiques pour une entreprise ou pour la sécurité d'un site sensible.

Ces menaces ne sont pas seulement théoriques. En septembre 2013, un drone est venu perturber un meeting de la chancellerie allemande, il était inoffensif mais aurait pu être chargé d'explosifs. De même, plusieurs prisons ont d'ores et déjà été victimes de largages de colis (tabac, drogues, téléphones portables à l'usage des détenus) et des projets d'attaques terroristes à l'aide de drones chargés d'explosifs auraient été déjoués en septembre 2011 à Boston et en juin 2013 en Allemagne. Il faut souligner que les liaisons radio utilisées pour le pilotage des drones civils ou les liaisons GPS pour leur guidage satellite ne sont aujourd'hui dotées d'aucune protection contrairement aux drones militaires qui elles sont cryptées. Une équipe du laboratoire de radionavigation de l'Université du Texas a réussi en quelques secondes, grâce à un émetteur au sol placé à 500 m de distance à pirater le signal GPS d'un drone multiples et à en prendre le contrôle. De même, un « haker » a pu avec un drone prendre le contrôle d'autres drones et les obliger à le suivre...

Le récent survol en France de centrales nucléaires et des sites sensibles de l'Île Longue et du Palais de l'Élysée par des drones non identifiés a mis en avant les risques de nature sécuritaire associés aux drones. Bien que, comme l'a récemment rappelé le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN), les survols actuellement répertoriés n'aient pas présenté de menace remettant en cause le bon fonctionnement et la sécurité des installations nucléaires, ils ont néanmoins constitué une alerte sur les risques induits par un emploi inapproprié ou malveillant.

Nombre d'activités présentent des vulnérabilités de cette nature, y compris les aéronefs pilotés et les risques associés peuvent et doivent être mitigés à un niveau acceptable. On ne saurait les ignorer, mais il faut bien peser les risques associés à ces vulnérabilités au regard des avantages que les activités correspondantes peuvent apporter. De nombreux travaux sont aujourd'hui engagés pour mieux identifier ces risques et pour les mitiger.

Les moyens de minimiser les risques de voir des drones utilisés pour des actions malveillantes, prenant pour cible des aérodromes ou des sites sensibles font l'objet de nombreux travaux depuis quelques mois, notamment ceux relatifs aux risques associés à l'utilisation malveillante de petits drones. On travaille sur leur détection et sur leur neutralisation en cas de besoin. En matière de détection, des solutions associant radars et capteurs infrarouges permettant de distinguer les drones des oiseaux qui présentent parfois des signatures voisines sont notamment explorées de même que des systèmes de détection acoustique et visuelle. S'agissant de la neutralisation de drones suspects, il apparaît possible de brouiller les communications radio entre le télé-pilote et le module volant et en cas de vol de manière autonome de brouiller les signaux GPS utilisés, des systèmes de capture de drones suspects par d'autres drones équipés de filets, voire de neutralisation par des jets de matière destinés à les engluer ont été imaginés... Le dépistage le plus en amont possible de comportements suspects permet également de limiter les risques ; des agents de Direction générale de la sécurité intérieure (DGSI) surveillent notamment les achats des composants nécessaires à la fabrication de drones.

L'un des plus grands défis à relever est sans doute la sécurisation des liaisons sans fil des drones. On sait crypter ces liaisons mais cela à un coût pas toujours compatible avec les missions envisagées notamment pour les drones les plus légers.

Les failles possibles dans le domaine de la sûreté pour ce qui concerne les échanges d'information nécessaires pour gérer les trajectoires en 4D qui auront lieu en temps réel doivent être étudiées dans le cadre du plan directeur ATM en Europe et traduites en obligations légales pour les prestataires de service de la navigation aérienne ou de télécommunications et l'exploitant de drones.

Au titre des nombreux travaux engagés, on peut souligner qu'en France, le SGDSN mène actuellement des travaux portant sur la mise en œuvre et le développement des moyens techniques de détection et d'interception des drones de petite taille et sur l'évolution de la réglementation portant sur ces matériels et sur l'adaptation du cadre juridique relatif à la protection des installations nucléaires.

Par ailleurs, le SGDSN vient d'engager, auprès de l'Agence nationale de la recherche (ANR), un programme de recherche et de développement d'un million d'euros sur la détection et l'interception des petits drones.

2.2.2. Préservation des libertés publiques et respect de la vie privée

Les drones offrent un large éventail d'applications civiles potentielles, dont certaines peuvent impliquer la collecte de données à caractère personnel et être à l'origine d'interrogations déontologiques ou de craintes concernant la protection de la vie privée ou de données. Ceci concerne tant leur utilisation dans le cadre de missions de surveillance, de contrôle, de cartographie ou d'enregistrement vidéo réalisées en utilisant des drones par des sociétés commerciales ou par des entités gouvernementales que leur utilisation par des particuliers.

Si l'usage de drones par les paparazzi n'est aujourd'hui qu'anecdotique, il reste néanmoins souvent redouté que des drones soient utilisés pour « espionner » les gens dans leur espace privé. Ce qui touche à la protection de la vie privée apparaît aujourd'hui comme l'une des principales préoccupations du public quant à l'utilisation de drones.

Ce sujet a d'ores et déjà fait l'objet d'intéressants développements philosophiques qui montrent qu'il y a là un réel problème de société. Les drones permettent en effet, potentiellement, de généraliser une surveillance non pas localisée comme le permet déjà la vidéosurveillance mais exercée en permanence. Certains estiment que ceci n'est pas sans évoquer le système pénitentiaire « panoptique » imaginé par le philosophe Jeremy Bentham à la fin du 18^e siècle dans lequel un gardien surveille dans une prison les détenus sans être vu. Ce système a été extrapolé par Michel Foucault dans « Surveiller et punir » publié en 1975 et ce dernier montre comment les gens se sachant surveillés adaptent leur comportement en conséquence et comment les relations entre les gens surveillés et l'autorité qui les surveille peuvent en être modifiées.

Les interrogations sur les risques pesant sur le respect de la vie privée ne sont pas propres aux drones ; bien d'autres systèmes apparus au cours de dernières années, sous une forme ou une autre, sont aujourd'hui actifs dans la sphère de la vie privée et peuvent y recueillir des informations sur nos désirs, préférences, idées politiques ou sur notre religion : caméras de vidéosurveillance qui enregistrent notre image et la stockent pendant des durées variables, téléphones mobiles qui permettent d'identifier notre position en utilisant les systèmes de navigation par satellite comme le GPS, navigation sur Internet, informations fournies à l'occasion de la réservation de divers services.

Les difficultés potentielles de cette nature ont été identifiées à l'occasion de la préparation de la feuille de route européenne portant sur l'intégration des drones dans le système de l'aviation européenne. Ce sujet a également été un sujet de préoccupation prégnant aux États-Unis à l'occasion du débat qui s'est instauré à l'occasion de la préparation d'une réglementation pour autoriser les drones à utiliser l'espace aérien américain.

Il existe généralement d'ores et déjà dans les différents pays où des drones sont souvent exploités, un cadre réglementaire applicable en cas de violation des droits fondamentaux notamment du droit au respect de la vie privée et familiale ou relatif à la protection des données à caractère personnel, mais ce cadre n'est pas toujours bien adapté aux problématiques associées à l'exploitation des drones.

Ainsi, dans l'Union européenne, les exploitants de drones sont tenus de respecter les dispositions applicables en matière de protection des données, notamment les prescriptions figurant dans les mesures nationales établies conformément à la directive 95/46/CE sur la protection des données (qui pose les principes essentiels en matière de traitement de données à caractère personnel, c'est-à-dire concernant une personne identifiée ou identifiable, qui va de la collecte à la diffusion de ces dernières, en passant par leur conservation) et à la décision cadre 2008/977/JAI du Conseil relative à la protection des données à caractère personnel traitées dans le cadre de la coopération policière et judiciaire en matière pénale. Les risques les plus couramment recensés ont trait à l'utilisation des équipements de surveillance installés sur des drones. Tout traitement de données à caractère personnel doit être fondé sur un motif légitime.

Par ailleurs, la directive ePrivacy 2002/58/CE, concernant le traitement des données à caractère personnel et la protection de la vie privée dans le secteur des communications électroniques, contient des dispositions pour assurer que les utilisateurs peuvent faire confiance aux technologies de l'information qui se chargera de leurs données personnelles.

Ces textes s'efforcent de trouver un équilibre entre le droit des individus à la protection de leurs données personnelles et la nécessité de rendre les données accessibles aux fonctionnaires de l'État pour l'intérêt public ou à des fins d'application de la loi.

La Commission européenne a, fin 2013, confié une étude à un consultant en vue d'examiner comment on pourrait garantir que les règles de protection des données s'appliquent pleinement aux aéronefs télépilotés. Le travail demandé porte sur l'identification des problèmes éthiques potentiels, l'analyse des réglementations déjà en place dans les États membres concernant la protection de la vie privée et la protection des données.

Si les réflexions engagées amenaient à penser que des dispositions particulières concernant l'utilisation des drones méritaient d'être prises, celles-ci pourraient l'être à l'occasion de la sortie envisagée d'un règlement européen sur la protection des citoyens appelé à remplacer la directive 95/46/CE et qui introduirait un droit à l'oubli numérique et à l'effacement et un régime de sanctions.

En France, le traitement et l'utilisation qui est faite des informations collectées par les drones doivent être conformes aux règles en vigueur concernant la vie privée et la protection des données. L'article 9 du code civil sur le respect de la vie privée s'applique aux drones. De plus, la prise de vue aérienne est réglementée par l'article D.133-10 du code de l'aviation civile et la captation ainsi que l'enregistrement d'images relatives aux personnes relèvent de la loi Informatique et Libertés (qui assure notamment la protection du droit à l'image).

La Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL) a en France engagé une réflexion prospective sur ce sujet visant à préciser les cadres éthique et juridique liés à l'utilisation de drones et surtout aux différents équipements qu'ils peuvent emporter. Ce travail vise à mettre en place un cadre juridique et éthique clair et rassurant permettant aux innovations de se développer, mais de nature à prévenir les abus. Cette réflexion couvrira tant les risques associés aux drones « paparazzi » que ceux posés par les missions de surveillance faisant appel à des drones auxquelles on peut difficilement appliquer les règles encadrant les activités de vidéosurveillance auxquelles ces missions s'apparentent pourtant. Si une modification de la législation en vigueur n'apparaît pas primordiale à ce stade, les possibilités d'assurer une meilleure information des citoyens sont explorées. La CNIL a ainsi avancé l'idée d'une cartographie qui permettrait aux personnes d'être informées en temps réel de la présence d'un drone au-dessus de leurs têtes, sauf dans le cas de missions sensibles. Sur la thématique de la collecte des données, la CNIL estime qu'il faut être attentif au volume des données collectées qui doit rester proportionné et au fait que celles-ci concernent bien toujours la mission pour laquelle a été mis en place le drone. La CNIL a invité toutes les parties prenantes à prendre en compte le nécessaire respect de la vie privée dès la conception de drones ou dès la définition de leurs usages.

2.2.3. Problématique de la responsabilité et des assurances

Régime de responsabilité applicable

Des accidents d'aéronefs pilotés ont lieu périodiquement bien que le maximum soit mis en œuvre pour en réduire les occurrences et les effets. Se posent alors des questions en matière de responsabilité et d'indemnisation des victimes pour les dommages, tant matériels que corporels qu'elles subissent. Les drones ne feront pas exception et le cadre dans lequel seront traités les problèmes qui se poseront à l'occasion d'accidents en impliquant reste largement à préciser. La définition de ce cadre conditionnera le

développement des activités des plus gros d'entre eux, les dommages qui pourraient être créés pas les plus petits étant a priori limités.

Les études juridiques entreprises à cet égard n'ont pas encore produit de conclusions définitives et ne seront en mesure de le faire que lorsqu'on disposera pour les drones ayant vocation à évoluer dans des espaces aériens non ségrégués du cadre réglementaire qui régira les procédures et les technologies relatives à leur certification et à la délivrance d'autorisations d'exploiter (aux opérateurs comme aux télépilotes).

Les contentieux liés à l'exploitation des drones devront, comme à l'occasion d'accidents d'aéronefs pilotés, distinguer quatre principaux types de responsabilité : responsabilité pénale (ce qui suppose un crime et implique la soumission à l'emprisonnement ou à une amende), civile (qui implique la réparation des dommages causés), administrative (en cas de non respect d'un règlement qui peut conduire à une amende ou à un retrait de privilèges), ou disciplinaire (pour ce qui concerne les relations entre employés et employeurs).

La définition d'un statut juridique pour les drones pourrait essayer de s'inspirer des règles applicables aux activités aéronautiques où coexistent deux régimes de responsabilité : le droit commun de la responsabilité civile et le droit spécial de la responsabilité du transport aérien. S'il peut apparaître recommandable de chercher à adapter autant que faire se peut le cadre juridique existant pour les aéronefs avec équipage pour éviter de créer des règlements exclusivement adaptés aux drones cela sera sans doute délicat, car le régime applicable au transport aérien a été conçu en premier lieu pour protéger les passagers transportés. Il conviendra cependant d'explorer la possibilité d'appliquer à l'exploitation des drones certaines des dispositions figurant dans la Convention de Montréal de 1999 qui traite de l'identification de la responsabilité et du système de compensation pour le transport aérien (convention qui a remplacé la convention de Varsovie de 1929), ou dans la Convention de Rome de 1952, basée sur la responsabilité objective de l'exploitant d'aéronef, voire dans le Protocole aéronautique annexé à la Convention du Cap de 2001 relative aux garanties internationales portant sur des matériels d'équipements mobiles. On devra également regarder dans quelle mesure les dispositions propres au travail aérien sont applicables à l'exploitation de drones.

S'agissant de la responsabilité civile, on peut rappeler qu'en France l'article L.6131-1 du code des transports dispose qu'« en cas de dommage causé par un aéronef en évolution à un autre aéronef en évolution, la responsabilité du pilote et de l'exploitant de l'appareil est régie par les dispositions du code civil ».

En matière de responsabilité pénale, toujours en France, la responsabilité de « l'équipage » de drone peut être engagée sur la base du droit pénal. Comme pour tout pilote, cette responsabilité est personnelle. Le télépilote serait sans doute considéré comme auteur direct et une simple faute résultant d'imprudence ou d'une négligence pourrait constituer l'infraction. La mise en danger délibérée d'autrui est également à craindre depuis que les arrêtés d'avril 2012 ont créé des obligations particulières de sécurité. En définitive, rien de fondamental ne différencie en termes de responsabilité personnelle le télépilote de drone du pilote d'un aéronef classique.

Dans cet exercice de définition du régime de responsabilité applicable aux activités impliquant des drones, on sera amené à bien distinguer la situation de la personne qui conduit le vol (le télépilote assisté le cas échéant d'un observateur), de celles des responsables des opérations de l'aéronef en conformité avec les règles de l'air, et de la personne morale exploitant le drone (opérateur). Il conviendra également de préciser le cas des locations de drones et des vols d'entraînement.

Devra également faire l'objet d'un examen particulier le cas des drones volant sous le régime des aéronefs d'État et celui des drones militaires qui pourraient être amenés à circuler dans l'espace aérien ouvert à la circulation aérienne générale.

L'utilisation de drones en tant qu'aéronefs d'État comporte plusieurs conséquences au nombre desquelles figurent la certification obligatoire, la non application de la convention de Chicago, l'obligation de demander l'autorisation de survol d'un pays étranger par la voie diplomatique, l'usage d'un indicatif et d'une immatriculation spécifiques. De plus, les aéronefs d'État ne sont pas soumis à la réglementation aéronautique civile, excepté pour ce qui concerne la responsabilité, domaine où, en France, le code de l'aviation civile est appliqué. Pour ce qui est des drones militaires, qui sont des aéronefs d'État particuliers, le télépilote doit obligatoirement posséder la qualification et les connaissances requises définies par les autorités d'emploi concernées pour assurer la conduite du vol d'un drone (généralement dérivées du STANAG OTAN 4670).

Les drones utilisés aujourd'hui restent contrôlés par un télépilote même s'ils peuvent être parfois considérés comme semi-autonomes à savoir accomplissant des missions de manière largement automatisée, les opérateurs leur donnant des instructions afin qu'ils effectuent des missions de routine préprogrammées telles que des opérations de surveillance. Le télépilote a généralement peu de connaissance des mécanismes de fonctionnement internes mis en œuvre. En cas d'accident, la détermination d'un responsable pourra de ce fait être plus complexe. La communauté des drones envisage d'étudier comment l'automatisation modifie les tâches et les responsabilités des opérateurs humains, des organisations et des fournisseurs de technologies, à savoir les fabricants, les systèmes et les développeurs de logiciels, et autres professionnels impliqués dans la construction de la technologie pour en évaluer les conséquences au plan réglementaire.

Cette situation n'est pas foncièrement différente de celle d'un avion moderne où une partie de la charge de travail du pilote est effectuée par des systèmes autonomes, mais le fait que la sécurité du vol dépend pour un drone encore plus de la fiabilité de la technologie que pour un avion habité soulève des questions sur les aspects psychologiques de la perception par le grand public de cette situation qui mériteront d'être étudiées.

Dans tous les cas, les situations de pertes de liaisons entre la station de pilotage et le module volant ne manqueront pas de poser des questions spécifiques aux drones quant aux responsabilités s'agissant de la partie du vol durant laquelle le drone n'est plus télépilote (mais dans laquelle il peut, dans certains cas, évoluer selon un schéma prédéfini).

D'ores et déjà il existe dans les pays des réglementations applicables de manière plus ou moins satisfaisantes en matière de régime de responsabilités à certaines activités impliquant les drones. Tous ces textes n'ont pas la même approche de la responsabilité. Toute harmonisation sur ce sujet entre les États pourrait contribuer à : réduire les coûts d'assurance ; éviter les distorsions de concurrence entre opérateurs ; favoriser les services transfrontaliers ; tendre vers l'uniformisation des systèmes de compensation en place et ; éviter la concentration des différends dans le tribunal le plus favorable.

La prise en compte de ces points est d'autant plus importante qu'il comporte une dimension sociétale évidente. Ces questions devront bien entendu être réexaminées à plus long terme si l'utilisation qui peut paraître relever de la science-fiction aujourd'hui

de drones entièrement automatisés pour assurer des missions de transport aérien de personnes venait à se concrétiser.

Possibilité pour les opérateurs de s'assurer dans des conditions acceptables

Une fois que toutes les responsabilités ont été établies à la suite d'un accident, un système de dédommagement doit être mis en place. Dans la mesure où ils pourront être amenés à indemniser des victimes pour les dommages tant matériels que corporels qu'elles ont subis, les opérateurs chercheront à s'assurer (assurance responsabilité). Ce type de couverture d'ailleurs peut être rendu obligatoire par la réglementation et l'est déjà de par certaines réglementations nationales. Les opérateurs pourront également chercher à assurer la perte de leur matériel (assurance corps). La disponibilité d'assurances dans des conditions économiquement satisfaisantes conditionnera le développement des activités mettant en œuvre des drones.

S'agissant de l'assurance corps, la plupart des exploitants de petits drones n'assurent pas la perte de leur matériel aujourd'hui en France. L'assurance correspondante, lorsque elle est proposée, est coûteuse, faute de recul et notamment de statistiques sur la fiabilité du matériel.

Le problème majeur qui se pose aujourd'hui est celui de l'assurance responsabilité. La communauté des drones a bien conscience de ce problème et la Commission européenne a commandé une étude sur ce sujet. UVS a par ailleurs mis en place un groupe de travail en vue de réfléchir à la mise en place d'un régime en matière d'indemnisation tenant compte des spécificités des activités basées sur l'utilisation de drones, télépilotes à ce stade.

Les dispositifs existants pour couvrir l'aviation commerciale sont en effet conçus et calibrés pour tenir compte des risques que présente le fait de faire des victimes au sol mais surtout parmi les passagers.

Les assureurs manquent aujourd'hui de statistiques pour faire des offres correspondant aux risques générés par les activités réalisées avec des drones.

Il conviendrait bien entendu dans un premier temps de réduire le risque autant que faire se peut et pour cela d'amener tous les acteurs à agir de manière responsable (les exploitants prennent parfois des risques dont ils ne mesurent pas toujours la portée : défaut d'agrément par la DGAC, non respect des engagements qu'ils prennent dans leurs déclarations de conformité, télépilote non autorisé, utilisation de drones modifiés, « bricolés », défaut d'assurances particulières à l'occasion de présentations de drones lors de manifestations aériennes...).

Ce sujet est à l'origine de nombreuses questions : doit-on exiger une assurance obligatoire pour la responsabilité civile de l'exploitant en tant que premier tiers ; applicabilité de la Convention de Rome (1952) relative aux dommages causés aux tiers, à la surface, par des aéronefs étrangers ; pertinence de la limite de responsabilité minimale de 750 000 DTS prévus par le Règlement (EC) n° 785/2004 du 21 avril 2004 relatif aux exigences en matière d'assurance applicables aux transporteurs aériens et aux exploitants d'aéronefs applicable en la matière ; possibilité de créer un fonds comparable à celui existant pour l'assurance automobile pour couvrir les victimes d'automobilistes non assurés...

S'agissant du régime d'assurance responsabilité civile qui est fixé par le règlement (CE) n° 785/2004, il convient de souligner qu'il a été conçu pour les aéronefs avec équipage, pour lesquels la masse (à partir de 500 kg) détermine le montant minimum de l'assurance. La Commission évalue la nécessité de modifier les règles actuellement en vigueur en fonction des spécificités des drones, dont le poids est aujourd'hui généralement très inférieur à 500 kg et étudie les moyens de promouvoir la mise en place d'un marché des assurances efficace, dans lequel les primes d'assurance correspondent au risque financier réel, estimé sur la base d'éléments probants provenant de comptes rendus d'incidents et d'accidents.

Pour mémoire, en France, l'arrêté d'avril 2012 traitant des conditions d'exploitation prévoit que « *l'exploitant d'un aéronef télépiloté utilisé lors d'activités particulières... déclare avoir souscrit les polices d'assurances nécessaires à la pratique de son activité* » (Annexe II, Appendice II-1, Déclaration de conformité de l'exploitant).

2.2.4. Acceptabilité sociale des drones et conclusions

La communauté des drones a bien conscience des principaux problèmes rappelés dans ce chapitre, associés à l'introduction des drones dans l'espace aérien civil qui ont tous une dimension sociétale et s'emploie à y apporter des solutions satisfaisantes. Cette communauté réfléchit par ailleurs à ce qui pourrait accroître l'acceptabilité sociale des drones.

À cet égard, on peut mentionner : ce qui pourrait contribuer à donner une juste perception du risque associé à l'utilisation de drones (ceci sera plus spécialement important lorsque des drones commenceront à voler dans l'espace aérien où les risques de collision avec des vols habités seront possibles) ; corriger l'image pas toujours positive que peuvent laisser les effets collatéraux de l'utilisation de drones militaires et valoriser au contraire le bénéfice que la société peut tirer de l'utilisation de drones civils pour l'accomplissement de missions présentant un caractère de dangerosité, peu engageant ou de répétitivité (dangerous, dirty and dull) ou de sécurité civile (surveillance de feux de forêts, de crues...) ; sensibiliser le public avec les technologies utilisées pour faire voler des drones et assurer la sécurité ; analyser et s'efforcer de dissiper les craintes qui traditionnellement se développent à l'occasion de l'apparition de nouvelles technologies et notamment la crainte de devoir vivre dans un monde qui se robotise à outrance ; expliquer les motivations ayant amené aux choix faits dès lors que des réglementations sont publiées ; bien faire prendre conscience aux opérateurs de drones des responsabilités qu'ils portent pour bien faire accepter les drones et les inviter à respecter scrupuleusement la réglementation s'agissant notamment de l'interdiction de survol de certains sites et de tout ce qui touche à la protection de la vie privée des personnes dans les zones où ils sont actifs.

Il a été suggéré compte tenu des impacts sociétaux des drones qu'il conviendrait d'organiser un ou des débats publics sur ces sujets. C'est une idée dont il faut bien peser les tenants et aboutissants et dont la mise en œuvre peut à certains égards apparaître prématurée. En effet, la communication est d'ores et déjà foisonnante sur ce sujet bien qu'elle n'en aborde souvent qu'un aspect, lié souvent à l'actualité. Ce sujet apparaît tellement riche qu'il apparaît difficile de chercher à l'aborder dans sa totalité à l'occasion d'un débat public. Les problèmes posés par les petits drones évoluant en espace ségrégués tout près du sol ont bien peu à voir avec ceux soulevés par l'intégration de plus gros drones dans l'espace aérien ouvert à la circulation aérienne publique. De plus, nombre de sujets qui devront être abordés font toujours l'objet de travaux comme, par exemple, ceux relatifs aux technologies en cours de développement pour assurer la fonction « Détecter et éviter » ou ceux engagés sur la

problématique de la responsabilité et des assurances, du respect de la vie privée ou de la mitigation des risques d'utilisation malveillante. Aucune réponse définitive ne pourra être apportée sur ces sujets avant des mois voire des années. Tout au plus pourra-t-on améliorer l'information du public sur les travaux en cours et obtenir le cas échéant une appréciation sur le bien fondé de certaines des options envisagées pour les évolutions futures attendues ou envisagées.

3. Travaux en cours en vue de développer des normes et des réglementations et réglementations nationales d'ores et déjà existantes

3.1. Travaux menés dans un cadre international et de normalisation

3.1.1. Activités développées par l'OACI

La convention de Chicago (1944) vise à assurer un développement sûr et ordonné des activités aériennes internationales. Les exigences qu'elle formule pour assurer une intégration d'un aéronef à l'espace aérien sont déclinées dans des annexes qui sont des règles édictées par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI), en premier lieu des normes et pratiques recommandées. De manière générale, la sécurité aérienne repose sur 3 articles majeurs de la convention : l'article 31 qui instaure le certificat de navigabilité, l'article 32 qui aborde la question des brevets et licences à acquérir par les équipages et l'article 12 qui fixe les règles de l'air et les emports d'équipements de conformité nécessaires (transpondeur, TCAS, ADS-B...). Le cas des opérations d'aéronefs sans pilote à bord a fait l'objet dès 1944 d'un article spécifique stipulant qu' : « *aucun aéronef pouvant voler sans pilote ne peut survoler sans pilote le territoire d'un État contractant, sauf autorisation spéciale de cet État et en conformité avec les termes de cette autorisation. Chaque État contractant s'engage à assurer que le vol de ces avions sans pilote dans des régions ouvertes aux aéronefs civils doit être contrôlé de manière à éviter tout danger pour les aéronefs civils* ». La rédaction de cet article peut apparaître comme traitant du cas des drones civils de façon très restrictive mais ceci tient au fait qu'on faisait à l'époque reposer la sécurité des vols essentiellement sur le pilote.

En 2005, au vu du développement des activités impliquant des drones civils la commission de la navigation aérienne de l'OACI s'est saisie du sujet et a estimé que l'organisation devrait piloter un processus d'harmonisation et produire des éléments pour guider le développement de réglementations nationales concernant les drones.

En 2007, l'organisation a mis en place le groupe UASSG (Unmanned Aircraft Systems Study Group) pour servir de point focal pour tous les sujets relatifs aux drones et pour assister son secrétariat dans la préparation de normes et pratiques recommandées sur ces sujets. Ce groupe devait notamment élaborer un projet de manuel pour guider l'action des États dans les domaines de la navigabilité, des télépilotes, des opérateurs, de l'application des règles de l'air, des communications et des aérodromes en relation avec les drones. Il comprenait des représentants d'une vingtaine de pays (dont la France) et d'une dizaine d'organisations et de syndicats professionnels (dont la Commission européenne, l'AESA, Eurocontrol, EUROCAE).

Le groupe UASSG a identifié 5 sujets fondamentaux dans la perspective du développement d'un cadre réglementaire et a mis en place des sous-groupes pour travailler sur ces sujets : navigabilité et opérations ; commande, contrôle et communications ; licence du personnel (télépilotes et observateurs, exigences en termes médicaux) ; gestion du trafic aérien (ATM) et règles de l'air ; « Détecter et éviter ».

Une des premières productions significatives de ce groupe a été la publication en mars 2011 de la circulaire 328 « Unmanned Aircraft System ». Cette circulaire a pour objet d'examiner les différences fondamentales avec l'aviation avec pilote à bord s'agissant

des opérations, des aéronefs et systèmes associés, et du personnel et aborde les sujets à la fois sous un angle technique et juridique. Elle a introduit la notion de télépilote.

Certains annexes de la convention ont d'ores et déjà été amendées pour prendre en compte l'arrivée des drones. C'est le cas des annexes 13 « Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation » en 2010, 2 « Règles de l'air » et 7 « Marques de nationalité et d'immatriculation des aéronefs » en 2012.

L'annexe 2 a été modifiée par l'amendement 43 qui fournit un jeu de définitions (liaisons de contrôle et de commande ou C2, fonction « Détecter et éviter », opérateur, pilote à distance, station de pilotage à distance, observateur, opération en ligne de vue ou VLOS...), précise certaines conditions de modification des plans de vol et fournit l'ébauche du texte d'une annexe (l'annexe 4 aux « Règles de l'air ») qui traitera des conditions de mise en œuvre de systèmes d'aéronefs télépilotes dans le cadre de vols internationaux en espace non ségrégué. Le projet de texte envisagé exige notamment l'approbation du système (module volant, lien de commande et station de pilotage), un certificat de navigabilité de l'aéronef, un certificat d'opérateur et une licence pour tout pilote. Ce texte précise également les conditions qui peuvent être attachées à la délivrance de l'autorisation délivrée par un État pour le survol de son territoire par un drone qui est exigée par l'article 8 de la convention de Chicago.

L'ensemble du dispositif envisagé ne sera opérationnel que lorsqu'il constituera un tout cohérent et qu'auront également été modifiées les annexes 1 « Licences du personnel », 6 « Exploitation, technique des aéronefs », 8 « Navigabilité des aéronefs » et 10 « Télécommunications aéronautiques » de la convention, ce qui devrait intervenir entre 2016 et 2018.

Bien que s'appliquant uniquement aux opérations internationales (à l'exclusion des vols d'État, vols militaires, des douanes, de la police...), les normes et pratiques recommandées de l'OACI contribuent dans une large mesure à la définition des normes qu'appliquent les différents États pour les vols réalisés à l'intérieur de leur territoire.

Le groupe UASSG vient de terminer la rédaction du manuel qui lui avait été demandée et ce manuel (Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems, Doc 10019) a été présenté à l'occasion du grand symposium sur les drones organisé par l'OACI du 23 au 25 mars 2015. Ayant rempli ses objectifs initiaux, ce groupe après avoir tenu une quinzaine de réunions a été remplacé en juillet 2014 par une autre structure à caractère plus pérenne, le « RPAS Panel », groupe qui a été chargé de la réalisation d'études spécifiques et, par la suite, du développement de dispositions visant à faciliter l'intégration sûre, sécurisée et efficace des drones dans l'espace aérien non ségrégué et sur les aérodromes, tout en confortant le niveau de sécurité pour les vols habités.

Par ailleurs, la 4e édition du Global Air Navigation Plan (GANP) a pris en compte les drones et prévoit leur intégration dans l'espace aérien en 3 étapes : B1. Intégration dans des zones ségréguées avec des procédures basiques à définir faisant le cas échéant appel à des dispositifs de type « Détecter et éviter » ; B2. Intégration dans le trafic aérien ce qui suppose que des procédures plus sophistiquées soient définies pour couvrir les cas de pertes de liaisons de commande et que les dispositifs « Détecter et éviter » soient très performants ; B3. Intégration complète dans le trafic aérien y compris dans les aéroports. Les drones devraient à terme être traités de la même manière que les aéronefs pilotés.

3.1.2. Initiatives prises par la Commission européenne et par d'autres acteurs européens

Sont ici abordés les initiatives de la Commission européenne et les travaux engagés l'AESA. Les travaux engagés par diverses instances européennes, JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems), Eurocontrol, EUROCAE (Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile), l'Agence spatiale européenne, ainsi que par d'autres agences ou associations qui travaillent également sur les drones notamment sur les drones militaires (OTAN, Aerospace and Defence Industries Association of Europe, ASD) qui présentent une évidente complémentarité avec ceux engagés sur les drones civils sont sommairement présentés dans ce paragraphe et détaillés dans l'Annexe 3.

Commission européenne

La Commission européenne a pris entre 2009 et 2012 plusieurs initiatives pour que l'Europe soit présente sur le créneau qui apparaît prometteur des drones. Ainsi, la DG « Mobility and Transport » a organisé en octobre 2009 une audition sur les drones légers (jusqu'à 150 kg) avec comme principaux objectifs de mieux apprécier leurs applications, la base industrielle européenne correspondante et d'identifier les obstacles potentiels à leur déploiement. Cette direction a présenté les conclusions de cette audition en juillet 2010, à l'occasion d'une conférence à haut niveau organisée en partenariat avec l'Agence européenne de défense (EDA, European Defense Agency).

De mi-2011 à mi-2012, dans le cadre de l'initiative UAS Panel présentée à l'occasion du salon du Bourget de 2011, les DGs « Enterprise and Industry » et « Mobility and Transport » ont organisé 5 ateliers pour consulter les parties prenantes sur les thématiques suivantes : industrie et marchés ; insertion dans l'espace aérien et fréquences ; sécurité ; dimensions sociétales ; recherche et développement. En septembre 2012, la Commission a publié un document qui résume les conclusions des travaux de ces ateliers et qui propose des suites à donner (Staff Working Paper : Towards a European strategy for the development of civil Applications of RPAS).

Ces premiers travaux ont notamment mis en avant que pour mener à bien l'intégration des drones dans l'espace aérien il convenait d'accroître la coordination entre les différents acteurs impliqués que ce soit en vue de développer la réglementation (ce qui implique les États membres de l'UE, l'AESA, Eurocontrol, EUROCAE, JARUS, etc), d'harmoniser autant que faire se peut les approches nationales développées pour les drones légers ou de travailler sur les aspects technologiques. Les travaux se sont alors orientés vers la préparation d'une feuille de route pour une intégration sûre des drones dans l'espace aérien européen à partir de l'horizon 2016 couvrant les domaines réglementation, recherche et développement et impact sociétal.

Les deux DGs ont confié la préparation de cette feuille de route à une structure ad hoc, l'European RPAS Steering Group (ERSG), regroupant toutes les principales parties prenantes concernées : EC, AESA, Eurocontrol, CEAC, EUROCAE, SESAR-JU, JARUS, EDA, ASD, ESA, UVSI, EREA, ECA. La feuille de route préparée par l'ERSG a été présentée en juin 2013 à l'occasion du Salon du Bourget. Elle se compose d'un rapport et de trois volumineuses annexes. Le rapport rappelle les défis à relever (planifier le développement de la réglementation nécessaire, identifier les développements technologiques nécessaires et analyser les impacts sociétaux des drones notamment responsabilité et assurance, sécurité, protection de la vie privée et des données personnelles. Il précise également les grandes étapes pour une intégration progressive des drones dans l'espace aérien entre 2013 et 2028.

Par ailleurs, en matière de recherche et développement, la Commission est intervenue principalement par le biais des programmes-cadres (PCRD) en participant au financement d'une dizaine de projets abordant par exemple les problématiques des réseaux de drones, de l'utilisation de drones en situation d'urgence ou de leur utilisation pour des missions de surveillance maritime. Dans le cadre du 7e PCRD a notamment été financée une réflexion destinée à préparer un master plan pour l'intégration des drones civils légers (de moins de 150 kg) dans l'espace aérien européen à court/moyen terme. Ce projet, baptisé ULTRA (Unmanned Aerial Systems in European Airspace), a été confié à un groupement d'une douzaine d'entreprises européennes au nombre desquelles figuraient l'ONERA et ThalesAlenia. Les travaux réalisés ont donné lieu à la publication entre fin 2012 et fin 2013 de 6 documents qui constituent une somme sur les problématiques abordées. Un de ces documents présente plus spécifiquement un état des réglementations développées en Europe.

En avril 2014, la Commission a publié une communication au Parlement et au Conseil pour préciser sa position sur la problématique de l'élimination des entraves à l'introduction des drones dans le marché unique européen « *Une nouvelle ère de l'aviation. Ouvrir le marché de l'aviation à l'utilisation de systèmes d'aéronefs télépilotes d'une manière sûre et durable* ». Dans ce document, la Commission souligne que les drones télépilotes constituent un marché émergent créateur d'emplois et de croissance sans toutefois pouvoir précisément estimer ces effets positifs. Elle estime que, malgré les initiatives de certains États membres et en l'absence de mécanismes de reconnaissance mutuelle des autorisations de vol accordées, l'expansion du marché est freinée par l'absence d'un cadre réglementaire adapté. L'AESA lui apparaît comme l'entité la mieux placée pour élaborer des règles communes pour tout type de drone, la limite de 150 kg au-dessus de laquelle l'agence dispose d'ores et déjà de la compétence en la matière étant jugée « arbitraire ». La Commission affiche dans cette communication une stratégie en 6 actions : assurer la sécurité du ciel ; prendre en compte les besoins de recherche et développement ; veiller à la sûreté ; assurer la protection de la vie privée et des données ; évaluer le régime de responsabilité civile ; et enfin soutenir le marché des drones en Europe. L'objectif à terme est clairement d'intégrer les drones parmi les aéronefs pilotés de façon normale, ce qui ne sera possible que lorsque leur exploitation aura atteint un niveau de sécurité équivalent à celui des opérations aériennes avec pilotes. Ceci devrait se faire progressivement à partir de 2016, en introduisant des mesures réglementaires « *de manière graduelle et des types plus complexes d'exploitation de drones télépilotes* ».

La Commission insiste aussi sur l'importance d'impliquer le grand public via l'organisation de débats publics, notamment pour les problématiques de société, les questions de sécurité et de protection de la vie privée et des données.

En août 2014, la Commission a pris l'initiative de lancer une large consultation auprès de la communauté des drones dans la perspective de la mise en place d'une réglementation couvrant en tant que de besoin tous les domaines mentionnés ci-dessus afin de favoriser le développement et l'utilisation de drones dans le contexte du marché unique de l'aviation. Un questionnaire largement diffusé visait à recueillir des avis et suggestions pour mieux identifier quels sont les gains qui pourraient être apportés par l'utilisation de drones et quelles sont les principales préoccupations qu'il faudrait prioritairement traiter. Les personnes consultées ont été invitées à se positionner sur 4 options stratégiques pour atteindre les objectifs de la politique envisagée.

La première de ces options, destinée à servir de référence, était une option où aucune nouvelle mesure au niveau européen n'était envisagée. La deuxième option visait à

adapter les règles actuelles de sécurité de l'Union européenne pour les aéronefs télépilotés au-dessus de 150 kg de masse d'exploitation pour lesquels l'UE dispose déjà de la compétence. Ceci supposerait que l'AESA travaille en liaison avec les autorités nationales afin d'assurer la cohérence entre les deux segments de marché, mais cette option ne prévoyait pas d'harmonisation communautaire des règles pour les drones légers. Les autres problématiques relatives à la sûreté, à la protection de la vie privée et de la responsabilité y restaient dans le cadre actuel. La troisième option entraînerait une modification de la législation en matière de sécurité afin d'établir des règles communes pour tous les types de drones télépilotés, indépendamment de leur poids. Les règles à définir pourraient être basées sur un système de classification des risques pour identifier les risques réels associés aux opérations envisagées et sur la traduction des risques identifiés en règles en prenant en compte la masse du module volant et d'autres paramètres pertinents. Cette option suppose que les règles européennes seraient mises en œuvre au niveau local ; la certification des drones les plus légers pourrait dans une certaine mesure rester de la responsabilité des États membres. La quatrième option s'appuie sur la troisième option mais permettrait d'harmoniser complètement le processus de certification. Les États membres ne resteraient alors responsables que de la délivrance des licences d'exploitation pour les opérateurs. Des règles communes devraient également être conçues de manière à faciliter l'atteinte de niveaux de sécurité, de sûreté et de confidentialité élevés, avec en tant que de besoin centralisation de leur application au niveau de l'UE.

Ce questionnaire illustre bien les termes du débat qui va s'engager lorsque la Commission demandera formellement une extension de la compétence de l'Union aux drones de moins de 150 kg.

Au niveau français, les avantages et inconvénients des différentes évolutions possibles devront alors être pesés (il conviendra d'éviter la mise en place d'un dispositif trop lourd, et d'essayer de bien prendre en compte les bénéfices d'une approche commune pour les concepteurs et fabricants de drones comme pour les plus ambitieux des exploitants).

La Commission a organisé les 5 et 6 mars 2015 à Riga une conférence de haut niveau sur les drones. La déclaration finale publiée à la fin de cette conférence présente des principes généraux que la communauté de drones met en avant pour guider l'évolution d'un cadre réglementaire favorable au développement des activités impliquant des drones. Ceux-ci mentionnent que les drones doivent être traités comme de nouveaux types d'aéronefs pour lesquels on doit développer des règles reflétant de manière proportionnée les risques associés à chaque opération ; que JARUS devrait s'employer à définir à cet égard un cadre réglementaire aussi harmonisé que possible ; qu'également à cette fin, des technologies et des normes devront être développées ; que des actions doivent être engagées pour favoriser l'acceptabilité des drones par le grand public ; et qu'enfin que les responsabilités des opérateurs de drones soient clairement précisées et que ceux-ci puissent s'assurer dans des conditions satisfaisantes.

Actions et projets de l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA)

L'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA) a été créée en 2002 et s'est vu attribuer des tâches d'exécution en matière de réglementation dans le domaine de la sécurité aérienne. Cette agence fournit une expertise technique à la Commission européenne en contribuant à la rédaction de règles en matière de sécurité aérienne dans son domaine de compétences qui est régulièrement élargi. Elle a également des missions propres, la mise en œuvre de certaines tâches d'exécution relatives à la sécurité aérienne telles que la certification de produits et organismes aéronautiques

impliqués dans leur conception, leur production et leur maintenance. Ces activités de certification contribuent à garantir le respect des normes en matière de navigabilité et de protection de l'environnement. L'agence produit dans ce cadre des exigences essentielles (généralement abrégé ER pour Essential requirements), des modalités d'exécution (IR pour Implementing rules), des spécifications de certification (CS pour Certification specifications), des moyens acceptables de conformité (AMC pour Acceptable means of compliance) et du matériel explicatif (GM pour Guidance material).

S'agissant des aéronefs sans pilote, l'agence n'est, à ce stade, compétente que pour ce qui concerne ceux d'entre eux dont la masse en ordre d'exploitation excède 150 kg (Annexe II, i du règlement 216/2008). La production de réglementation pour les plus petits drones est de la compétence des États membres comme elle l'est s'agissant des aéronefs présentant un caractère historique, des aéronefs de construction amateurs ou encore des planeurs de moins de 80 kg. Les États membres doivent, bien entendu, produire en la matière des textes cohérents avec la réglementation communautaire notamment avec ce qu'elle entraîne comme conséquence en matière de gestion du trafic aérien.

Dès 2005, l'agence a publié un premier document relatif à la certification des drones basé sur les travaux d'un groupe de travail réuni par Eurocontrol et les JAA (document A-NPA 16/2005 « *Draft Policy for UAV Certification* »). Les travaux engagés ont été approfondis et l'agence a publié en 2009 le document « *Policy Statement Airworthiness certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS)* » qui précisait sa politique vis-à-vis de la certification de navigabilité des drones. Ce texte précise que les drones devront être certifiés selon les procédures classiques : délivrance de certificats de type et de certificat de navigabilité individuel (éventuellement restreints) comme prévu par le Règlement (EC) 1702/2003, Part-21 subpart B. La certification envisagée inclut celle de la plate-forme de pilotage. Les spécifications de certification (CS) restent cependant à définir de même que les exigences en matière de licences des télépilotes (PCL) et d'exploitation (OPS). On devrait pour cela se baser sur les travaux de JARUS. Il convient de noter qu'il n'y a pas eu à ce stade de demande pressante d'industriels pour faire certifier de gros drones civils.

L'agence a inclus dans son programme de travail pour la période 2012-2015 trois thématiques relatives aux drones : les projets RMT.0229 et RMT.0230 concernent le développement de modalités d'exécution (IR), de moyens acceptables de conformité (AMC) ainsi que de documents d'orientation (GM) s'agissant de l'exploitation des drones (opérations aériennes, licences et maintenance) et le projet RMT.0235 porte sur le développement de spécifications de certification (CS) pour la navigabilité des drones.

L'agence a par ailleurs produit en 2012, un avis de proposition de modification (Notice of Proposed Amendment NPA 2012-10) en vue d'amender le règlement d'exécution n° 923/2012 de la Commission établissant les règles de l'air communes et des dispositions opérationnelles relatives aux services et procédures de navigation aérienne (dit SERA pour Standardised European Rules of the Air) pour prendre en compte l'amendement relatif aux drones de l'annexe 2 de la convention de Chicago.

Cette NPA proposait d'utiliser une double base juridique s'agissant des activités des drones (règlement 216/2008 pour ce qui concerne la navigabilité, les opérations aériennes et les personnels et règlement 551/2004 pour l'accès à l'espace aérien) et concernait de manière générale tous les drones, ceux de plus de 150 kg comme les plus petits. Certaines des dispositions proposées étaient propres aux drones de plus de 150 kg : ceux-ci devaient avoir un certificat de navigabilité pour eux-mêmes et leur

station de pilotage et leurs opérateurs et télépilotes devaient également être certifiés. Certaines dispositions de cette proposition avaient vocation à s'appliquer aux drones de moins de 150 kg ce qui remettait en cause le partage de responsabilité actuel. Au vu des nombreuses modifications de ce texte qui ont été demandées lors de la consultation engagée sur ce projet (et notamment de la contestation, par certains commentateurs de la double base juridique), l'agence a décidé de présenter une nouvelle NPA.

L'agence a participé aux travaux du groupe ERSG (European RPAS Steering Group) et est membre des groupes de travail mis en place à l'OACI et par JARUS. Elle compte s'appuyer très largement sur les travaux engagés par JARUS et par EUROCAE pour les aspects techniques du développement d'une réglementation.

Fin 2014, l'AESA a indiqué qu'elle souhaitait adopter une approche nouvelle basée sur le type de mission pour l'encadrement réglementaire auquel elle travaille pour les drones. À l'occasion de la conférence organisée par la Commission européenne à Riga les 5 et 6 mars 2015, l'agence a rendu publiques les grandes lignes du projet de réglementation sur lequel elle travaille.

Ce projet distingue trois grandes catégories d'opérations et pour chacune d'elle présente des exigences spécifiques. La première concerne les opérations réalisées avec des drones très légers présentant un faible niveau de risque, que ce soit pour des usages ludiques privés ou professionnels. Ce type d'opérations ne relèverait pas des compétences des autorités nationales de l'aviation civile des États membres mais serait simplement supervisé par les services assurant la police générale des États membres dont les agents devraient être formés pour assumer ces nouvelles responsabilités. Le faible niveau de risque que représente ce type d'exploitation ne paraît à l'agence justifier ni un certificat de navigabilité pour le drone, ni une licence pour le télépilote. Les seules restrictions qui pourraient être apportées concerneraient les conditions d'exploitation du drone : celui-ci devrait rester dans le champ de vision de son télépilote et ne pas s'en éloigner de plus de 500 m, ne pas voler au-dessus de 150 m de hauteur et ne rester en dehors de zones réservées spécifiées tel qu'aéroports, centrales nucléaires... Les vols au-dessus de regroupements de populations seraient interdits, mais pas au-dessus des zones habitées. De plus, les drones de moins de 500 grammes considérés comme des jouets et ceux pouvant être pilotés par des enfants de moins de 14 ans seraient exclus de cette catégorie. On ne surveillerait plus dans ce contexte les petits drones comme du matériel aéronautique pour lequel on est plus particulièrement exigeant mais comme d'autres équipements comme les automobiles... La grande majorité des drones utilisés aujourd'hui pourraient, si cette approche devait prospérer, échapper à une réglementation de nature aéronautique.

La deuxième catégorie imaginée par l'AESA regrouperait les missions pouvant comporter un niveau de risque « mesuré » pour les populations survolées ou les autres usagers de l'espace aérien. Cette catégorie se rapproche de ce que permet l'actuelle réglementation française qui distingue elle-même quatre cas de figures. L'agence prévoit elle aussi une graduation des possibilités offertes et des contraintes associées, toujours en fonction des risques. C'est ainsi que, concernant les compétences des télépilotes, l'agence envisage différents niveaux allant de la simple formation spécifique à la licence européenne. Le dépôt d'un manuel d'activité de l'opérateur devrait être également obligatoire comme c'est le cas en France pour les activités professionnelles.

La troisième catégorie concerne les missions qui présentent le même niveau de risque que l'aviation avec pilotes à bord. Les missions et le drone seraient dès lors traités de la même manière que les aéronefs pilotés. Ils devraient logiquement relever de la

même administration de tutelle. Les frontières entre les deux dernières catégories doivent encore être précisées, ce qui selon l'agence pourrait faire intervenir des paramètres tels que l'énergie cinétique ou le type d'opérations et la complexité du drone notamment en termes d'autonomie. Les drones employés pour des missions complexes devraient donc faire l'objet d'une certification et leurs pilotes devraient être titulaires d'une licence.

L'agence propose par ailleurs que le public soit dès à présent et partout en Europe clairement informé sur ce que les drones sont ou non autorisés à faire.

L'agence envisage de mettre en consultation un projet de réglementation relatif à la première catégorie qui est la moins contraignante en juin 2015 en vue d'une présentation à la Commission européenne en fin d'année.

* *

Diverses instances et notamment en Europe Eurocontrol, le groupe JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems ; cette instance créée en Europe comprend aujourd'hui des pays non européens comme Israël, les États-Unis, l'Australie), SESAR-JU, et l'organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile (EUROCAE) travaillent au développement d'une réglementation pour les drones. Le contenu des travaux de ces instances est présenté dans l'Annexe 4. Ceux-ci concernent essentiellement les exigences opérationnelles (dans un premier temps pour les vols VLOS et BVLOS et pour les télépilotes), les exigences pour la conception et la production des systèmes de drones, pour les fonctions C2 et C3, pour les communications associées et pour leur certification ainsi que pour la fonction « Détecter et éviter ». Les travaux menés par ces instances bénéficient de l'expérience développée dans d'autres instances sur les drones militaires, notamment par l'Agence européenne de défense et par l'ASD (Aerospace and Defence Industries Association of Europe) et font également l'objet d'échanges avec d'autres instances dans le monde, avec l'AOCI bien entendu, mais également avec l'OTAN ainsi que NextGen et le RTCA aux États-Unis.

3.2. Développement de la réglementation nationale

Aéronefs d'État

La mise en place d'un corpus réglementaire pour les drones a débuté en France, il y a plus d'une dizaine d'années et celui-ci concernait à l'origine uniquement les drones militaires exploités par les trois armes ainsi que ceux exploités par la Gendarmerie nationale, les douanes, la sécurité civile, les pompiers ou la police nationale. On compte aujourd'hui plus d'une centaine de ces drones, essentiellement à voilure fixe, et ils relèvent d'une catégorie spéciale définie par article 3 de la convention de Chicago : les aéronefs d'État. À ce titre, ils ne sont pas concernés par les règlements de l'AESA et se voient appliquer une police particulière purement nationale. Celle-ci est produite par la direction de la sécurité aéronautique d'État (DSAE) du ministère de la Défense. Ces drones peuvent voler en circulation aérienne militaire pour autant qu'ils disposent des autorisations nécessaires délivrées par la Défense aérienne.

Cette réglementation propre aux aéronefs d'État couvre les aspects circulation aérienne, navigabilité et exploitation/formation. Il a paru intéressant de rappeler ici les textes de référence dans la mesure où ils sont largement dérivés des accords de normalisation (Standardization Agreement ou STANAG) préparés dans le cadre de l'OTAN. Il s'agit :

– pour ce qui est de la circulation aérienne, des instructions de la DIRCAM n° 1550 et 3150. L’instruction n° 1550 couvre les différents scénarios d’exploitation prédéfinis : vol à vue du pilote (uniquement pour drones de moins de 2,5 kg), vol en espace ségrégué (zones de travail ou d’entraînement définies en tenant compte de marges de sécurité) ou ségrégué en fonction de la progression du vol (Smart ségrégation, corridors prédéfinis activables par segment avec préavis de 15 minutes, généralement à moyenne altitude à partir du FL 115), séparation avec contrôle radar pour les drones disposant d’équipements adéquats (IFF, radio...) dans des espaces contrôlés par des militaires comme l’approche de Cognac. L’instruction n° 1550 traite des créations de zones ;

– pour ce qui concerne la navigabilité, le STANAG 4671 définit les conditions de certification des drones de plus de 150 kg mais ne pourra être pleinement appliqué que lorsqu’on disposera des équipements répondant aux exigences fixées notamment pour ce qui est de la fonction « Détecter et éviter » ; le décret 2013-367 précisant les conditions de dérogation à ce premier texte et l’arrêté du 24 décembre 2013 qui définit les règles relatives à la conception et aux conditions d’utilisation des drones en fonction de leur classification (engin captif ou non ; prise en compte de la masse) et de leur emploi dans des zones dites sensibles (à densité de population élevée, comprenant des installations industrielles, correspondant à des survols prolongés d’infrastructures routières) ;

– pour ce qui est de la formation des équipages et de l’exploitation des aéronefs, le STANAG 4670 donne des orientations pour l’instruction des opérateurs de systèmes aériens sans pilote lesquelles ont été reprises par la France avec quelques réserves ; s’appliquent également les normes et pratiques recommandées de juillet 2013 ainsi que les documents propres aux diverses autorités d’emploi.

L’OTAN travaille sur deux autres STANAG, le 4703 qui sera applicable aux drones à voilure tournante, et le 4702 aux drones de moins de 150 kg.

Cette réglementation a été conçue pour laisser une liberté d’action maximale aux équipements a priori les plus fiables (certifiés, bien équipés) et préfigure celle qui sera développée pour encadrer l’exploitation des gros drones civils.

Drones civils

Dès lors que l’apparition de drones performants a permis d’envisager de les utiliser pour des missions civiles, la DGAC a engagé une réflexion associant les différentes parties prenantes concernées en vue de mettre en place un cadre réglementaire. Ce travail a été mené dans un esprit pragmatique afin de permettre l’exploitation de drones à usage civil professionnel pour autant qu’ils ne constituaient pas une menace pour les autres usagers de l’espace aérien et qu’ils préservaient la sécurité des tiers au sol.

Les textes issus de ce travail ont été publiés le 11 avril 2012. Il s’agit de deux arrêtés qui constituent une des premières réglementations applicables aux drones dans le monde et sans doute une des plus avancées. Le premier de ces arrêtés régit la conception des aéronefs, la compétence des pilotes, les opérations des aéronefs et concerne uniquement les aéronefs civils, le second traite de l’utilisation de l’espace aérien et concerne les drones civils et militaires (évoluant dans l’espace aérien non réservé à des usages militaires). Dès l’origine, il a été envisagé de faire évoluer ce cadre en fonction des progrès technologiques, de l’expérience acquise et du niveau de sécurité atteint.

De manière plus détaillée, le premier arrêté définit des catégories de drones et introduit la notion d'activités particulières qui sont concernées par ce texte (traitements agricoles, largage de charges, remorquages de banderoles, relevés, photographies et surveillance aériennes...). Il définit également des situations (4 scénarios) pour lesquelles l'utilisation de drones est possible moyennement des conditions d'exploitation d'autant plus exigeantes que le risque s'accroît. Sept catégories d'appareils y sont définies : deux (A et B) concernent l'aéromodélisme et cinq le travail aérien. La catégorie C comprend les appareils captifs de moins de 150 kg. Les drones des catégories D (moins de 2 kg), E (de 2 à 25 kg) et F (25 à 150 kg) sont ceux qui sont aujourd'hui le plus souvent exploités. La catégorie G couvre les drones de plus de 150 kg) régis par l'AESA. Des autorisations sont possibles sur la base d'études de sécurité *ad hoc* pour des vols sortant du cadre prédéterminé (scénarios) ainsi défini.

Deux des scénarios prédéterminés correspondent à des vols VLOS et deux à des vols BVLOS. Les quatre scénarios prédéfinis sont les suivants :

S-1 correspond à une opération en vue directe du télépilote, se déroulant hors zone peuplée, à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télépilote. Ce scénario est ouvert aux aéronefs de catégorie C, D ou E.

S-2 correspond à une opération se déroulant hors vue directe du télépilote, hors zone peuplée, dans un volume de dimension horizontale maximale de rayon d'un kilomètre et de hauteur inférieure à 50 m/sol et obstacles artificiels, sans aucune personne au sol dans cette zone d'évolution. Ce scénario est ouvert aux aéronefs de catégorie C, D ou E.

S-3 correspond à une opération se déroulant en agglomération ou à proximité de personnes ou d'animaux, en vue directe et à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télépilote. Ce scénario est ouvert aux aéronefs de catégorie C, D ou E de masse maximale au décollage inférieure à 4 kg.

S-4 correspond à une activité particulière (relevés, photographies, observations et surveillance aériennes) hors vue directe, hors zone peuplée et ne répondant pas aux critères du scénario S-2. Ce scénario est ouvert aux aéronefs de catégorie D.

On peut également retenir de ces textes que :

– les constructeurs doivent obtenir de la DGAC une attestation de conception de type qui précise notamment la catégorie de l'aéronef, la nature de l'activité envisagée et le scénario de mission (S-1 à S-4) ;

– un document de navigabilité est demandé pour les aéronefs de plus de 25 kg et des autorisations particulières peuvent être délivrées pour ces appareils après évaluation des équipements installés à bord ;

– les opérateurs professionnels doivent disposer d'un manuel d'activités particulières (MAP) et fournir une déclaration de conformité aux exigences prévues par la réglementation ; ils doivent de plus figurer sur une liste établie par la DGAC ;

– chaque exploitant doit, pour respecter sa déclaration de conformité, avoir souscrit les polices d'assurance nécessaires à la pratique de son activité ;

– les règles régissant la prise de vue aérienne (D. 133-10 du CAC et arrêté du 27 juillet 2005) s'appliquent aux drones de même et que celles concernant la captation et

l'enregistrement d'images relatives aux personnes issues également de la loi Informatique et Libertés ;

– l'exploitation de vols selon le scénario S3 conduisant à un survol de rassemblement de personnes, d'animaux ou d'agglomération nécessite une autorisation préfectorale ;

– tous les télépilotes doivent avoir reçu une formation théorique et avoir obtenu une déclaration de niveau de compétence (DNC) délivrée sous la responsabilité de l'opérateur et qui atteste de leurs compétences pratiques.

La différenciation entre ce qui s'applique à un aéronef télépilote à usage professionnel ou à un aéromodèle ne dépend que de l'utilisation qui est faite du drone. Un aéromodèle est défini comme « un aéronef télépilote utilisé exclusivement à des fins de loisir ou de compétition par un télépilote qui est à tout instant en mesure de contrôler directement sa trajectoire pour éviter les obstacles et les autres aéronefs ».

Les textes existants sont relativement difficiles à comprendre surtout par des personnes qui n'ont pas une grande expérience du monde de l'aéronautique ce qui est le cas pour la plupart des exploitants actuels. Ils ont cependant permis une croissance très rapide du nombre d'exploitants puisqu'on en compte près de 1 500 mi-2015 contre un peu plus de 300 en octobre 2013 et qu'ils exploitent aujourd'hui environ 4 000 drones (dont 80 % à voilures tournantes et dont la quasi-totalité a un poids compris entre 2 et 8 kg).

Dès fin 2013, la DGAC a envisagé de faire évoluer ces textes à la fois pour répondre lorsque cela sera possible et opportun aux attentes des constructeurs et des exploitants mais aussi pour enrichir ces textes notamment pour ce qui concerne la formation des pilotes. La DGAC avait mis une condition préalable à toute évolution, que les exploitants contribuent effectivement au retour d'expérience demandé par la réglementation en notifiant les incidents dont ils avaient connaissance ce qui avait été très peu le cas jusqu'à fin 2013. Les évolutions envisagées pourraient concerner une définition plus précise du vol de loisir, le volet formation des télépilotes et centres de formation, les protocoles à passer entre l'exploitant et le contrôle aérien pour des opérations dans des espaces contrôlés, les masses ou distances intervenant dans la définition des scénarios ou des catégories d'appareils (100 m jugés trop faibles en S1, 150 m en S3, idem pour les masses limites...), un allègement des exigences existantes pour les vols à vue au voisinage des aérodromes, les conditions de délivrance des autorisations préfectorales de survols d'agglomération, la possibilité de réaliser des vols de nuit. La Fédération Professionnelle du Drone Civil (FPDC) qui a été créée en octobre 2013 a proposé de mettre en place un cursus de formation unifié pour tenter d'apporter davantage de cohérences dans les pratiques d'aujourd'hui trop disparates. Prévu pour début 2014 le projet de nouvelle réglementation est aujourd'hui plutôt annoncé pour fin 2015, car les divers survols de sites sensibles par des drones intervenus fin 2014 et début 2015 ont créé une problématique qui va devoir être prise en compte dans les évolutions de la réglementation à venir et conduire à la définition de mesures pour lutter contre les activités illégales.

4. Photographie du secteur en France

4.1. Constructeurs et opérateurs

Début juin 2015 plus d'une centaine de constructeurs avaient reçu de la DGAC une attestation de conception de type pour des aéronefs télépilotés (111 exactement pour 313 types de machines).

Toujours mi-2015, près de 1 500 exploitants avaient été autorisés à exploiter des drones par la DGAC selon les scénarios S1 à S4 (il y avait 354 en novembre 2013 et moins de 100 en novembre 2012). La très grande majorité de ces entreprises sont des toutes petites sociétés (comptant souvent pour les exploitants seulement de 1 à 3 personnes).

À la même date, près de 4 000 drones étaient utilisés par ces exploitants professionnels dont la grande majorité à voilure tournante.

Les usages faits des drones sont très variés et souvent novateurs : optimiser le traitement des parcelles agricoles ; contribuer à assurer la sécurité des réseaux et infrastructures de transport et d'énergie ; prise de vues pour l'événementiel et relais de communication ; missions de sécurité civile... on notera cependant qu'en France plus de 80 % de l'activité est à ce jour en relation avec l'audiovisuel (médias, événementiel, loisirs...), un peu moins de 20 % relevant des applications dites « industrielles » (surveillance de réseaux, de carrières, agriculture, relevés géodésiques...) ces dernières présentant sans doute le plus fort potentiel de croissance.

Une très grande majorité de drones sont exploités selon les scénarios S1 et S3 (à vue), très peu selon les scénarios S2 et S4 (au-delà d'un km) (respectivement 278, 182, 35 et 3 en novembre 2013 pour les 284 exploitants alors membres de la FPDC).

Le nombre d'heures de vol réalisé par drone serait très faible pour la plupart des exploitants professionnels et l'exploitation d'un drone ne constitue pour nombre d'entre eux qu'une activité accessoire.

Cette filière ferait vivre dès aujourd'hui de 3 000 à 5 000 personnes et il a été estimé qu'il pourrait contribuer à la création de 10 000 emplois nouveaux d'ici 2025. Le chiffre d'affaires des exploitants de drones a été évalué à environ 50 M€ en 2014 et il a été estimé qu'il se situerait dans la fourchette des 85 à 100 M€ en 2015 et qu'il approchera les 700 M€ en 2020. À noter que pour ce qui concerne les fabricants de drones, Parrot a, à lui seul, vendu pour 40 M€ de drones grand public l'an passé. On estime généralement que ce marché assurément dynamique est appelé à croître rapidement, mais la vitesse de son développement est tributaire de nombreux paramètres ce qui rend difficiles une estimation précise de son volume à moyen terme.

Ce marché civil est composé à 95 % de start-up. C'est un marché de niches appelé à se structurer. Beaucoup d'industriels pensent qu'il faudra encore patienter 4 ou 5 ans avant que le marché ne soit mature et sans doute une dizaine d'années avant qu'il existe de grands segments de marchés et des drones spécifiques adaptés à chacun d'entre eux.

La disponibilité de financements est un élément-clé du développement du secteur notamment pour les constructeurs de drones. Moins d'une dizaine d'entre eux ont su réussir à financer leur développement et à sortir du lot dans un marché qui commence

à se structurer. Ainsi, Delair-Tech a vu l'entrée à son capital de la famille Hériard Dubreuil (Rémy Cointreau) et Parrot, le leader mondial des drones ludiques, a décidé d'investir le monde des drones professionnels. Novadem a pu se financer grâce à des contrats de la Direction générale de l'armement, active pour soutenir les PME innovantes. Delta Drone a mené à bien une introduction au second marché et a pu ainsi lever 3 M€ en juin 2013. SurveyCopter et Infotron ont pour leur part été rachetés par de plus gros intervenants. Le premier par Airbus Defence et le second par ECA Robotics, une filiale du groupe Gorgé. L'industriel de la santé Viva-Santé (Urgo, Juvaminea) a par ailleurs pris le contrôle d'un autre pionnier du secteur, Fly-n-Sense.

Contribution française aux travaux engagés en matière d'évolutions technologiques

Les constructeurs quelle que soit leur taille devront pour « rester dans la course » savoir faire face aux différentes évolutions attendues qu'elles soient technologiques, liées à la réglementation, ou à l'augmentation de la masse des appareils liées elle-même aux types de missions pouvant être réalisées.

En matière technologique, les évolutions attendues concernent en premier chef la sécurité et la disponibilité de systèmes assurant la fonction « Détecter et éviter ». Il s'agit là de la pierre angulaire de l'intégration des drones civils dans l'espace aérien, une étape nécessaire pour permettre l'évolution de la réglementation.

Tous les constructeurs y travaillent, notamment Sagem (Safran) au travers de son drone à voilure fixe Patroller-S conçu pour répondre à des besoins de surveillance et de sécurité intérieure et offrant une charge utile de mission de 250 kg. Ce drone est équipé d'un système « Détecter et éviter », développé par Sagem qui se compose d'une combinaison de capteurs de détection de trafic, dont un capteur optronique infrarouge, et d'un module d'estimation du risque de collision et de génération de trajectoires d'évitement automatique. La France a participé au projet Odrea, lancé en octobre 203 et cofinancé par SESAR-JU, Rockwell Collins, l'ENAC et la DSN qui avait pour but de faire une démonstration de l'intégration du drone Patroller dans l'espace aérien civil. Ce projet a fait appel à des simulations dites « temps réels ». Dans une première étape, le contrôle aérien était connecté avec la station au sol du drone pour émuler et simuler l'intégration du Patroller dans le trafic aérien. Ceci a permis de bien identifier les risques associés à divers points sensibles et de tester diverses procédures (notamment de départ et d'arrivée) spécialement créées ou simplement modifiées pour les adapter aux caractéristiques du drone. Ont également été simulées lors de cette première étape des situations dégradées de perte de liaisons de drones avec les procédures spécifiques à mettre en œuvre. SAGEM a par ailleurs travaillé à une simulation dite en « temps accéléré » en vue de tester l'aspect sécurité et les performances du système de détection et d'évitement et sa compatibilité avec les TCAS. La prochaine étape sera celle des essais en vol. À cette fin, un Beech 58 de l'ENAC est venu jouer l'intrus et a simulé des risques de collision. Au cours des essais en vol réalisés, le système embarqué a été mis en œuvre avec succès dans différents scénarios de conflit avec l'avion plastron mis à disposition par l'ENAC, permettant au Patroller de détecter et d'éviter les risques de collision, sans l'intervention d'un opérateur. Ceci a contribué à démontrer la faisabilité de l'intégration d'un drone dans un espace aérien partagé suivant la réglementation de l'aviation civile et les procédures du contrôle aérien. Ce travail a permis de faire des propositions à la DGAC et à l'AESA.

Il s'agit là d'un chantier parmi d'autres... Bien d'autres chantiers sont en effet ouverts en France et dans d'autres pays en vue d'alimenter en données et en propositions les administrations de l'aviation civile nationales ou européennes. D'autres acteurs

français ou multinationaux comprenant des partenaires français sont associés à ces travaux. Ainsi, dans le domaine des drones militaires pouvant réaliser également des missions civiles on peut noter qu'Airbus Defence and Space a développé au terme d'une dizaine d'années de recherche et de développement le Tanan, un nouveau système de drone de type VTOL (Vertical Take-off and Landing) dans la gamme des 300/400 kg destiné à être embarqué sur des navires. Ce drone équipé d'un moteur diesel a effectué ses premiers vols fin 2014. De même, le drone Watchkeeper a été conçu au Royaume-Uni par une coentreprise UAV Tactical Systems (U-TacS), constituée par la société israélienne Elbit Systems et par la société française, Thales. UAV Engines Ltd. Ce drone à voilure fixe d'une masse de 450 kg est doté d'une architecture évolutive lui permettant d'assurer par tous les temps une large gamme de missions dans le secteur de la défense et de la sécurité intérieure. C'est le premier drone qui a reçu une certification de navigabilité (CS23/STANAG 4671). L'ONERA travaille pour sa part à de nouvelles motorisations (microturbines à gaz) ainsi que sur des moyens qui permettront à des drones de se déplacer de manière autonome sans GPS, grâce à la modélisation en temps réel de l'espace dans lequel ils évoluent.

4.2. Quelques-unes des initiatives prises pour favoriser le développement de la filière drone en France

Création d'une fédération professionnelle

Une fédération professionnelle du drone civil (FPDC) a été créée en juin 2013. Cette association régie par la loi de 1901 fédère les acteurs privés et institutionnels dans le secteur du drone français, notamment les constructeurs et les opérateurs. Elle a pour but de soutenir et coordonner les efforts de promotion nationale et internationale relatifs aux potentialités des aéronefs sans pilote dans le domaine civil. La FPDC rassemble aujourd'hui quelque 300 membres (dont 24 fabricants et 145 opérateurs).

Définition d'une feuille de route afin de faire du drone une filière industrielle

Le ministre de l'Économie a validé début juillet 2014 une feuille de route afin de faire du drone une filière industrielle, compétitive à l'exportation et capable de satisfaire la demande croissante des grandes sociétés françaises dans le cadre des chantiers de la « Nouvelle France Industrielle ». Ce projet vise à mieux structurer le marché et à mieux cerner son potentiel en France et à l'export. Il comporte 4 défis. Un organisationnel : mettre sur pied une structure qui soit une force de frappe, capable de faire dialoguer les constructeurs de drones, les équipementiers, les opérateurs et les autorités étatiques concernées (notamment militaires). Un deuxième de nature industrielle afin de bâtir une industrie compétitive à partir d'un tissu de start-up dynamiques et réactives sans toutefois plaquer une solution industrielle toute faite comme Airbus. Un troisième technologique afin de s'adapter aux besoins du marché qui demande des drones plus lourds avec des charges utiles plus sophistiquées. Le quatrième défi concerne l'adaptation de la réglementation. Cette feuille de route prévoyait une structuration de la filière pour fin 2014, le développement de démonstrateurs technologiques, de briques techno-certifiables en 2014-2018, de développement des instruments de mission en 2015-2018, une industrialisation dans l'esprit de « l'Usine du futur » en 2015-2018 et l'apport d'un soutien à l'export et la promotion de la filière en 2017. L'organisation d'un salon de renommée internationale en 2017 était également évoquée.

Création du Conseil pour les drones civils

Toujours dans le cadre du programme gouvernemental de la « Nouvelle France industrielle » un Conseil pour les drones civils (CDC) a vu le jour fin 2014 pour accompagner la consolidation de ce jeune secteur. Cette instance rassemble des industriels et des utilisateurs (gestionnaires de réseaux, coopératives agricoles) ainsi que des universitaires et des pôles de compétitivité et a adopté à l'occasion de sa première réunion le 4 juin 2015 un plan d'action articulé autour de trois thématiques. La filière s'est accordée sur la nécessité de définir un cadre réglementaire permettant un « développement raisonné de l'usage de drones » mais aussi « d'identifier les technologies les plus prometteuses et coordonner les efforts de recherche ». Enfin un volet « soutien et promotion » est mentionné afin de faciliter l'essor des acteurs.

Actions des pôles de compétitivité, création de clusters, création de centres d'essais et d'écoles de formation notamment pour former les télépilotes

Les pôles de compétitivité spécialisés dans le secteur de l'aéronautique Pégase en Provence, Aerospace Valley à Toulouse et AsTech en région parisienne ou des technopoles locales comme Bordeaux Technowest se sont impliqués dans le développement d'activités pour favoriser l'émergence d'une filière drones en France : organisation de colloques, publications spécialisées, accompagnement du développement de clusters ou de création de centre d'essais.

Plusieurs centres permettant de réaliser des essais et de tester des prototypes de drones ont dans ce contexte été créés en France à l'image de centres de même nature existant à l'étranger comme celui de l'Université des laboratoires Multispectraux de l'État d'Oklahoma (OSU-UML), du Centre Aéronautique national (NAC) du Pays de Galles, ou du Centre d'excellence sur les drones (CED) du Québec, centres qui ont d'ailleurs créé un Consortium international de centres de tests aéronautiques axé sur le développement, les applications et les opérations des drones et qui vise à soutenir les opérations et la certification des systèmes autonomes tels qu'établis par les réglementations existantes.

En Aquitaine, Bordeaux Technowest qui anime la technopole aéronautique de l'agglomération de Bordeaux est à l'origine du Centre d'essais et de services sur les systèmes autonomes (CESA) et du consortium qui l'exploite. Ce centre est né d'une collaboration entre Technowest, la DGAC et l'armée de l'Air. Il s'adresse essentiellement aux fabricants de drones qui souhaitent tester leurs machines et leurs nouvelles technologies et met à disposition trois zones : le camp de Souge (2800 hectares) à Martignas-sur-Jalle en Gironde, ainsi que deux terrains à Herm dans les Landes près de Dax et à Verdays-Montalivet, centre en cours de réalisation dans le Médoc qui doit permettre des essais au-dessus de la mer sur de très longues distances (plus de 60 km). Un protocole passé avec la DGAC permet la réalisation de vols jusqu'à 500 mètres d'altitude. Ce projet a bénéficié d'une subvention accordée dans le cadre du plan local de dynamisation de Gironde par le Conseil régional d'Aquitaine et par l'État. Le CESA comprend également une école qui n'est affiliée à aucun constructeur qui assure des formations au pilotage ainsi que la préparation de l'examen théorique et qui propose également des formations à la préparation de vol et à la réalisation de manuels d'activité particulière (MAP).

À noter également le développement d'un réseau, d'un « cluster », dénommé Aétos, sur la thématique des drones développé à l'initiative du Conseil régional d'Aquitaine pour favoriser l'émergence d'une filière industrielle dans la région. Ce cluster comprendrait aujourd'hui 80 partenaires : des PME innovantes mais aussi des laboratoires, des universités, des organismes de recherche et développement et

quelques grands acteurs comme Thalès. 1 000 emplois auraient été générés par ces entreprises. À noter également qu'un salon consacré aux drones l'UAV Show a été organisé en 2014 sur le site de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac.

En région parisienne, sur recommandation du Pôle ASTech Paris Région et avec le soutien de la Communauté d'Agglomération du Val d'Orge, un centre de même nature « Drone Center » vient d'être créé sur l'ancienne Base Aérienne 217 à Brétigny-sur-Orge. Ce centre comprend un établissement de formation disposant d'une infrastructure pour l'enseignement du télépilotage de drones civils et disposera à terme d'un centre technique du drone ayant vocation à être un support pour les différents acteurs de la filière drone en mettant à leur disposition des infrastructures pour des projets dans le domaine de la Recherche et du Développement, en particulier la création de nouvelles applications ou solution complète. Il permettra également d'aider les concepteurs de drones à tester leur machine en vue d'une homologation DGAC et disposera à cette fin de deux zones (de 1 500 m sur respectivement 700 et 350 m) permettant d'aider les concepteurs de drones à tester leur aéronef télépiloté (en y volant jusqu'à 500 pieds) en vue d'une homologation par la DGAC.

La Provence héberge également depuis 2008 le Centre d'Études et d'Essais pour Modèles Autonomes, le CEEMA, situé à Pourrières, dans le Var. Ce centre dispose d'une zone aérienne réservée et activée tous les matins de 85 ha (R1250) et propose de multiples services aux entreprises de la filière drone dont la réalisation de campagnes d'essais de courte ou de moyenne durée pour des aéronefs télépilotés n'excédant pas un poids de 150 kg. Le CEEMA propose des services multiples tels que l'accompagnement technologique et juridique, ou une aide à l'accès aux marchés. De plus, le CEEMA peut participer à la conception de « briques technologiques », de pièces spécialement conçues pour répondre à certaines demandes spécifiques. À noter qu'une école basée sur le site, l'EPTA, dispense des formations propres aux drones. Accessoirement, le centre propose également 4 000 m² de bassins dédiés aux drones marins et sous-marins ROV (remotely operated vehicles), ainsi qu'une piste en asphalte et terre pour les drones terrestres.

Outre les centres de formations associés aux centres d'essais mentionnés ci-dessus, de très nombreux autres centres de formation ont été créés en France alors même qu'il n'existe pas de véritable cursus officiel pour la formation des télépilotes. Le site de la Fédération française du drone liste une soixantaine de ces centres/écoles.

Pour illustrer la diversité de l'offre existante on mentionnera ici : le centre de formation et d'apprentissage des drones (CFAD) de Nancy qui propose des formations aux nouveaux métiers du drone à destination des futurs professionnels (télépilote, opérateur de prise de vue aérienne, préparation au théorique ULM) ; les centres de Techni Drone de Baix et Pornic qui offrent des formations de base au télépilotage et des stages de perfectionnement ; l'offre faite aux élèves du lycée Saint-Étienne de Cahors qui suivent le cursus bac pro photographie d'une formation au pilotage des drones pour prendre des photos depuis le ciel ; le développement d'une école de télépilotage à Toulouse sur le site de l'aéroport de Franczal ; ainsi que d'un centre de formation de pilotes de drones civils à Grenoble par Delta Drone, société spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation de drones civils à usage professionnel...

Par ailleurs, on peut noter que le centre toulousain de l'Office national des études et de recherches aérospatiales (ONERA) et les deux écoles d'ingénieurs, ISAE (Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace) et ENAC (école nationale de l'aviation civile) cherchent à structurer une nouvelle plate-forme mutualisée dans le domaine des

drones, à Toulouse. Le projet associerait les laboratoires du CNRS et de l'Université de Toulouse et serait labellisé par le pôle de compétitivité Aerospace Valley.

L'École nationale de l'aviation civile avec le soutien de Cofely Ineo (GDF Suez) et de Sagem (groupe Safran) vient par ailleurs d'annoncer la création de la première chaire française de recherche et d'enseignement dédiée à l'intégration des drones dans l'espace aérien. Les travaux des chercheurs de la chaire contribueront au développement de procédures et de standards pour l'exploitation des drones soumis à certification.

La mise en place d'une formation théorique allant au-delà de ce qui est aujourd'hui exigé pour obtenir le brevet théorique ULM est souhaitée par les exploitants professionnels. La DGAC a travaillé depuis plusieurs mois sur ses exigences en matière de compétences attendues des télépilotes et de formation de ceux-ci et un nouvel arrêté sur ce sujet est attendu d'ici la fin de l'année 2015.

Initiatives concernant la sûreté

L'approche relativement libérale qui prévaut aujourd'hui s'agissant de l'exploitation des drones basée essentiellement sur des conceptions de sécurité pourrait être mise en question si des utilisations de drones venant à être perçues comme des menaces pour la sûreté venaient à se multiplier.

À cet égard, des utilisations de drones non conformes à la réglementation sont régulièrement relevées : survols de zones habitées non autorisés ou de sites sensibles. Certains de ces survols concernaient des zones particulièrement sensibles (centrales nucléaires, Palais de l'Élysée, installations militaires) et ont fait l'objet d'une large médiatisation en France ces derniers mois. Quelque 203 survols illégaux ont été signalés en France jusqu'en juin 2015 dont 89 depuis octobre 2014 et 63 procédures ont été engagées. À ce jour, 26 enquêtes ont été menées pour des infractions de ce type et 55 des procédures engagées sont maintenant clôturées. Seules 13 affaires judiciaires ont été résolues à cette date mettant en cause essentiellement des touristes. Celles-ci ont conduit dans un premier temps à des rappels à la loi, mais on commence maintenant à prononcer des peines suivies d'amendes (d'un montant généralement inférieur à 1 000 €) et de confiscation de drones. Les enquêtes s'appuient sur l'article L.6232-4 du code des transports qui prévoit des peines maximales de 75 000 € d'amendes et un an d'emprisonnement, ainsi que sur l'article 226-1 du code pénal qui sanctionne les atteintes à la vie privée. Le volet répressif n'exclut pas la prévention.

Il convient de noter pour expliquer le faible taux de poursuites suivies d'effet que la détection des drones est difficile. Il s'agit en effet de véhicules de petite taille mettant en œuvre des matériaux non métalliques, se déplaçant à faible vitesse et à basse altitude et pouvant disposer d'un haut niveau d'autonomie. Les télépilotes sont eux-mêmes difficiles à localiser.

Dans ce contexte, un programme de recherche et de développement sur la détection et l'interception des petits drones, confié à l'Agence nationale de la recherche (ANR) et doté d'un million d'euros, a été engagé fin 2014 par le Secrétariat général à la défense et à la sécurité nationale (SGDSN). Le SGDSN réfléchit également à l'évolution de la réglementation sur ces matériels et à l'adaptation du cadre juridique relatif à la protection des installations nucléaires. Parmi les 24 projets soumis à l'ANR, deux ont été retenus début avril 2015 : « Boréades » de l'entreprise CS et « Angelas » de l'ONERA. Les études correspondantes devraient durer 18 mois.

Actions de la DGAC

La DGAC est bien entendu très impliquée dans le dispositif qui se met en place pour soutenir le développement d'une filière drone en France.

Elle participe, et parfois faute de temps et de moyens disponibles, suit seulement les travaux sur les drones menés à l'OACI, par la Commission européenne et par l'AESA, ainsi que dans les différents groupes de travail mis en place par JARUS et EUROCAE.

La DGAC s'attache actuellement comme elle s'y était engagée dès 2012 à faire évoluer la réglementation nationale pour tenir compte de l'expérience acquise depuis 3 ans, des desiderata des exploitants (et notamment des grands donneurs d'ordre potentiels SNCF, EDF...) et des fabricants de drones. Deux arrêtés modifiant les arrêtés de 2012 sont attendus dans les prochains mois de même qu'un nouvel arrêté spécifique à la formation des télépilotes.

La DGAC s'emploie également à mieux contrôler les infractions. Dans ce cadre, elle a préparé, en liaison avec la Fédération Française d'Aéromodélisme et avec la Fédération Française du Drone Civil, et publié des documents à vocation pédagogique à l'attention du grand public comme des professionnels afin de les sensibiliser avec la réglementation, avec les opportunités qu'elle offre et avec les contraintes qu'elle instaure s'agissant notamment des précautions d'usage pour la sécurité des biens et des personnes qui l'entourent et de la réalisation de prises de vue aériennes. Une notice a ainsi été diffusée fin 2014. Cette notice rappelle aux utilisateurs, dans un format court et simple, ce qu'ils ont le droit de faire ou non et qu'il existe un espace aérien dans lequel on ne fait pas ce qu'on veut. Elle vise à éviter les imprudences et les négligences.

La DGAC suit également les travaux en cours sur la problématique des assurances (étude financée par la Commission et GT d'UVS), du respect de la vie privée (étude CNIL et étude financée par la Commission), et sur l'acceptabilité sociale...

La DGAC est également très présente dans les instances qui se sont mises en place pour favoriser le développement d'une filière drones civils en France. Le directeur général de l'aviation civile assure personnellement la présidence du Conseil des drones civils qui a été mis en place en 2014.

Les activités drones sont suivies à la DGAC par la mission Aviation Légère, Générale et Hélicoptères (MALGH) placée auprès du directeur général et toutes les directions et services qui ont à connaître des drones ont des correspondants drones en leur sein.

Conclusion

Le présent rapport ne saurait constituer qu'un rapport d'étape sur un sujet aussi complexe et évoluant aussi rapidement que les drones. On y rappelle les principales questions que pose le déploiement de ces aéronefs d'un type nouveau, questions qui, pour nombre d'entre elles, doivent encore trouver des réponses adaptées pour répondre pleinement aux attentes des utilisateurs potentiels de drones mais également de la société, très attentive aux problématiques qui leur sont inhérentes de sécurité, de risque d'utilisation à des fins malveillantes ou de respect de la vie privée.

Il convient tout d'abord de souligner que le sujet abordé est très complexe par nature. Le terme drone, qui est très largement utilisé en France, recouvre en fait de nombreuses réalités, de nombreux types d'engins qui ont *in fine* assez peu de chose en commun : engins télépilotes ou évoluant de manière entièrement automatique, engins à finalités militaires ou à finalités civiles qu'ils soient utilisés pour les loisirs ou pour des usages professionnels. Chacun de ces types d'engins présente des caractéristiques physiques et opérationnelles très spécifiques, lesquelles sont susceptibles de poser des questions et d'appeler des réponses à ces questions également très spécifiques.

Le sujet est également complexe parce les drones ne sont utilisés, pour des applications civiles, que depuis quelques années et qu'il est très évolutif. Ainsi, on voit apparaître régulièrement de nouveaux engins toujours plus performants ou de nouveaux équipements, souvent encore aujourd'hui au stade de prototypes. Il évolue également très rapidement s'agissant de la mise en place d'une réglementation, préalable incontournable à un déploiement plus large de ces engins. Des réglementations existent d'ores et déjà, encadrant notamment au niveau national l'utilisation de petits drones (d'une masse généralement inférieure à 25/30 kg), mais celles-ci sont très loin d'être harmonisées, ce qui est, à juste titre, considéré comme un frein au développement de l'activité.

Il existe également des réglementations pour ce qui concerne les plus gros drones, nationales, ou produites ou en cours de production par l'OACI, l'AESA avec l'appui de JARUS, d'EUROCAE, mais celles-ci sont encore souvent très théoriques ; elles demandent en effet pour pouvoir être pleinement appliquées que soient disponibles des équipements qui sont toujours en cours de développement, notamment un dispositif capable d'assurer la fonction « Détecter et éviter ». La mise au point d'une réglementation au plan international prendra encore du temps du fait de la complexité même du sujet, mais aussi du fait qu'on ne saurait que très partiellement « transposer » aux drones ce qui a été développé pour les aéronefs pilotés ; il faut développer pour ces engins des méthodes nouvelles, originales, notamment lorsqu'on aborde leur certification, leur accès à l'espace aérien ou la formation des télépilotes. Il convient aussi de noter qu'on dispose aujourd'hui de très peu de retour d'expérience pour valider les méthodes nouvelles qu'on cherche à développer.

De plus, s'agissant des drones à usages professionnels, leurs spécificités aéronautiques à savoir, le module volant, la station de télépilotage et les éventuels dispositifs nécessaires à la mise en vol et à la récupération du module volant, ne sont que des éléments d'une chaîne de valeur qui peuvent n'être qu'accessoires par rapport aux équipements propres à une mission donnée qui seront embarqués (capteurs de toute nature, appareils photos, caméras) et aux moyens, au savoir faire nécessaires pour traiter, interpréter la masse souvent considérable de données collectées lors d'une mission. Les commanditaires d'une mission peuvent selon les cas demander une

simple collecte de données ou un service plus complet allant jusqu'à l'analyse et l'interprétation de ces données. Le drone doit souvent être considéré comme une simple outil et son étude ne prend alors tout son sens que dans le cadre de celle de la chaîne de valeur à laquelle il contribue.

Il convient également de souligner que les petits drones, ceux dont le poids est inférieur à 25/30 kg constituent une catégorie très spécifique d'engins. À ce stade, on utilise ce type de drone quasiment uniquement pour des applications civiles et cela pour une raison simple, leur faible masse fait qu'on peut aisément définir des conditions d'exploitation qui permettent, tout en autorisant une large gamme d'activités, de limiter à un niveau raisonnable le risque associé à leur exploitation.

Cependant, nombre des travaux engagés actuellement, qu'ils portent sur la définition d'une réglementation pour les drones ou sur des développements technologiques, concernent de plus gros drones avec notamment la perspective de voir les drones accéder à l'espace aérien au même titre que les avions disposant d'un pilote à bord. Ces travaux portent notamment sur la certification qui n'est généralement aujourd'hui par requise pour les petits drones et sur le développement de dispositifs qui permettront d'assurer la fonction « Détecter et éviter ». Les missions qui pourraient être confiées à de gros drones restent encore largement à préciser. Mais, quoi qu'il en soit, on peut penser que les développements technologiques liés aux drones devraient pouvoir être appliqués aux aéronefs en général et contribuer à améliorer globalement la sécurité du transport aérien, notamment dans la perspective d'une nouvelle organisation de l'espace aérien du type de celle envisagée dans le programme SESAR (avec le développement d'une navigation aérienne selon des trajectoires non figées dites en 4 dimensions, 4D). Les travaux sur l'accès des drones à l'espace aérien pourraient à terme contribuer à faire progresser l'idée de voir un jour voler les avions transportant des passagers avec un seul pilote à bord. Il conviendrait dans cette perspective de s'assurer que la société est bien prête à accepter un tel développement, de bien mesurer comment est perçue par la société la robotisation, l'automatisation de plus en plus poussée de toutes les fonctions, et de régler tous les problèmes comme la définition des responsabilités en cas d'accident qui y sont associés.

L'identification de deux grandes familles de drones, les petits d'un poids inférieur à 25/30 kg et les plus gros, paraît tout à fait essentielle. La plupart des questions associées à l'utilisation des drones doivent être formulées de manière très différente selon le drone concerné et les réponses apportées seront également très différentes. La réglementation développée se veut bien entendu adaptée à ces grandes catégories et il n'est pas surprenant que l'AESA ait d'ailleurs récemment annoncé qu'elle envisageait de ne pas soumettre les plus petits drones à une réglementation de type aéronautique.

Le secteur des drones apparaît indubitablement comme un secteur d'avenir. Les petits drones ont aujourd'hui clairement fait la preuve qu'ils constituaient une nouvelle famille d'outil aptes à assurer des nombreuses missions. Plusieurs centaines d'applications ont été identifiées et il en reste à découvrir.

Les drones aujourd'hui donnent lieu à de nombreux travaux de recherche et développement en France et, plus généralement, en Europe et les initiatives individuelles foisonnent. Cette situation gagnerait sans doute à être rationalisée et à être mieux couplée avec les travaux menés sur les drones militaires sachant qu'aux États-Unis l'effort de recherche repose sur la NASA, principal organisme américain de recherche sur l'aviation civile, et aussi beaucoup sur le département de la défense au titre de la recherche duale qui est un des modes de financement de la recherche civile aux États-Unis.

La France a été un des premiers pays dans le monde à produire une réglementation pour permettre des vols de drones dans le ciel français à des fins commerciales. Elle a été le premier pays à autoriser, dans certaines conditions, le vol hors de la vue du télépilote. Cette réglementation est rationnelle et prudente; elle va évoluer pour prendre en compte les attentes des exploitants tout en renforçant les mesures de nature à dissuader les pratiques non souhaitées. Des initiatives ont été prises pour encourager la création d'une filière drones et consolider ainsi la position de la France dans ce secteur qui est bonne mais fragile, car reposant sur de nombreux acteurs de petites tailles, pas toujours préparés à une consolidation qui paraît inévitable. On travaille actuellement en France à l'actualisation de la réglementation, au développement de commandes publiques pour des usages régaliens, au développement de nos points forts et des liens avec les drones militaires, à fédérer la recherche sur des briques technologiques nécessaires aux PME mais que peu d'entre elles ont la capacité de maîtriser. La capacité de mobiliser des fonds pour soutenir la recherche sera un facteur déterminant de succès pour le secteur.

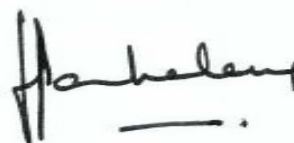
Les drones représentent donc une réelle opportunité de favoriser la création d'emplois et constituent une source d'innovation et de croissance économique. Les questions encore ouvertes concernant la sécurité, la sûreté, et le respect des droits des citoyens doivent encore trouver des solutions satisfaisantes et de nombreux travaux sont engagés à cet égard. Lorsqu'ils pourront accéder à l'espace aérien au même titre que les avions disposant d'un pilote à bord, lorsqu'ils disposeront d'un statut clair, de bandes de fréquences allouées, les drones devraient pouvoir consolider progressivement leur position dans le domaine civil.

Dominique DAVID

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a vertical stroke and a horizontal line.

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Jean PANHALEUX

A handwritten signature in black ink, featuring a stylized 'J' and 'P' followed by the name 'anhaleux' in a cursive script.

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Annexes

1. Lettre de mission

Programme d'activités 2013 du CGEDD

Proposition de mission sur les drones

Introduction

Les aéronefs sans pilotes destinés à assumer des missions d'Etat civiles, ou à effectuer des opérations de travail aérien, à titre commercial principalement, font l'objet de développements en France, comme dans un certain nombre d'autres Etats européens.

Ces Etats ont développé des réglementations nationales diverses, tendant à encadrer mais aussi favoriser le développement d'expérience en termes de construction et d'exploitation.

Les Etats-Unis ont affiché par ailleurs des ambitions d'insertion de tels aéronefs dans l'espace aérien.

Une mission du CGEDD pourrait très utilement éclairer divers aspects :

- Comment se compare la réglementation française avec les réglementations d'autres Etats européens actifs en la matière, et quels sont les derniers développements aux Etats-Unis ?
- De même, peut-on évaluer l'essor des activités « commerciales » en cours en France depuis la publication des arrêtés du 11 avril 2012, et est-il possible d'anticiper jusqu'où cet essor peut se poursuivre ?
- Une récente consultation de l'AESA a montré son désir d'initiative pour réglementer tous ces aéronefs et leur exploitation. La DGAC a indiqué pour sa part que cette démarche paraît prématurée ; elle a proposé plutôt un temps de partage d'expérience, et peut-être une approche segmentée de la réglementation. Les (rares) représentants d'exploitants et constructeurs, partenaires de la DGAC, ont exprimé aussi des craintes envers une réglementation européenne conduite par l'AESA, qui semble inspirée par les règles appliquées actuellement aux aéronefs avec pilotes. Un avis sur cette approche serait bienvenu, dans la perspective de la poursuite des discussions au niveau européen et au niveau international.

2. Liste des personnes rencontrées ou contactées

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

Direction générale de l'aviation civile (DGAC)

- Maxime COFFIN, chef de la mission aviation légère, générale et hélicoptères
- Gilles MANTOUX, direction du transport aérien (DTA), mission du ciel unique européen et de la réglementation de la navigation aérienne (MCU)
- Fabrice ALGER, DTA, MCU, division circulation aérienne (CA)
- Olivier SALON, DTA, MCU, division CA
- Thierry LEMPEREUR, direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC), directeur de la coopération européenne et réglementation sécurité (DSAC/ERS)
- Claude MAS, DSAC/ERS
- Fabien GUILLOTIN, DSAC/ERS
- Gilbert GUICHENEY, adjoint au directeur, DSAC, direction de la navigabilité et des opérations (DSAC/NO)
- Arnaud GRUT, DSAC/NO

École nationale de l'aviation civile (ENAC)

- Catherine RONFLÉ-NADAUD

Ministère de la Défense

Direction de la sécurité aéronautique d'État (DSAE)

- Col Alban GALABERT, Bureau Formation des équipages et exploitation des aéronefs (FORMEX), section Hélicoptères-drones

Commission européenne

- Thierry BUTTIN, Seconded National Expert, Policy Officer Aeronautics and Défense, Defense, Aeronautic and Maritimes industries, Directorate-General for Enterprise and Industry

Agence européenne pour la sécurité aérienne (EASA, rencontré lors du colloque d'UVS)

- Filippo TOMASELLO, en charge de la réglementation drones

UVS International

- Peter van BLYENBURGH, président

SNCF

- Nicolas POLLET, Projets Système ingénierie

Fédération professionnelle des drones civils (FPDC)

- Emmanuel de MAISTRE, président, co-fondateur de Redbird
- Francis DURUFLÉ, vice-président, directeur marketing et ventes d'Infotron
- Stéphane MORELLI, secrétaire, directeur général d'Azur Drones

Aerospace Valley

- Jean-François GIRE, chef de projet AEROPARC (contact par échange de mails)

Global Aerospace (assurances)

- Jean FOURNIER, Directeur Général

3. Principaux documents consultés et exploités

- Circulaire de l'OACI 328-AN/190 « Unmanned Aircraft Systems (UAS) »
- Manuel de l'OACI « Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems », Doc 10019
- Communication de la Commission européenne du 8 avril 2014.
- Article de Wikipédia sur les drones
- Conférence « Mieux connaître les drones » figurant sur le site de l'ONERA
- Arrêté du 11 avril 2012 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans aucune personne à bord, aux conditions de leur emploi et sur les capacités requises des personnes qui les utilisent
- Arrêté du 11 avril 2012 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord
- Compte rendu de la réunion stratégique sur les drones du 6 avril 2012 avec toutes les parties prenantes (administrations, représentants des pilotes, des compagnies aériennes, du GIFAS, d'UVS...)
- Compte rendu de l'entretien entre les DGAC des pays de la CEAC et M. Matthew Baldwin, director of air transport at the Commission, au sujet de projets de réglementation européenne sur les drones
- Compte rendu de la réunion du 17 septembre 2012 sur l'utilisation de l'espace aérien aux fins d'essais de drones
- Note du 11 avril 2013 sur le développement de la filière drones, témoignages de terrain recueillis par la DSAC-Sud
- Note de la DSAC-Sud concernant la réunion « filière drones en Midi-Pyrénées » du 28 mars 2013
- Règlementation applicable dans d'autres États : Royaume-Uni (CAP 722 Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace –Guidance), Autriche, Allemagne (Joint Federal Government.federal state principles for granting permission to fly unmanned aerial systems in accordance with Section 16(1)(7) of the Air Traffic Regulations (juin 2012)), République tchèque (rules of Air Attachment §X Unmanned Aircraft Systems, août 2011), États-Unis (Interim Operational Approval Guidance 08-01, Unmanned Aircraft Systems, Operations in the US National Airspace System, March 13, 2008), Suède (Regulations on unmanned aircraft systems, UAS, novembre 2009).
- Étude comparative des réglementations existantes produite en décembre 2012 par le laboratoire des sciences physique de la New Mexico State University

- Note de la Commission européenne Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)
- Note préparée à l'occasion de l'audition au Sénat de la DSAC sur le thème des aéronefs non pilotés le 20 décembre 2012
- Note de la DTA du 28 mars 2013 sur la situation réglementaire européenne dans le domaine des drones
- Proposition d'amendement du règlement d'exécution de la Commission n° 923/2012 établissant les règles de l'air communes et modifiant diverses autres réglementations d'exécution dit règlement SERA mis en circulation par l'EASA fin 2012.
- Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST) « Les perspectives d'évolution de l'aviation civile à l'horizon 2040 : préserver l'avance de la France et de l'Europe », juin 2013.
- Plaquette de présentation de la feuille de route du gouvernement « Dirigeables charges lourdes et drones civils ; nouveaux services aériens », juillet 2014.
- Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil « Une nouvelle ère de l'aviation. Ouvrir le marché de l'aviation à l'utilisation civile de systèmes d'aéronefs télépilotés, d'une manière sûre et durable », COM(2014) 207, 8 avril 2014.
- The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States Étude, étude de l'AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International), mars 2013.
- Travaux d'ULTRA (Unmanned Aerial Systems in European Airspace).
 - D1.1 - Identification of gaps and new/modified regulations within the existing regulatory framework (décembre 2012)
 - D1.2 – Proposed set of actions to fill the gaps in the existing regulatory framework (juillet 2013)
 - D2.1 - State-of-Art report of civil UAS solutions and enabling technologies (avril 2013)
 - D2.2 – Time phased-alternative solutions for all equipment and infrastructure enablers (septembre 2013)
 - D3.1 - Safety aspects of civil RPAS operations (août 2013)
 - D3.2 – Identification of Social Dimension (novembre 2013)
 - D3.3 – Impact of RPAS (novembre 2013)
 - D4.1 – Most relevant user cases for civil UAS in the European Airspace in the 2013-2014 timeframe (février 2013)
 - D4.2 – Civil UAS applications in Europe : Deployment plan and Economic sustainability of the business case (décembre 2013)
- Règlement (CE) n° 216/2008 concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile et instituant une Agence européenne de la sécurité aérienne

- Commission Regulation n° 748/2012 laying down implementing rules for the airworthiness and environmental certification of aircraft and related products, parts and appliances, as well as for the certification of design and production organisations

- Notice of Proposed Amendment (NPA) 2012-10, Transposition of Amendment 43 to Annex 2 to the Chicago Convention on remotely piloted aircraft systems (RPASs) into common rules of the air, AESA, août 2012

- UAV Task-Force Final Report, A concept for European regulations for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Eurocontrol and Joint Aviation Authorities (JAA), mai 2004

- Eurocontrol-Spec-0102 – Specifications for the use of military Remotely Piloted Aircraft as operational airtraffic outside segregated airspace, février 2012

- Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS), E.T01301, AESA, août 2009

- Commission Staff Working Document (SWD 259), Towards a European strategy for the development of civil application of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), septembre 2009

- Roadmap for the integration of civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System, European RPAS Steering Group (ERSG), juin 2013

- Rulemaking progress on RPAS : ICAO, EU, JARUS... and EASA, présentation de Filippo Tomasello, EASA R4.1, janvier 2014

- Unmanned Aircraft Systems, présentation de Daniel Hawkes, président du WG-73,, Gérard Mardiné, Operations Sub-Group, et Michael Allouche, Airworthiness Sub-Group, d'EUROCAE réalisée lors d'un atelier organisé à Paris par l'AESA en février 2008

- CAP 722, Unmanned Aircraft Systems Operations in UK Airspace – Guidance, Civil Aviation Authority (CAA) août 2012

- Belgian Certification Specification for UAV Systems, Belgian Civil Aviation Authority janvier 2007

- Attachment X to Czech Aviation Regulation L2 – Rules of Air (intégration dans le droit national de l'Annexe 2 de l'OACI) : Unmanned Aircraft Systems, Czech CAA, août 2011

- CAA/S-SLS-010-1/2012 procédures pour la délivrance de permis pour voler, Czech CAA, mars 2012

- Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto, Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC), projet, décembre 2012

- Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO), German Air Traffic Order, 2010

– Certification Specification for Light Unmanned RotorSystems (CS-LURS), JARUS, octobre 2013

– STANAG 4586, 4671, 4702, 4703, 4738 et 4670 de l'OTAN

– RPAS The Global Perspective 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 Blyenburgh & Co, UVS international

– ER-004, A Concept for UAS Airworthiness Certification and Operational Approval, EUROCAE, 2010. Ce rapport comprend cinq volumes et un supplément :

ER-004 Volume 1 : General Considerations for Civilian Operation of Unmanned Aircraft

ER-004 Volume 2 : Unmanned Aircraft System Operations

ER-004 Volume 3 : Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Certification

ER-004 Volume 4 : Unmanned Aircraft Systems for Visual Line of Sight Operations

ER-004 Volume 5 : Command and Control Considerations for Unmanned Aircraft (toujours en chantier lors de la publication du rapport)

ER-004 Supplément : Abbreviations and Terminology for Unmanned Aircraft Systems

- Intégration des drones dans l'espace aérien civil américain, Aspects technique, économique, social et réglementaire par Thibaut Limon, juin 2013

4. Travaux menés sur les drones par Eurocontrol, JARUS, EUROCAE

Eurocontrol

L'organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne (Eurocontrol) est une organisation intergouvernementale qui compte 40 États membres et qui a pour mission d'harmoniser et d'unifier la gestion de la navigation aérienne en Europe, en promouvant un système uniforme pour les usagers civils et militaires, dans des conditions de sécurité maximale tout en minimisant les coûts et les impacts environnementaux. Eurocontrol prépare notamment les dossiers techniques et les textes des décisions et règlements qui sont pris soit par son organe suprême, soit par l'Union européenne selon ses procédures propres.

L'organisation s'est beaucoup impliquée dans les travaux préparatoires à l'intégration des drones civils dans l'espace aérien et produit régulièrement des spécifications qui sont mises à la disposition des États membres qui peuvent les utiliser sur une base volontaire. Celles-ci sont générales et génériques et dérivées des bonnes pratiques qui ont pu être identifiées. Elles sont bâties en suivant quelques grands principes ; les drones ne doivent pas augmenter les risques pour les autres usagers de l'espace aérien ; les procédures les concernant doivent refléter celles applicables aux aéronefs habités ; et la fourniture de services de contrôle aérien (ATC) aux drones doit être transparente pour les contrôleurs aériens ; les drones devront s'adapter au système de gestion de l'espace aérien existant (ATM).

L'organisation a notamment coproduit dès 2004 avec les Joint Aviation Authorities (JAA qui est le « club » des autorités de l'aviation civile européennes) des lignes directrices pour l'établissement de réglementation pour les systèmes de drones. En 2012, l'organisation a conclu un travail mené en liaison avec les autorités militaires sur la thématique de l'utilisation de drones militaires en espace non ségrégué. Ce travail visait à établir une méthode pour démontrer que les risques pour les autres usagers de l'espace aérien liés à des opérations de drones militaires ne seraient pas plus élevés que pour des vols opérationnels d'avions militaires avec pilotes à bord dans l'espace aérien non ségrégué et seraient réduits autant que possible. Les recommandations issues de ce processus ont été intégrées dans un document de spécifications, spécifications qui font toutefois l'hypothèse que des dispositifs permettant d'assurer la fonction « Détecter et éviter » ont été développés. Ces spécifications envisagent notamment un mode de fonctionnement principal qui implique la surveillance par un pilote-commandant de bord, et un mode de sauvegarde qui permet à un drone de passer en vol autonome en cas de perte de contrôle de liaison de données. Une hiérarchie similaire est suivie à l'égard de la prestation de séparation et d'évitement des collisions. Ainsi, lorsque le service de contrôle aérien (ATC) n'est pas disponible pour séparer un drone d'autres utilisateurs de l'espace aérien, le pilote commandant de bord assume cette responsabilité en utilisant des données de surveillance disponibles notamment le système permettant de « Détecter et éviter », système qui constituera également le dernier recours pour éviter des collisions, si les circonstances le justifient. Le travail réalisé contient beaucoup de matériel réutilisable pour ce qui concerne l'exploitation de drones civils en espace non ségrégué.

L'organisation travaille toujours aujourd'hui au développement d'exigences dans le domaine de la gestion du trafic aérien (Air Traffic Management, ATM) pour préparer des critères concernant la certification et les opérations aériennes.

L'intégration des drones dans l'ATM est envisagée sur la base d'une approche à « 2 niveaux » : un premier volet qui traitera de l'intégration dans l'ATM des drones dans le court/moyen terme (jusqu'en 2020) et un second volet qui soutiendra leur intégration des drones dans le cadre de SESAR pour le long terme (après 2020). Les travaux engagés concernent notamment la certification de type de drones pour répondre aux exigences de réseau ATM. Il est également considéré que ces travaux contribueront à améliorer la performance globale du système de gestion du trafic aérien (ATM) ; les différents dispositifs qui seront développés pour l'avionique des drones, leurs commandes et leurs liaisons de contrôle ainsi que les dispositifs permettant d'assurer la fonction « Détecter et éviter » devraient en effet pouvoir être transposés à l'aviation avec pilotes à bord ce qui devrait contribuer à améliorer la sécurité pour tous les utilisateurs de l'espace aérien.

Dans le cadre du premier de ces volets, des simulations ont d'ores et déjà été réalisées sur le thème de l'intégration des drones dans l'ATM en temps réel, simulations visant à explorer les grandes questions de l'interface drones-ATM, des facteurs humains, des fonctionnalités des dispositifs « Détecter et éviter » et d'autres exigences supplémentaires. Cette activité contribuera directement à alimenter les travaux menés par le groupe de travail 73 d'EUROCAE, de même qu'à l'établissement de catégories de certification des drones en fonction des besoins de l'ATM.

Au titre du 2e volet, le travail d'Eurocontrol sur les drones progresse en pleine coopération avec divers groupes nationaux et internationaux : EUROCAE, la FAA, l'OACI, l'AESA, l'OTAN et les industriels produisant des drones, pour leur fournir un appui dans des domaines tels que l'ATM, la sécurité, les considérations militaires et le spectre des fréquences. Sur la question de la certification, Eurocontrol travaille notamment en étroite collaboration avec l'AESA afin de soutenir le développement de critères de certification pour les drones.

S'agissant des travaux qui sont menés en liaison avec SESAR-JU, on peut noter que le concept de trajectoire en 4 dimensions (4D) sur lequel SESAR JU travaille apparaît bien adapté à l'exploitation de drones.

Eurocontrol procède également à une analyse des lacunes réglementaires afin de dresser un état de la réglementation actuelle relative aux drones, déterminer les lacunes du cadre réglementaire au niveau européen, et d'identifier les changements requis dans les règlements sur le ciel unique pour y accommoder les drones.

En France, Sagem, Cassidian et Thalès se sont vu confier plusieurs expérimentations par SESAR-JU et utilisent pour celles-ci des drones occasionnellement pilotables (OPV) où il y un pilote à bord qui peut intervenir en cas de besoin.

Travaux menés dans le cadre de JARUS

Créé en 2007, JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) est un groupe formé de représentants de plus de 20 pays ainsi que de diverses organisations (AESA, EUROCAE, RTCA, Eurocontrol...) qui vise à réaliser des documents d'orientation afin que les réglementations concernant les drones produites dans le monde, que ce soit par des États ou par des entités à qui les États ont délégué des compétences comme l'AESA, soient aussi harmonisées que possible. Une quinzaine de pays membres de l'Union européenne sont représentés dans ce groupe qui comprend aussi des représentants d'autres pays qui ont souhaité s'associer aux travaux engagés sur les drones : Australie, Brésil, Canada, Israël, États-Unis...

À l'origine JARUS a travaillé sur les petits drones (moins de 150 kg) et sur la navigabilité se voulant complémentaire de l'AESA. Depuis 2012, JARUS a élargi son champ d'action et travaille sur tous les aspects de la conception et de l'utilisation des drones en vue de permettre leur certification et leur intégration sûre dans l'espace aérien et sur les aéroports (aspects opérationnels, techniques, liés aux personnels, organisationnels). Les Termes de référence de JARUS précisent que le but de JARUS est de recommander un ensemble unique d'exigences techniques, en matière de sécurité et d'exigences opérationnelles pour la certification et l'intégration sécuritaire des systèmes aériens sans pilote (UAS, télépilotes ou non) dans l'espace aérien et sur les aérodromes.

JARUS doit notamment produire des documents d'orientation sur les problématiques « Détecter et éviter » (Detect and Avoid, D&A), « Commande et contrôle » (Command and Control », C2), licences des télépilotes, certification, AMC 1309 (intégrité en vol).

Dans cette perspective, sept groupes de travail ont été institués au sein de JARUS. Les objectifs de chacun de ces groupes se présentent comme suit :

- Groupe OPS qui traite des exigences opérationnelles (dans un premier temps pour les vols VLOS puis les vols B-VLOS) et des exigences relatives aux personnels (télépilotes et observateurs, licences et formation).

- Groupe ORG qui traite de l'approbation des organismes. Son objectif est de développer des documents d'orientation pour établir des politiques et des exigences pour la certification et la surveillance des organisations impliquées dans la conception, la production et le maintien de la navigabilité des drones, leur exploitation, les communications associées et les fournisseurs de services pour les stations de pilotage ainsi que les organisations assurant des formations.

- Groupe AW, certification. Ce groupe a d'ores et déjà produit en fin 2013 des spécifications de certification pour les drones légers équipés de rotor (Certification spécification for Light Unmanned Rotorcraft System, CS-LURS) et travaille actuellement plus particulièrement sur des spécifications de certification pour des drones à voilure fixe de type avion et un avant-projet est en cours d'évaluation (Light Unmanned Airplane System, LC-LUAS). La méthode définie a été testée en Russie et évaluée par les Pays-Bas.

- Groupe DA travaillant sur la fonction « Détecter et éviter » (DA). JARUS propose de définir une approche commune sur les exigences de sécurité du système global et du sous-système « Détecter et éviter ». Une matrice fonctionnalités/séparation a été réalisée pour toutes les classes d'espace aérien pour les conditions VFR/IFR et VMC/IMC. Les exigences pour les opérations VLOS et E-VLOS pour le dispositif sont bien avancées ; de même que les exigences pour les opérations VLL. JARUS a également travaillé à une terminologie pour ce qui concerne la fonction DA pour ce qui est de l'évitement en VFR et l'a harmonisée avec celle proposée par le groupe UASSG de l'OACI.

- Groupe C3, traitant du pilotage, du contrôle et des communications. Le travail est aligné sur celui mené dans le groupe USSAG de l'OACI (Manuel drone pour C2 et les liaisons COM avec l'ATC. et avec le groupe d'EUROCAE WG 73 C3). Ces groupes échangent leurs commentaires sur leurs productions respectives en vue d'aboutir à une approche complète et cohérente sur les problématiques C3.

- Le 6e groupe travaille à la sécurité du système et notamment à des exigences propres à certains objectifs principaux de navigabilité, de sécurité du système et aux

documents d'orientation associés (dits AMC UAS.1309). Il travaille notamment à l'établissement de recommandations sur la classification des pannes en termes de sévérité et de probabilité.

- Le 7e groupe, le dernier créé, travaille sur les changements de paradigme nécessaires pour établir un cadre réglementaire approprié aux drones ; les travaux engagés portent notamment sur le développement d'un système de classification pour les drones et sur des sujets spécifiques aux stations de pilotage, aux liaisons C2 et au matériel de lancement et de récupération.

EUROCAE

L'Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile (EUROCAE) est une association d'experts qui établit des règles de standardisation, des normes, pour des systèmes utilisés au sol ou à bord par l'aviation civile en Europe. Les documents produits par EUROCAE (ED, pour EUROCAE Documents) sont largement cités comme un moyen de se conformer à des normes techniques européennes (ETSOs, European Technical Standard Orders) et à d'autres documents réglementaires. EUROCAE travaille en étroite coopération avec d'autres organismes de normalisation comme la Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) ou la SAE aux États-Unis.

EUROCAE travaille sur les drones depuis une dizaine d'années et a créé sur ce sujet deux groupes de travail le WG 73 en 2006 et le WG 93 en 2012.

- Le WG 73 a été créé pour analyser et développer des normes qui faciliteront l'insertion des drones dans toutes les classes d'espace et de proposer une terminologie et les définitions selon les besoins. Le groupe a créé 4 sous-groupes : SG1 opérations de drones ; SG2 navigabilité ; commande ; SG3, contrôle, communications, spectre et sécurité ; et SG4 exploitation de drones jusqu'à 150 kg. Le WG 73 a produit en 2010 un rapport d'orientation (rapport ER-004 A Concept for UAS Airworthiness certification and Operational Approval) dont l'objectif affiché est de contribuer à la mise en place d'un cadre réglementaire basé sur le cadre réglementaire existant pour l'aviation civile qui permettra aux avions sans pilote d'opérer dans l'espace aérien sans ségrégation avec les avions pilotés et sans dégrader l'efficacité et la sécurité de l'espace aérien. Les cinq volumes de ce rapport et son supplément consacré à la terminologie, présentent des concepts pour la certification de navigabilité, l'approbation opérationnelle, la mise à disposition du spectre radioélectrique et la gestion de la sécurité des systèmes d'aéronef sans pilote. Un des cinq volumes traite spécifiquement du cas des drones exploités en vue du télépilote (Visual Line-of-Sight-Operations, VLOS).

Les travaux du WG 73 ont été réorientés en 2011 vers les problématiques liées à un scénario correspondant à la pénétration et à la circulation dans des espaces de classe A, B, et C ainsi qu'à la sortie de ces espaces en conditions IFR (scénario correspondant à la voie 1 définie par EUROCONTROL). Par ailleurs, le groupe concentre désormais ses travaux sur les drones les plus gros, en vue de définir des exigences de sécurité et de performances (Safety and Performance Requirements, SPR) qui seront utilisées pour définir les exigences relatives aux deux problématiques essentielles que sont Communication, commande et contrôle (Communication, Command and Control, C3) et « Détecter et éviter » (Detect and Avoid, D&A). Il traite également des thématiques des licences des télépilotes, de l'approbation des opérateurs ainsi que des objectifs de sécurité des systèmes avec présentation d'une classification des cas typiques de pannes, définition des services de l'exploitation et de l'environnement (Operational Services and Environment Definition, OSED), et

d'exigences d'interopérabilité (Interoperability Requirements)... Le WG 73 a été réorganisé en « équipes d'intervention » (Focus Teams FTs) et les activités du SG4 ont été transférées à un nouveau groupe le WG 93 – drones légers.

- Le WG 93 qui a débuté ses travaux début 2012 doit produire des normes et des directives relatives à la conception, à la fabrication et aux opérations des drones légers et cherche à permettre que des drones légers puissent être exploités rapidement. Les travaux réalisés doivent prolonger ceux engagés dans le cadre du Groupe de travail mixte JAA/EUROCONTROL. Le WG 93 s'est organisé en cinq sous-groupes et 14 lots (WP) qui abordent les problématiques suivantes :

- Focus Group 1 Sécurité et sûreté avec WP02 C3, WP04 Navigabilité, WP09 Collecte des données, WP11 Classification, WP12 Évaluation de la sécurité générique.

- Focus Group 2 Approbations des organisations avec WP05, Organisations liées à la conception, la production et à la maintenance, WP06 Entités qualifiées, WP08 Exigences pour les opérateurs, WP10 Documents d'orientation pour les opérateurs.

- Focus Group 3 Opérations VLOS. WP01 Scénarios VLOS, WP03 Caractéristiques de visibilité des petits drones.

- Focus Group 4 Licences et formation des équipages avec WP07 Licences et formation.

- Focus Group 5 B-VLOS Scénarios avec WP14 scénarios et documents d'orientation.

Le travail engagé doit notamment aborder l'impact des normes et pratiques recommandées sur les constructeurs et les exploitants.

Interface avec les travaux menés par d'autres instances européennes

Plusieurs entités militaires et notamment l'agence européenne de défense (AED) et l'ASD (Aerospace and Defence Industries Association of Europe) ont travaillé sur la certification et l'intégration dans l'espace aérien des drones militaires et leurs travaux pourront dans une certaine mesure être réutilisés pour les problématiques similaires concernant les drones civils, les marchés des drones tant civils (surtout des plus gros) que militaires étant fortement interdépendants de l'évolution des technologies qui les tire.

L'AED a co-organisé en 2010 une conférence de haut niveau avec la Commission européenne à l'occasion de laquelle le développement d'une approche commune a été souhaitée afin de maximiser l'efficacité des dépenses publiques en Europe. L'AED participe à de nombreux groupes de travail sur les drones civils (DG ENTR, MOVE, RESEARCH de la Commission, AESA, SESAR-JU, Eurocontrol...), SESAR-JU, Eurocontrol), et a notamment produit des contributions sur les sujets suivants : priorisation de travaux à mener (systèmes de recueil sûrs en cas de pannes, pilotage autonome, évolutions sur les aérodromes, fonctions avancées en matière de DA...), projet Mid Air Collision Avoidance System (MIDCAS) visant à développer un système « Détecter et éviter » utilisable en espace non ségrégué, travaux sur les aspects réglementaires pour les drones évoluant sur la mer, intégration des drones militaires dans la circulation aérienne générale, motorisation des drones...

L'ASD a pour sa part formé un groupe de travail comprenant une douzaine d'industriels (dont Cassidian, Dassault-Aviation, SAFRAN Sagem et Thales pour la France). Il y a

déjà quelques années, ce groupe a produit un document exposant les cinq grandes questions qui paraissent, à partir d'un point de vue industriel, devoir être abordées pour permettre aux industries aérospatiale et de défense européenne d'être présentes sur le marché de drones civils et de valoriser ce qui a été acquis en développant des drones militaires. Ces questions, qui restent d'actualité, sont liées : à la nécessité de disposer d'une réglementation s'agissant notamment de la certification, des autorisations d'exploiter et des licences des télépilotes ; au développement progressif de normes par EUROCAE et RTCA, normes qui soient aussi harmonisées que possible qu'elles soient civiles ou militaires ; au développement d'un cadre réglementaire par l'OACI ; à l'évolution des systèmes de gestion du trafic aérien avec notamment les projets SESAR en Europe et NextGen aux États-Unis ; et à la disponibilité de fréquences radioélectriques tant pour les besoins des liaisons que pour ceux des transferts de données durant les missions confiées aux drones. L'industrie européenne entendait s'impliquer pleinement pour faire progresser toutes ces questions.

5. Exemples de réglementations étrangères :

5.1. Royaume-Uni

Le Royaume-Uni s'est attaché à développer un cadre réglementaire pour les drones depuis plus de dix ans avec comme objectif final de permettre une intégration complète et sûre des opérations de drones dans le système de l'aviation.

Ce cadre est basé sur la réglementation communautaire et comprend la Loi sur l'aviation civile (Civil Aviation Act de 1982) et en matière de navigation aérienne le CAP 393. S'agissant des drones, le dispositif qui se met progressivement en place est basé sur les principes suivants : ce sont des aéronefs, ils sont pilotés, et les risques qu'ils peuvent générer doivent être analysés de manière équivalente à celle selon laquelle sont analysés les risques générés par les aéronefs disposant d'un pilote à bord ; de plus on ne doit leur accorder aucun droit ou régime particulier notamment en matière d'accès à l'espace aérien. La réglementation doit être proportionnée aux risques et correctement protéger les tiers qui ne sont pas impliqués dans leur exploitation.

Le règlement sur la navigation aérienne (Air Navigation Order de 2009 qui fait partie du CAP 393) aborde l'exploitation des drones. Certains articles de portée générale rappellent qu'on ne doit pas mettre en danger la vie d'autrui ou endommager des biens d'autrui par imprudence ou négligence (art.138).

Les drones de moins de 20 kg, qualifiés de petits drones, sont exemptés de la plupart des dispositions de cet Order mais les articles 166 et 167 les concernent spécifiquement. Ces articles précisent que ce type de drone ne peut être exploité que si la personne en charge du vol « est raisonnablement convaincue que le vol peut être effectué en toute sécurité », ceci n'impose pas a priori de certification. Cette personne doit maintenir un contact visuel avec le mobile volant (vol en condition VLOS). De plus, pour les drones de plus de 7 kg, une autorisation des services de la navigation aérienne est nécessaire pour voler dans des espaces de classe A, C, D ou E, ou au-dessus de 400 pieds, ou encore dans la zone de trafic d'un aéroport. Une autorisation de la Civil Aviation Authority (CAA) est de plus demandée pour réaliser des activités relevant du travail aérien (Art. 166). Des conditions sont par ailleurs imposées aux drones engagés dans des activités de surveillance ou d'acquisition de données, conditions (essentiellement des distances de séparation) concernant le survol de personnes, de zones densément peuplées ou de divers véhicules ou équipements (art.167).

Pour les drones de plus de 20 kg, toutes les autres dispositions prévues dans l'Order s'appliquent comme elles s'appliquent aux aéronefs pilotés qu'elles concernent l'immatriculation, les équipements obligatoires, les licences du pilote, l'application des règles de l'air (certaines dispositions relatives à quelques aspects opérationnels comme les aires de décollage sont cependant par nature propres aux drones). La certification est basée sur les principes développés dans le règlement communautaire n° 216/2008 pour les drones de plus de 150 kg. Ces drones ne peuvent à ce stade, à savoir en l'absence de dispositif « Détecter et éviter », évoluer qu'en espace ségrégué. L'Order définit à cette fin des zones dites « Danger areas ».

Ce dispositif législatif est complété par un règlement d'application publié par la CAA, le CAP 722 (Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace-Guidance) dont la 5e édition date d'août 2012 et qui devrait bientôt connaître une 6e édition. Ce texte contient des dispositions détaillées concernant la conception et la fabrication de drones

ainsi que leur exploitation. En ce qui concerne les opérations et l'utilisation de l'espace aérien, le CAP 722 comprend des principes et exigences concernant le fonctionnement de l'espace aérien pour les drones, y compris les réservations temporaires de l'espace aérien à leur attention, la fonction « Détecter et éviter », les fréquences utilisables, l'utilisation d'un radar de surveillance, la qualification des opérateurs civils, les opérations transfrontalières, l'autonomie des drones et les facteurs humains en relation avec leur exploitation. Il comprend également des dispositions particulières aux opérations civiles : agrément d'exploitation, y compris les demandes d'autorisation d'exploitation et modèle de manuel d'opérations, procédures et procédures d'urgence ATM, violations des règles de l'air, procédures à suivre en cas d'accident ou d'incident/d'accident et procédures en cas d'exploitation à partir d'aérodromes et propres aux opérations par des drones militaires.

Pour les drones d'une masse comprise entre 20 et 150 kg, le CAP 722 ne comprend pas d'exigences de certification d'application obligatoire mais donne une méthode (l'approche CONOPS) basée sur la production d'un dossier de sécurité. L'opérateur doit dans tous les cas justifier que le risque global est identifié de manière adéquate et mitigé tant pour les opérations courantes qu'en cas de panne.

On peut noter que les opérations E-VLOS de petits drones sont autorisées mais nécessite un NOTAM (ce qui n'est pas requis pour vols VLOS).

Les vols à finalité récréative sont réalisés sous la responsabilité de la personne en charge et ne demandent ni licence, ni immatriculation, ni exigence de certification mais ne sont autorisés qu'en condition VLOS.

Les aspects propres à la protection des données à caractère personnel sont couverts par d'autres réglementations.

La CAA a largement diffusé une brochure rappelant quelques principes essentiels à ne jamais perdre de vue pour voler de manière sûre et en respectant la loi.

Il est également intéressant de noter que la CAA fait usage de la disposition du règlement de base européen qui crée les entités qualifiées et délègue à de telles entités l'évaluation des organisations qui demandent à être approuvées par la CAA.

Le CAP 722 est un document dynamique, il est continuellement mis à jour lorsque de nouvelles normes ou règlements sont produits.

Pour toutes les opérations civiles avec des drones et notamment pour des vols VLOS, une qualification des pilotes est nécessaire, qualification reconnue par la délivrance d'un certificat national (BNUC, Basic National UAS Certificate et BNUC-S pour les plus petits drones). Ce certificat peut être délivré par l'entité qualifiée EuroUSC.

5.2. États-Unis

Le cadre réglementaire de l'aviation civile figure aux États-Unis dans le Titre 14 « Aéronautique et espace » du Code of Federal Regulations. C'est la Federal Aviation Agency (FAA) qui est habilitée à autoriser ou non l'emploi de drones dans l'espace aérien national américain (US National Air Space, NAS), la méthode d'autorisation variant selon la nature de l'utilisation : publique, civile, ou de loisir.

Dans les deux premiers cas, elle se fait au cas par cas.

– Si l'opérateur est une entité publique (forces de l'ordre, agences fédérales, entités gouvernementales locales, etc.), une certification d'autorisation (COA pour Certification of Authorization) est requise. La FAA délivre le certificat correspondant après s'être assurée que l'utilisation du drone représentera un danger minimum pour la sécurité des autres aéronefs, ainsi que pour les personnes et propriétés au sol. La requête d'une COA se fait sur Internet et la procédure prend normalement moins de 60 jours. L'opérateur public a l'autorité pour certifier la navigabilité de son drone et la compétence de l'équipage de conduite. Selon les statistiques publiées par la FAA, le nombre de demandes de COA s'est élevé de 75 en 2007 à 146 en 2010 et à 313 en 2011 et 320 COA étaient actifs début 2013, leur durée de validité variant de 12 à 24 mois.

– Si l'opérateur est une entité civile (constructeurs de drones, entreprises, etc.), un certificat spécial de navigabilité est nécessaire et la FAA ne délivre actuellement de tel certificat que pour deux types d'opérations : les vols spéciaux qui permettent aux entreprises de tester leurs nouveaux drones (on parle alors de permis de vol spécial) et des vols en relation avec la recherche et la formation de télépilotes ainsi que pour la réalisation d'études de marché (on parle alors de certificat expérimental). Le processus de certification est long et onéreux (il peut prendre plus d'un an).

En 2008, la FAA a publié une première version provisoire d'un manuel d'approbation opérationnel qui fournit des directives à utiliser pour déterminer si un drone peut être autorisé à effectuer des opérations de vol dans le NAS avec un COA ou un certificat de navigabilité spécial. Cette même année, un comité pour la réglementation des petits systèmes de drones a également été mis en place.

L'utilisation de drones à usage de loisir uniquement est en revanche pratiqué depuis des années dans le NAS et n'est pas réglementé par la FAA, qui s'est même vu interdire par le Congrès de la réglementer. Ce type d'utilisation est défini comme celui : « [...] *d'un avion sans pilote capable de voler dans l'atmosphère, toujours dans la ligne de vue de l'opérateur, et utilisé à des fins de hobby ou de loisir* ». Utiliser un drone dans ce cadre ne nécessite pas d'autorisation préalable de la FAA mais l'opérateur concerné doit cependant respecter certaines règles : le drone rester dans son champ de vision et son poids ne doit pas excéder 25 kg. Le télépilote doit de plus respecter une charte de bonne conduite publiée par l'Academy of Model Aeronautics (AMA), opérer son aéronef de manière à ne jamais gêner un avion piloté et avoir l'accord des contrôleurs aériens si son drone doit voler à moins de 8 km d'un aéroport.

Le Modernization and Reform Act de 2012 de la FAA inclut une section (sous-titre B) sur les systèmes aériens sans pilote. Par ce texte, le Congrès a approuvé une « Feuille de route », qui devrait conduire au terme d'un certain nombre d'étapes la FAA à permettre une intégration sécuritaire dans le NAS des drones en 2015.

On peut également noter que dans la perspective d'une évolution du cadre réglementaire la FAA a, au cours des deux dernières années, autorisé à titre dérogatoire quelques vols de drone à l'usage commercial. Ont ainsi été autorisés, des vols d'un appareil de la firme pétrolière BP pour inspecter ses installations, oléoducs, routes et équipements en Alaska et des essais de drones civils destinés à usage civil, y compris commerciaux, sur six sites (ceci doit permettre à des entreprises et à des universités de réaliser des tests d'usages divers : traitement de cultures agricoles, lutte contre le braconnage...). En février 2015, seules 26 entreprises étaient autorisées à utiliser des drones commerciaux aux États-Unis.

En ce qui concerne les normes propres à l'industrie des drones, les principales organisations de l'industrie portant sur les normes de l'aviation (la RTCA, l'American

Society for Testing and Materials, ASTM, et la Society for Automotive Engineers, SAE) ont créé des groupes spécifiques pour produire les normes requises et des documents d'orientation pour exploiter des drones.

À noter également que, sur le plan militaire, le Department of Defence (DoD), qui est le plus grand utilisateur de drones et l'un des plus expérimentés à travers les nombreuses missions effectuées par les différentes branches de l'armée américaine, a publié des règlements pour les opérations militaires de drones (par exemple les US Army AR 95-23 « Règlement pour les vols de drones » et US Army FM 3-04-155 « Les opérations de drones par l'Armée »), et une Feuille de route. Ces documents bien qu'essentiellement orientés vers des questions propres aux drones militaires, fournissent des références importantes pour toute la communauté des drones et notamment un aperçu des tendances technologiques.

On peut également noter que de nombreuses activités et projets de R&D se développent aux États-Unis.

Cette situation qui ne permettait l'utilisation de drones à des fins professionnelles que de manière extrêmement limitée est appelée à évoluer dès lors que sera formellement adopté le nouveau régime qui a été soumis à consultation en février 2015 et dont les grandes lignes sont présentées ci-après.

Ce projet qui concerne l'utilisation commerciale des drones aux États-Unis a été présenté par la FAA et par le ministère des transports mi-février dernier, ouvrant ainsi une période de consultation de 60 jours à l'issue de laquelle un projet de texte devrait être formellement arrêté. Ses principales dispositions sont les suivantes :

- vols autorisés uniquement durant la journée, en condition VLOS, étant entendu qu'un drone autorisé dans ce cadre ne sera jamais prioritaire sur les autres appareils volants ; le télépilote pourra être assisté d'un « observateur » pour maintenir une surveillance visuelle du drone si son attention du pilote devait être détournée par une autre tâche comme vérifier des données sur un écran pendant le vol par exemple ;
- les vols sont interdits en espace de classe A (au-dessus de 18 000 pieds), soumis à autorisation des services de la navigation aérienne en espaces de classe B, C, D et E, non soumis à autorisation en espace de classe G ;
- les drones ne doivent pas être certifiés mais les opérateurs doivent les maintenir en condition d'effectuer un vol sûr et chaque vol doit faire l'objet d'une visite prévol ; aucune opération ne doit être réalisée de manière négligente ou avec prise de risque inconsidérée ; chaque drone doit être enregistré auprès de la FAA et porter visiblement son numéro d'immatriculation ;
- masse du module volant limitée à 55 livres (environ 25 kg), hauteur maximale de vol fixée à 500 pieds (soit environ 150 m), vitesse maximale de 100 mph (environ 160 km/h) ;
- nécessité pour les télépilotes d'être âgés de plus de 17 ans, de disposer d'un permis (operator certificate) à revalider tous les deux ans et être dans une condition physique et mentale qui ne risque pas de compromettre la sécurité du vol ;
- interdiction de survoler des personnes autres que les opérateurs du vol ou de s'approcher d'aéroports, interdiction de larguer des objets...

Les vols autorisés pourront donc concerner l'agriculture, la surveillance de chantiers ou d'ouvrages d'art ou la surveillance, la réalisation de prises de vue aérienne... mais la possibilité d'effectuer des livraisons n'était pas prévue dans la rédaction mise en consultation mais pourrait y être intégrée dans la version amendée à la suite de la consultation engagée.

Une proposition particulière a été faite pour les micro-drones. Celle-ci concerne les drones de moins de 2 kilos, évoluant à moins de 30 nœuds et à une hauteur maximale de 400 pieds, en espace de classe G et à moins de 5 nm d'un aéroport. Des vols avec ce type de drones dans les conditions prescrites pourraient survoler des personnes et le permis pour les piloter pourrait être obtenu au travers d'une auto-formation.

L'entrée en vigueur de ce projet pourrait ne pas intervenir avant deux ans. La FAA a estimé que d'ici cinq ans cette réglementation pourrait concerner quelque 7500 petits drones civils et il a également été indiqué que, le secteur des drones commerciaux étant nouveau, les réglementations s'y rapportant devraient être revues tous les trois ans en parallèle des « avancées technologiques ».

* *

Les réglementations en vigueur en Suède (pays européen qui compte le plus d'opérateurs avec la France et le Royaume-Uni), en Allemagne, en Suisse et au Canada sont sommairement présentées dans l'Annexe 4. On peut souligner ici quelques-unes des caractéristiques propres à ces réglementations. En Suède, les différentes catégories d'appareils auxquelles s'applique la réglementation sont définies en fonction de la masse mais également de l'énergie cinétique maximale du module volant, les drones volant en conditions B-VLOS doivent être certifiés, leurs opérateurs approuvés et leurs télépilotes dûment qualifiés. En Allemagne, la réglementation affiche un principe général d'interdiction des vols effectués en dehors de la vue du télépilote et concerne essentiellement les vols d'engins de moins de 25 kg volant en conditions VLOS à une altitude maximale de 100 mètres au-dessus du niveau du sol. En Suisse, la réglementation concernant l'utilisation des drones distingue les petits drones, à savoir les engins de moins de 30 kg qui peuvent, moyennant le respect de quelques conditions, être utilisés sans autorisation particulière et les plus gros drones soumis à autorisation. Enfin, au Canada, la réglementation utilise aujourd'hui pour traiter des drones l'expression « Véhicule aérien non habité », lequel est défini comme un aéronef autopropulsé autre qu'un modèle réduit d'aéronef conçu pour voler sans pilote à bord. Un modèle réduit d'aéronef est lui-même défini comme un aéronef d'un poids maximum de 35 kg qui est entraîné mécaniquement ou lancé en vol à des fins récréatives et n'est pas conçu pour transporter des personnes ou des êtres vivants. Les opérations de véhicule aérien non habité sont autorisées dans la mesure où l'opérateur bénéficie d'un certificat d'exploitation de vols spéciaux (SFOC, Special Flights Operations Certificate), SFOC qui est délivré par Transport Canada après évaluation des risques associés aux opérations envisagées et de la capacité de l'opérateur de gérer ceux-ci de manière satisfaisante et ce en prenant en compte les performances du système de drone concerné, les caractéristiques et la difficulté de la mission envisagée et l'environnement opérationnel. Les exploitants doivent s'assurer que leur projet ne compromet pas la sécurité des personnes et des biens au sol. Un régime dérogatoire a été mis en place fin 2014 pour les drones de moins de 25 kg. Toutes ces réglementations sont appelées à évoluer à court moyen terme.

On notera que l'utilisation de drones de moins de 25/30 kg n'est pas, dans certains pays, soumises à des contraintes particulières (États-Unis pour les drones à usage de loisirs et Suisse) préfigurant ainsi le régime que l'AESA envisage de mettre en place en Europe.

5.3. Suède

Dès 2003 un document de politique pour l'introduction de systèmes de drones en Suède a été élaboré, document qui introduit une différenciation entre les types de drones en fonction de leur masse et du type d'opérations réalisées. Une réglementation a dans un premier temps été développée pour les drones militaires puis par la suite pour les drones civils.

La loi sur l'aviation (Luftartslagen 2010:500) et l'ordonnance sur l'aviation (Luftartsförordningen 2010:770) donnent un cadre pour le développement de la réglementation pour les vols habités dont les conditions sont, dans une large mesure, applicables aux drones. La réglementation propre aux drones civils a été produite en 2009 par l'agence suédoise des transports et mise à jour en 2013 (Transportsstyrelsens författningsamling, TSFS 2009:88 et 2013:27). Celle-ci comprend un ensemble de règles et d'orientations relatives à la conception, la fabrication, la modification, la maintenance et les activités réalisées avec des drones civils. Ces règles varient selon la catégorie dont relève l'exploitation envisagée qui est définie en fonction de paramètres physiques relatifs au module volant et du type de vol envisagé. Trois catégories sont définies (la première étant elle-même divisée en deux sous-catégories) :

– la catégorie 1A correspond aux drones exploités en condition VLOS, présentant une masse pouvant aller jusqu'à 1,5 kg et une énergie cinétique maximale durant leur exploitation de 150 joules et la catégorie 1B aux drones de 1,5 à 7 kg, exploités en conditions VLOS avec une énergie cinétique maximale de 1000 J. Pour ces appareils, il n'est requis ni certification du module volant, ni qualification particulière des télépilotes. En revanche, les opérateurs et les opérations doivent être approuvés ;

– la catégorie 2 correspond aux drones de plus de 7 kg, sans limitation en matière d'énergie cinétique et exploités en condition VLOS. Pour ces derniers il n'est pas requis de certification mais opérateurs et opérations doivent être approuvés et les télépilotes doivent être qualifiés ;

– la catégorie 3 correspond aux drones sans limite de poids ni d'énergie mais volant en condition B-VLOS. Pour ces derniers, une certification est requise de même qu'une approbation des opérateurs et des opérations et qu'une qualification des télépilotes.

Cette réglementation aborde des thématiques de portée générale : définition des catégories de drones, approbations, surveillance des entreprises exploitant des drones, assurance, enregistrement et marquage et comprend des dispositions applicables aux différentes catégories de drones : organisation, dispositions relatives aux opérations aériennes, pilote-commandant de bord, pilote et autres personnels d'exploitation, manuel d'exploitation, préparation et exécution du vol, comptes rendus d'incidents, équipements nécessaires, communication avec le contrôle du trafic aérien, procédures opérationnelles pour les opérations sur les aérodromes agréés, certification de navigabilité, dispositions relatives à la maintenance, éventuelles exceptions.

Les dispositions prévues sont de plus en plus contraignantes au fur et à mesure que le risque à mitiger est important. Elles sont donc très simples pour les catégories 1A et 1B. Pour la catégorie 2, elles comprennent des exigences relatives à l'organisation mise en place chez l'opérateur (définissant les rôles et les responsabilités de dirigeant responsable, de directeur des opérations de vol et de directeur technique) et des dispositions relatives à l'exploitation des vols, y compris des exigences en matière de manuels d'utilisation et d'entretien, de limitations opérationnelles, de planification, d'application des règles de l'air et de reporting en cas

d'incident ou d'accident. Pour la catégorie 3, des exigences plus strictes que celles formulées pour la catégorie 2 sont prévues se rapprochant de celles existant pour les aéronefs avec équipage (par exemple pour ce qui concerne les règles de l'air, le plan de vol, les équipements CNS...).

À ce jour, les opérateurs qui ont été approuvés en Suède l'ont été essentiellement pour des opérations relevant des catégories 1 et 2 et pour les activités de travail aérien (en majorité pour de la photographie aérienne).

5.4. Allemagne

En Allemagne, les systèmes de drones (Unbemannte Luftfahrtsysteme) ont été intégrés dans la loi sur la circulation aérienne (Luftverkehrsgesetz) en 2012. Les dispositions intégrées dans cette loi viennent compléter des textes qui encadrent par ailleurs les activités d'aéromodélisme et concernent donc les véhicules aériens sans pilote, y compris leurs stations de contrôle, chaque fois qu'ils ne sont pas utilisés pour des activités de sport ou de loisir (§ 1). Le règlement d'application (Luftverkehrsordnung, Luft VO, § 15 bis (3)) affiche un principe général d'interdiction de l'utilisation de drones pour des vols effectués en dehors de la ligne de vue ou avec des engins d'une MTOW supérieure à 25 kg. L'exploitation commerciale de drones en Allemagne ne concerne donc essentiellement que des opérations en conditions VLOS réalisées avec des drones d'une masse maximale au décollage de moins de 25 kg. Les vols autorisés doivent en principe ne pas dépasser une altitude de plus de 100 mètres au-dessus du niveau du sol. Des drones de 25 kg peuvent cependant être autorisés à voler au cas par cas mais seulement dans des zones ségréguées prédéterminées où ils ne doivent pas présenter de risques pour la sécurité (circuits d'aérodrome notamment).

Dans tous les cas, l'obtention d'une autorisation de voler délivrées par les autorités aéronautiques (Landesluftfahrtbehörden) est nécessaire et cette autorisation peut comporter des limites opérationnelles, notamment en cas de survol de foule ou de zones peuplées. Pour obtenir cette autorisation, il est nécessaire de prouver que le télépilote est compétent et bien formé (condition qui peut être réalisée par la détention d'une licence de pilote d'avion). La portée géographique de l'autorisation générale est normalement limitée à la zone de responsabilité de l'autorité qui accorde l'autorisation (Land) ce qui ne facilite pas la circulation des drones au sein du territoire allemand.

Un guide d'information sur les opérations de drones a été publié en octobre 2013 par le Ministère fédéral allemand des Transports définissant des normes communes pour la délivrance des autorisations par les autorités des différents Länder. Les vols d'État disposent d'un régime particulier.

Il est intéressant de noter que l'Allemagne a une activité de production de drones significative, y compris de drones légers et que c'est le premier pays européen qui a intégré un drone militaire HALE (l'Eurohawk) dans l'espace aérien allemand.

5.5. Suisse

La réglementation suisse concernant l'utilisation des drones distingue les petits drones, à savoir les engins de moins de 30 kg qui peuvent, moyennant le respect de quelques conditions, être utilisés sans autorisation particulière et les plus gros drones soumis à autorisation.

Une ordonnance de 2014 n° 748.941 sur les aéronefs de catégories spéciales s'applique aux planeurs de pente, aux cerfs-volants, aux parachutes ascensionnels, aux ballons captifs et aux aéronefs sans occupants.

Les drones légers civils, d'une masse inférieure à 30 kg, sont, dans ce texte, traités de la même manière que les modèles réduits d'avion, pour autant que le « télépilote » maintienne un contact visuel permanent avec le drone, c'est-à-dire que le drone évolue en condition VLOS et que le vol respecte quelques autres contraintes : le drone ne doit pas dépasser une hauteur de 150 mètres dans les zones de contrôle, il doit rester à une distance de plus de 5 km des pistes d'un aérodrome et de plus de 100 m de rassemblements de personnes en plein air (sauf à l'occasion de participations à des manifestations publiques d'aviation pour les modèles réduits ou les drones qui sont à priori autorisés).

Aucun agrément particulier n'est requis pour exploiter des drones dans ces conditions que le vol réalisé soit à but commercial, non commercial, professionnel ou scientifique. Les drones de moins de 30 kg ne sont en Suisse pas inscrits au registre d'immatriculation, leur navigabilité ne fait pas l'objet d'un examen et aucun certificat de bruit les concernant n'est établi. Ils n'ont bien entendu pas d'obligation d'utiliser un aérodrome pour les atterrissages ou les décollages.

Quelques particularités du régime très souple mis en place peuvent être relevées :

– Le recours à des équipements permettant d'accroître la portée du regard (jumelles ou lunettes vidéo) nécessite l'autorisation de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) (procédure d'autorisation) ; les lunettes vidéo et dispositifs analogues sont admis si un deuxième opérateur supervise le vol et est en mesure de reprendre en tout temps le contrôle de l'appareil. L'opérateur doit alors se situer au même endroit que le pilote.

– Les vols automatiques (fonctionnement autonome) dans le champ visuel du pilote sont admis pour autant que le pilote soit en tout temps en mesure de reprendre si nécessaire le contrôle de l'appareil.

– Les prises de vue aériennes sont admises sous réserve de la réglementation relative à la protection des installations militaires. Il y a lieu également de respecter la sphère privée et plus généralement les dispositions de la loi sur la protection des données.

– Les cantons et les communes ont le pouvoir de prononcer d'autres restrictions à l'utilisation des aéronefs sans occupants.

En matière de responsabilité, l'ordonnance 748.941 précise que « *sont réservés dans tous les cas les droits qu'ont les personnes sur un bien-fonds de se défendre contre les atteintes à leur possession et de demander réparation des dommages* ». Elle précise enfin qu' « *afin de garantir les prétentions des tiers au sol, l'exploitant doit conclure une assurance responsabilité civile d'une somme de 1 million de francs (suisses) au moins* ».

À l'exception de l'obligation de voler en condition VLOS, les contraintes énoncées ci-dessus ne s'appliquent pas aux drones de moins de 500 grammes.

Des dérogations aux contraintes existant pour les vols de petits drones (survol de rassemblement de population, vols en condition BVLOS...) peuvent être accordées par l'OFAC sur la base d'une étude au cas par cas visant donc à s'assurer que le paramètre sécurité est bien maîtrisé, de même nature que celles réalisées pour autoriser les drones plus gros.

L'utilisation de drones de plus de 30 kg, comme de tout autre type d'aéronefs de plus de 30 kg couvert par l'ordonnance 748.941, requiert une autorisation de l'OFAC qui « *fixe dans chaque cas les conditions d'admission et d'utilisation* ».

Ainsi, avant d'autoriser le vol d'un drone au-dessus d'un rassemblement de personnes ou sans contact visuel direct avec l'appareil, l'OFAC procède à une évaluation de la sécurité du système sur la base des directives et normes aéronautiques en vigueur. L'OFAC estime que les systèmes que l'on trouve dans le commerce ne remplissent en général pas ces exigences ou ne les remplissent que partiellement. Le système de drone doit en effet être en mesure d'éviter que l'appareil, en cas de panne, blesse ou tue des tiers en chutant de manière incontrôlée et en cas de perte de contrôle (liaison de données ou liaison de contrôle) un mécanisme automatique doit s'enclencher afin de prévenir tout danger pour des tiers au sol ou dans les airs. Afin de permettre à l'OFAC d'évaluer correctement tous les aspects, le requérant doit soumettre, outre la demande d'autorisation, un « Total Hazard and Risk Assessment » comprenant une description détaillée des opérations envisagées, du système utilisé (appareil, station de contrôle, liaison de données, etc.) et une analyse du risque que représentent les opérations prévues pour les personnes et les propriétés au sol (cette analyse doit comprendre une analyse du risque que représentent les opérations prévues pour les autres avions qui pourraient se trouver à proximité ; une description détaillée des moyens qui permettraient d'atténuer les dangers ; une analyse des conséquences au cas où la solution technique retenue ne fonctionnerait pas et une analyse de la fiabilité de ladite solution technique et enfin une présentation des procédures d'urgence prévues. L'OFAC met à disposition des requérants un guide pour les aider à préparer cette évaluation (Guidance for an Authorisation for Low Level Operation of RPAS). Au vu du dossier reçu, l'OFAC peut accorder aussi bien des autorisations ponctuelles que des autorisations de longue durée. À terme, ces études au cas par cas pourraient être remplacées par une certification des systèmes de drones et la délivrance de certificat d'opérateurs mais les procédures correspondantes restent à définir et sont dépendantes de développements technologiques attendus (dispositif pour assurer la fonction « Détecter et éviter »).

L'exploitation de drones ou de modèles réduits d'aéronefs au-dessus ou à moins de 100 m de rassemblements de personnes peut faire l'objet d'une procédure d'autorisation simplifiée si l'appareil est captif et qu'il ne met en danger personne en cas de perte de maîtrise.

Les militaires suisses disposent d'une expérience significative avec les drones. La Swiss Air Force (SAF) a exploité des drones en Suisse selon les règles du trafic aérien opérationnel (OAT) depuis 1988 et est actuellement le seul opérateur de drones à voler régulièrement dans l'espace aérien suisse au-delà de la ligne visuelle, soit en condition B-VLOS.

Un groupement comprenant Skyguide, l'OFAC et l'armée de l'air suisse, soutenu par EUROCONTROL a été formé pour travailler sur l'intégration d'un drone de type Ranger dans l'espace aérien non ségrégué. L'objectif initial est de fonctionner en IFR/VFR, en classe C et D de l'espace aérien, dans les TMA de Zurich et Genève en s'appuyant notamment sur un système de connaissance de la situation de terrain basé sur des radars.

5.6. Canada

Le cadre juridique concernant l'exploitation d'aéronefs, à savoir la loi sur l'aéronautique (Aeronautics Act) et le règlement de l'aviation canadien (Canadian Aviation Regulation,

CAR), ne comporte pas à ce stade de dispositions portant spécifiquement sur les opérations de drones au Canada. Les aéronefs sans pilote à bord sont des aéronefs et entrent donc dans le cadre général existant. Dès lors qu'ils sont appelés à évoluer dans des classes d'espace civil ou militaire à usage restreint, ils sont placés sous l'autorité du ministère de la Défense.

La réglementation utilise aujourd'hui pour traiter des drones l'expression « Véhicule aérien non habité », lequel est défini comme un aéronef autopropulsé autre qu'un modèle réduit d'aéronef conçu pour voler sans pilote à bord. Un modèle réduit d'aéronef est lui-même défini comme un aéronef d'un poids maximum de 35 kg qui est entraîné mécaniquement ou lancé en vol à des fins récréatives et n'est pas conçu pour transporter des personnes ou des êtres vivants (CAR 101.01).

Les opérations de véhicule aérien non habité sont autorisées dans la mesure où l'opérateur bénéficie d'un certificat d'exploitation de vols spéciaux (SFOC, Special Flights Operations Certificate), SFOC qui est délivré par Transport Canada après évaluation des risques associés aux opérations envisagées et de la capacité de l'opérateur de gérer ceux-ci de manière satisfaisante et ce en prenant en compte les performances du système de drone concerné, les caractéristiques et la difficulté de la mission envisagée et l'environnement opérationnel. Les exploitants doivent s'assurer que leur projet ne compromet pas la sécurité des personnes et des biens au sol (CAR 602.41, 603.66 et 67, 623.65).

Comme la délivrance de ces certificats s'est avérée un exercice difficile et coûteux pour Transport Canada, le Conseil consultatif sur la réglementation de l'aviation civile a demandé en 2010 à un groupe de travail de développer une nouvelle réglementation applicable aux drones en amendant en cas de besoin la législation actuelle pour qu'elle couvre leurs opérations.

Le groupe de travail a proposé de distinguer drones légers (de moins de 25 kg) et drones plus gros et a remis en mars 2012 un rapport contenant des recommandations pour les règles applicables aux drones légers fonctionnant dans en condition VLOS (UAV Systems Program Design WG phase 1 report).

Ce régime en place a été assoupli en novembre 2014 pour les drones évoluant en condition VLOS. Ceux-ci peuvent en effet désormais bénéficier d'un régime dérogatoire les dispensant de la délivrance d'un SFOC pour autant qu'ils respectent un jeu de conditions prédéfinies : 37 conditions pour les drones de moins de 2 kg et 58 pour ceux d'un poids compris entre 2 et 25 kg. À titre d'exemples, ces dernières conditions comportent : vitesse maximale de 87 nœuds, opérations réalisées à une distance d'au moins 5 miles de lieux habités (500 pieds pour un bâtiment ou un véhicule isolé), ou d'aérodromes contrôlés, opérateur ayant au moins 18 ans, n'ayant pas consommé d'alcool récemment, ayant une formation aéronautique de base et étant familier avec la réglementation aéronautique utile à la réalisation dans de bonnes conditions du vol envisagé, couverture par une assurance responsabilité civile à hauteur d'au moins 100 000 \$ canadiens, interdiction de faire appel à un observateur, opérations à une hauteur maximale de 300 pieds, en espace de classe G, interdiction des vols en cas de mauvaises conditions météorologiques et notamment en conditions givrantes, notification des vols à Transport Canada avant leur réalisation et rapportage des éventuels incidents intervenus au cours des vols.

Transport Canada envisage de produire une nouvelle réglementation pour les drones de moins de 25 kg évoluant en condition VLOS en 2016 et plus généralement de nouveaux règlements pour préciser les exigences en matière de formation, de certification, etc.

6. Exemples d'applications avec des drones transportant différents capteurs

Dans le domaine de l'audiovisuel. Le secteur des médias et de la communication a rapidement saisi l'intérêt de ces aéronefs légers et maniables pour produire des images spectaculaires de grands événements. Les drones sont aujourd'hui couramment utilisés dans le secteur de l'audiovisuel (médias, industrie cinématographique, télévision, suivi d'événementiels, couverture de manifestations sportives, réalisation de films pour la promotion de sites touristiques, voire pour organiser des visites virtuelles dans le cadre de ventes immobilières...). Ils offrent en effet la possibilité de réaliser des prises de vues originales et peuvent aller quasiment partout à un coût raisonnable. Environ 80% de l'activité professionnelle concerne aujourd'hui en France de telles applications. Les prestations correspondantes pouvant être réalisées avec du matériel pas très coûteux (de 5 à 15 000 €) donnant une qualité d'image très correcte mais certains opérateurs utilisent du matériel plus haut de gamme (caméra qualité cinéma). Les drones utilisés sont en général très légers dans la gamme des 2/4 kg. L'utilisation de drones et d'hélicoptères pour certaines de ces applications sont souvent complémentaires, le drone n'étant généralement pas autorisé aujourd'hui à voler au-dessus de 150 m qui est la hauteur plancher pour l'évolution des hélicoptères.

Missions d'observation, de surveillance et d'inspection. Celles-ci peuvent être réalisées dans la cadre d'études scientifiques (études des sols, des océans, cartographie de sites archéologiques, assistance à la protection d'espèces menacées...), de la gestion de situations d'urgences (suivi d'incendies, d'avalanches, de volcans, recherche et sauvetage, détection de pollutions, de gaz toxiques, de radiations...), d'évaluation de dégâts post catastrophes, de pollutions, ou pour satisfaire des besoins particuliers (suivi et gestion de cultures, surveillance urbaine, surveillance de rassemblements, réalisation de relevés géodésiques, inspections d'ouvrages d'art tels que ponts, viaducs, bâtiments, y compris à l'intérieur, surveillance d'infrastructures linéaires tels que routes, oléoducs, voies ferrées, lignes à haute tension, calculs de volume via un capteur laser pour par exemple évaluer la quantité de minerais extraite de mines, détection de fuites thermiques dans des bâtiments ou des installations industrielles...).

Parmi ces missions l'utilisation de drones pour assurer une **gestion fine dans les domaines de l'agriculture et de la sylviculture** apparaît particulièrement prometteuse. Le monde agricole cherche en effet à produire plus et mieux, en préservant l'environnement et en offrant à l'agriculteur de meilleures conditions de travail. Après les images satellites, le couplage du GPS et de l'électronique à bord du tracteur pour améliorer le pilotage des équipements annexes (semoirs, bineuse...) et les cartographies électroniques des sols, les drones sont appelés à investir le monde agricole de par leur capacité à fournir des éléments d'aides à la décision. D'ores et déjà, des informations fournies par des satellites de télédétection comme Spot sont utilisées pour rationaliser l'utilisation des engrais et donc réduire la quantité de nitrates utilisée. L'utilisation de drones offre à l'agriculture des perspectives intéressantes pour estimer au mieux le stress hydrique et les besoins en eau, les carences en azote et en minéraux et donc les besoins en engrais, pour évaluer la croissance végétale, pour détecter des maladies et préciser les besoins en produits phytosanitaires ou estimer le degré de maturité, du raisin notamment... À ce stade, le coût des informations fournies par un drone reste supérieur à celui de celles fournies par des satellites et cela limite l'utilisation de drones aux cultures à forte valeur ajoutée. Les drones présentent

cependant des avantages à faire valoir par rapport aux satellites ou aux aéronefs pilotés pour développer une agriculture de précision : ils offrent une résolution des images de quelques centimètres par pixel permettant une évaluation très détaillée de l'état des exploitations, ils dépendent moins de la météo car opérant sous les nuages et ils sont plus modulables, pouvant emporter divers types de capteurs qui permettent de réaliser une grande variété d'analyses sur différentes cultures. Ils apparaissent donc pouvoir jouer un rôle complémentaire par rapport aux satellites ou aux aéronefs pilotés. Il n'est pas surprenant dans ce contexte qu'une étude réalisée aux États-Unis sur les perspectives de marché offertes par les drones estime que le marché pour les applications professionnelles se développera aux États-Unis à hauteur de 80% pour satisfaire la demande du secteur agricole. L'utilisation très répandue dès aujourd'hui de drones dans l'agriculture au Japon vient à l'appui de cette estimation. Entre 1993 et 2005, le nombre d'exploitants japonais de drones a été multiplié par 18 pour atteindre le chiffre de 14 000 environ, avec une hausse spectaculaire après l'entrée en vigueur de réglementations sur leur utilisation à des fins agricoles.

L'utilisation de drones pour **surveiller et inspecter ouvrages d'art et bâtiments ainsi que des infrastructures linéaires** fait l'objet de nombreuses évaluations. Nombre d'opérateurs disposant d'ouvrages d'art (ponts, viaducs, barrages, éoliennes...) ou d'infrastructures linéaires (routes, voies ferrées, réseaux de lignes électriques à haute tension, de pipelines et de gazoducs...) testent actuellement des drones pour des missions de surveillance et d'inspection de ces infrastructures afin d'évaluer le parti qu'ils pourraient en tirer. C'est le cas notamment d'EDF et de SNCF en France qui sont confrontées à des problématiques voisines.

SNCF a ainsi fait de premières expérimentations sur l'utilisation de drones pour inspecter des ouvrages d'art dès 2004/2005. Les appareils alors sur le marché étaient moyennement fiables et ce n'est qu'à partir de 2010 que SNCF a repris ce dossier. La société disposait dès 2013 d'une petite cellule pour suivre les drones comprenant 5 personnes SNCF « Theia ». Trois usages faisant appel à des matériels différents sont aujourd'hui évalués : l'inspection d'ouvrages d'art et d'infrastructures, la lutte contre les vols et la surveillance linéaire du réseau.

L'inspection d'ouvrages d'art et d'infrastructures peut être réalisée dans le cadre du scénario S4 de la réglementation française actuelle avec des drones de moins de 2 kg (le viaduc de Roquemaure dans le Gard a ainsi été inspecté). Les caméras qui équipent le drone permettent de détecter des fissures de 0,1 mm. Un expert de SNCF suit les opérations et donne le cas échéant des instructions au pilote. SNCF n'envisage pas de sous-traiter l'analyse des données mais pourrait externaliser la prestation de réalisation des vols avec un drone adapté à ses besoins et équipé de capteurs que SNCF aurait elle-même choisis, testés, voire améliorés à partir d'équipements disponibles sur le marché.

Pour la lutte contre les vols de câbles, de métaux (qui causent un préjudice chiffré à 40 M€ par an à SNCF pour le simple renouvellement du matériel volé ainsi que des pertes d'exploitation) en surveillant les zones où les vols de métaux sont particulièrement pénalisants, une évolution de la réglementation actuelle (du scénario S4 notamment) apparaît nécessaire pour permettre les vols de nuit que nécessite ce type de missions. Deux types de drones pourraient être utilisés : un ou des drones à voilure fixe qui survoleraient la zone à protéger selon un plan de vol préétabli et un ou des drones à voilure tournante qui seraient utilisés pour les levées de doute si des déplacements suspects étaient détectés.

La surveillance du réseau linéaire apparaît à SNCF comme un objectif moins immédiat. Les missions concernées sont aujourd'hui réalisées par des personnels au sol II

s'agirait de balayer régulièrement le réseau avec des capteurs dont les images seraient analysées de manière largement automatisée. Les données recueillies et analysées devraient permettre d'un passage à l'autre d'identifier des évolutions susceptibles de mettre en cause la sécurité (végétation envahissante, ravinements, état des talus, des abords, ballasts effondrés, corrosion, dégradations par des actions des riverains ou des animaux...). Les drones utilisés pourraient être des appareils à voilure fixe d'une masse inférieure à 150 kg effectuant des vols préprogrammés mais toujours avec un pilote en responsabilité. Certains drones d'ores et déjà sur le marché qui peuvent être équipés d'une nacelle pouvant héberger jusqu'à 30 kg d'instruments de mesure dont certains capteurs capables de voir des détails avec une précision de 2/3 cm et disposant d'une autonomie de 8 à 10 h de vol pourraient convenir pour effectuer ce type de missions. Un géo-référencement du réseau devra être réalisé au préalable. La problématique de l'accès à l'espace aérien reste à préciser (et pourrait passer par la mise en place de manière temporaire de couloirs à accès réglementé de forme tubulaire longeant les voies).

De son côté, EDF évalue la manière dont des drones pourraient contribuer à ses missions d'inspection de barrages hydroélectriques, de détection de fissures sur les pales d'éoliennes ou de points chauds sur les fermes photovoltaïques.

L'annonce de la **réalisation de livraisons** de pizzas avec des drones qui a été très largement médiatisée récemment peut apparaître comme un « coup publicitaire » dans la mesure où il paraît difficile d'imaginer la plus-value, autre qu'un modeste gain de temps, que pourrait apporter une livraison par drone en milieu périurbain. La réalisation de certains types de livraisons par des drones pourrait cependant présenter un intérêt dans certaines circonstances très particulières comme, par exemple, les livraisons dans des zones d'accès difficile ou pour satisfaire un besoin urgent. Des tests sont actuellement réalisés pour valider le concept notamment par Google, Amazon, UPS et DHL. Google a ainsi réalisé des livraisons de médicaments, de produits consommables dans le Queensland, en Australie ; Amazon et UPS envisagent des livraisons de colis légers de moins de 2 kg et DLH (Deutsche Post) des médicaments, type de livraisons également envisagé en Chine, en Russie et en Inde. Dans tous les cas, le niveau de sécurité offert et le coût du service par rapport aux moyens traditionnels seront des éléments essentiels d'appréciation de ce nouveau type de service dont le bénéfice reste encore cependant largement à démontrer.

Le drone est un outil nouveau dont on ne connaît pas encore aujourd'hui toutes les applications potentielles et qui fait l'objet de nombreuses expérimentations. Il est clair que l'amélioration continue des performances de ces engins ne serait-ce que la miniaturisation et la baisse de leurs coûts permet d'imaginer en permanence de nouvelles applications et de nouveaux métiers très divers : protection des espèces sauvages menacées par les braconniers, intervention dans les arbres très grands pour diffuser un neurotoxique à l'intérieur de nids de frelons, détection de faons cachés dans les champs de céréales et menacés par les engins agricoles...

Il faut cependant souligner que lorsque les drones sont utilisés pour collecter des images dans le cadre de missions d'observation, de surveillance ou d'inspection ces images sont des informations qu'il convient de stocker ou de transmettre ou encore d'exploiter en temps quasi réel et qu'il faut parfois pour cela les soumettre à des traitements informatiques lourds. Dans le cas d'une inspection d'ouvrage d'art, le drone collecte des dizaines de milliers de photographies afin de créer une cartographie complète de l'ouvrage en 3D. Pour se distinguer sur ce type d'applications, les opérateurs de drones doivent non seulement soigner leur offre en termes de captures d'images, mais surtout développer des applications informatiques capables de générer des données à forte valeur ajoutée. Le vecteur drone peut finir par n'être qu'un

élément, certes indispensable à la mission, mais somme toute secondaire en termes de valeur ajoutée.

En matière de coûts, on peut souligner que le « ticket d'entrée » pour l'achat d'un drone pouvant permettre des applications professionnelles est bas, à partir de 5 000 € pour le module volant, mais, il faut bien garder à l'esprit que le module volant n'est qu'un élément du service qui pourra être rendu, les capteurs et le traitement des images peuvent se révéler bien plus coûteux. Le coût horaire d'un drone est clairement un des facteurs du succès que rencontrent ces engins et ce d'autant plus que, pour certaines applications, ils permettent des gains de temps appréciables. Ainsi, Bouygues Énergies & Services estimait qu'un drone pouvait faire en 3 heures ce qui demandait 3 jours à un géomètre et qu'il suffisait de deux heures d'inspection de panneaux photovoltaïques avec un drone pour faire ce qui demandait plusieurs jours pour une opération manuelle. On peut trouver à louer des drones pour 2 500 € par jour ce qui bien inférieur au coût d'un hélicoptère.

Dans ce contexte, certaines sociétés feront le choix d'acquérir des drones et de les exploiter en propre alors que d'autres préféreront faire appel à des sociétés spécialisées dans leur exploitation. Bien des formules sont appelées à se développer dans un secteur qui est encore largement au stade de l'expérimentation.

L'ensemble des missions décrites ci-dessus sont réalisées avec des petits drones de moins de 25/30 kg. Les missions qui pourraient être réalisées avec de plus gros drones restent encore largement à préciser. Des utilisations dites duelles, à savoir des utilisations de drones militaires faisant plusieurs centaines de kilos sont cependant envisagées pour des applications civiles qui comprennent des applications pour la sécurité civile (surveillance d'inondations, d'incendies...), la détection de bancs de poissons, la mise en place d'un relais radio mobile lors du suivi de manifestations tel le Tour de France. L'utilisation de ces engins ne sera appelée à se généraliser que lorsque ceux-ci pourront accéder à l'espace aérien couramment utilisé par les autres aéronefs, notamment par les avions légers et les hélicoptères dans l'espace inférieur.

7. Glossaire des sigles et acronymes

<i>Acronyme</i>	<i>Signification</i>
ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ADREP	Accident/incident Data Reporting
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AED	Agence européenne de Défense
AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
ALARP	As Low As Reasonably Possible
AMA	Academy of Model Aeronautics (États-Unis)
AMC	Acceptable Mean of Compliance
ANR	Agence nationale de la recherche
ASD	AirSpace and Defense Industries Association of Europe
ASE	Agence spatiale européenne
ASTM	Society for Testing and Materials (États-Unis)
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
ATS	Air Traffic Services
AUVSI	Association for Unmanned Vehicule Systems International
BNCU	Basic National UAS Certificate (États-Unis)
B-RLOS	Beyond Radio Line of Sight
B-VLOS	Beyond Visual Line Of Sight
C2	Command and Control
C3	C2 plus Communication (avec le contrôle aérien)
CA	Circulation aérienne
CAA	Civil Aviation Authority (Royaume-Uni)
CAA	Civil Aviation Act (Royaume-Uni)
CAC	Code de l'aviation civile
CAG	Circulation aérienne générale
CDC	Conseil pour les Drones Civils
CED	Centre d'Excellence sur les Drones (Canada, Québec)
CEEMA	Centre d'Études et d'Essais pour Modèles Autonomes
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications
CESA	Centre d'essais et de services sur les systèmes autonomes

Acronyme	Signification
CFAD	Centre de Formation et d'Apprentissage des Drones
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications
CNIL	Commission nationale informatique et libertés
CNS	Communications, Navigation and Surveillance
COA	Certification of Authorization
CRM	Conférence mondiale des radiocommunications
CS	Certification Specification
CS-LURS	Certification Specifications for Light Unmanned Rotorcraft System (spécifications de certification pour systèmes de drones légers équipés de rotors)
CU	Charge utile
DA ou DAA	Detect and Avoid
DGAC	Direction générale de l'aviation civil
DGSI	Direction générale de la sécurité intérieure
DIRCAM	Direction de la circulation aérienne militaire
DME	Distance Measuring Equipment
DNC	Déclaration de niveau de compétence
DoD	Department of Defense (États-Unis)
DSAE	Direction de la sécurité aéronautique d'État
DSNA	Direction des services de la navigation aérienne
DTA	Direction du transport aérien
DTS	Droits de tirage spéciaux
ECCAIRS	European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems
ED	EUROCAE Document
EDA	European Defense Agency
ELoS	Equivalent Level of Security (niveau équivalent de sécurité)
ENAC	École nationale de l'aviation civile
ER	Essential Requirement
ERSG	European RPAS Steering Group
ELoS	Equivalent Level of Security
EO/IR	Electro-Optical/infra Red
ER	Essential Requirement
ERS	Coopération européenne et réglementation sécurité

Acronyme	Signification
ERSG	European RPAS Steering Group
ESA	European Space Agency (Agence spatiale européenne)
ETSO	European Technical Standard Order (norme technique européenne)
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment (Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile)
E-VLOS	Extended Visual Line Of Sight
FAA	Federal Aviation Administration (États-Unis)
FL	Flight Level (niveau de vol)
FHA	Functional Hazard Assessment
FMS	Flight Management System (système de gestion des vols)
FPDC	Fédération professionnelle du drone civil
GANP	Global Air Navigation Plan
GHz	Gigahertz
GM	Guidance Material (document d'orientation)
GNSS	Global Navigation Satellite System (système global de navigation par satellite)
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HALE	Haute altitude, longue endurance (famille de drones militaires)
IAI	Israel Aerospace industries
IFF	Identification, Friend or Foe
IFR	Instrument Flight Rules (règles de vol aux instruments)
IISS	International Institute for Strategic Studies (Institut international pour les études stratégiques)
IMC	Instrument Meteorological Conditions (conditions météorologiques de vol aux instruments)
IR	Implementing Rule
ISAE	Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
JAA	Joint Aviation Authorities
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
LIDAR	Laser (ou Light) Detection and Ranging (télédétection par laser)
LUAS	Light Unmanned Airplane System
LURS	Light Unmanned Rotorcraft System
MALGH	Mission Aviation Légère, Générale et Hélicoptères (DGAC)
MAV	Micro Air Vehicule

Acronyme	Signification
MCU	Mission du ciel unique et de la réglementation de la navigation aérienne
MHz	Mégahertz
MIDCAS	Mid-Air Collision Avoidance System
MOPS	Minimum Operational Performance Standards
MSPSR	Multi-Static Primary Surveillance Radar
MTOW	Maximum Take Off Weight (masse maximale au décollage)
NAC	National Aeronautic Center (centre aéronautique national du Pays de Galles)
NAS	National Air Space (espace aérien national, des États-Unis)
NOTAM	Notice to Airmen
NPA	Notice of Proposed Amendment
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OAT	Operational Air Traffic
OFAC	Office fédéral de l'aviation civile (Suisse)
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales
OPS	Exploitation
OPV	Optionally Piloted Vehicle (hybride entre un avion conventionnel et un drone)
OSED	Operational Services and Environment Definition
OTAN	Organisation du traité de l'Atlantique nord
PCL	Pilot, Crew, Licence (pilote, équipage, licence)
PCRD	Programme-cadre de recherche et développement
PE	Parlement européen
PSSA	Preliminary System Safety Assessment
4D	Dans les quatre dimensions
RLOS	Radio Line of Sight
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics (États-Unis)
SAE	Society for Automotive Engineers
SAF	Swiss Air Force
SATCOM	Satellite Communications
SDDS	Surveillance Data Distribution System
SGDSN	Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale
SDPS	Surveillance Data Processing System

Acronyme	Signification
SERA	Standardised European Rules of Air
SFOC	Special Flights Operations Certificate
SGDSN	Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale
SPR	Safety and Performances Requirements
SSR	Secondary Surveillance Radar
STANAG	Standardization Agreement (accord de normalisation)
SWaP	Size, Weight and Power
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System (système d'alerte de trafic et d'évitement de collision)
TIS-B	Traffic Information Service-Broadcast
TLS	Target Level of Security
UAS	Unmanned Aircraft System
UASSG	Unmanned Aircraft Systems Study Group (groupe de l'OACI)
UE	Union européenne
UIT	Union internationale des télécommunications
ULM	Ultra-léger motorisé
ULTRA	Unmanned Aerial Systems in European Airspace
UVSI ou souvent UVS	Unmanned Vehicle Systems International (association internationale)
VFR	Visual Flight Rules (règles de vol à vue)
VLL	Very Low Level (à très basse altitude, typiquement sous 500 pieds)
VLOS	Visual Line Of Sight
VMC	Visual Meteorological Conditions (conditions de vol aux instruments)
VOR	VHF Omnidirectional Range
VTOL	Vertical Take-off and landing (avion à décollage et atterrissage vertical)
WAM	Wide Area Multilateral Systems

