

⁽¹⁾ D'autres termes sont utilisés dans la réglementation, notamment « aéronefs sans équipage à bord ».

⁽²⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.



Incident grave du drone⁽¹⁾ DJI - Inspire 2

survenu le 14 juillet 2019
au Barcarès (66)

Heure	Vers 00 h 40 ⁽²⁾
Exploitant	Fly Art Prod
Nature du vol	Prises de vues aériennes
Personne à bord	0
Conséquences et dommages	3 personnes au sol blessées, drone endommagé

Collision avec un obstacle, descente incontrôlée, heurt de personnes au sol, lors d'un vol de prises de vues aériennes

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues d'une vidéo prise depuis le drone ainsi que des témoignages du télépilote, du cadreur et de témoins dans le public.

Afin de réaliser des prises de vues aériennes d'un festival de musique organisé au Barcarès sur plusieurs jours, l'organisateur de l'événement fait appel à une société de production de vidéos par drone, Fly Art Prod. La mission de prises de vues est réalisée par un binôme composé d'un cadreur vidéo et d'un télépilote mettant en œuvre le drone.

Le premier vol est effectué dans l'après-midi du 13 juillet 2019. Le quatrième vol débute quelques heures plus tard, vers 00 h 35, depuis le côté gauche de la scène principale⁽³⁾. L'objectif est de réaliser des prises de vues du public (quelques milliers de personnes) situé devant la scène.

Le drone effectue des translations entre le côté gauche et la verticale de la scène. Lors du quatrième aller-retour et alors qu'il revient vers le télépilote, le drone perd rapidement de l'altitude et entre en collision avec un montant à gauche de la scène (voir [Figure 1](#)). Il descend ensuite progressivement vers les festivaliers à l'avant du public. Il finit par heurter plusieurs personnes, créant un mouvement de foule. Un festivalier projette alors le drone au sol, parvenant ainsi à l'immobiliser.

⁽³⁾ Pour un spectateur du public qui regarde en direction de la scène.

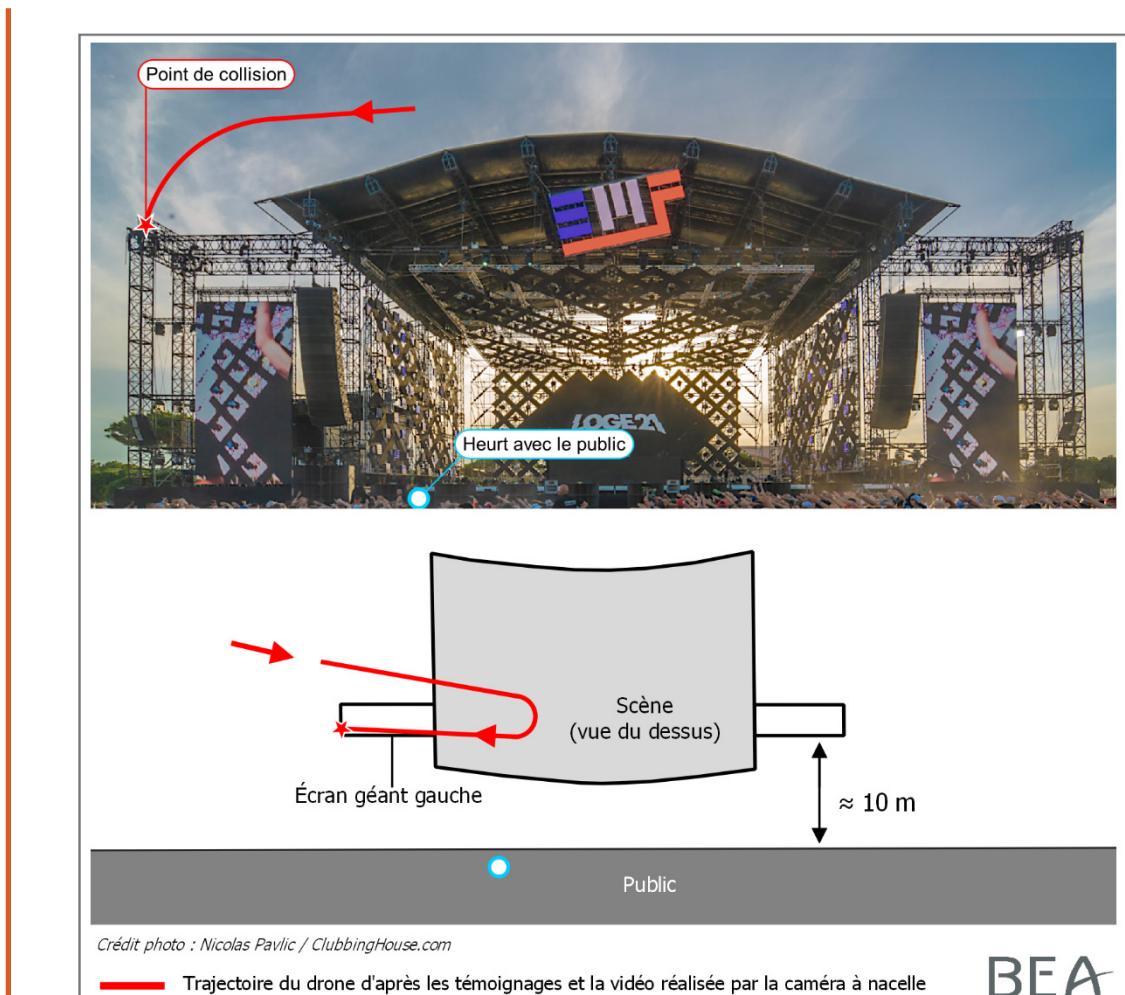


Figure 1 : Trajectoire du drone

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Exploitation de la vidéo

Pour réaliser des prises de vues, le drone était équipé d'une caméra à nacelle de type Zenmuse X5S.

Une vidéo réalisée par cette caméra a pu être exploitée par le BEA.

L'enregistrement débute au quatrième aller-retour entre la gauche et la verticale de la scène. Il se termine juste après la collision avec le sommet d'un montant à gauche de la scène.

Au début de la vidéo, le drone survole la scène en prenant de la hauteur.

⁽⁴⁾ Il s'agit du temps écoulé depuis le début de l'enregistrement vidéo : ici 28 secondes.

Le mouvement s'arrête à 0:28⁽⁴⁾ lorsque le drone a survolé environ un tiers de la scène. De 0:28 à 0:32, le drone entame un retour vers le côté gauche de la scène, sans changer d'altitude. À partir de 0:32, il poursuit son retour en descendant rapidement. À 0:43, le drone entre en collision avec le sommet d'un montant à gauche de la scène.

De 0:43 à 0:47, le drone est quasiment stationnaire. De 0:47 à 0:48, il se déporte vers le centre de la scène et le public. La vidéo s'arrête à 0:48.

Au début de la vidéo, les personnes les plus proches du drone étaient des membres de la sécurité du festival. Ils se situaient entre la scène et les barrières de sécurité du public.

La vidéo a permis d'estimer que certains d'entre eux étaient à moins de 10 m de distance horizontale de la zone d'évolution du drone. Par ailleurs, les membres du public les plus proches étaient à moins de 20 m de distance horizontale.

2.2 Cadre réglementaire du vol

⁽⁵⁾ Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent.

Voir <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031679906/2019-07-14/>

Au moment de l'événement, la réglementation française⁽⁵⁾ distinguait trois régimes d'utilisation pour les drones : aéromodélisme, expérimentation et activité particulière.

Pour l'exploitation professionnelle ou « *activité particulière* », quatre scénarios opérationnels (S-1 à S-4) étaient définis.

La mission de Fly Art Prod a été réalisée dans le cadre du scénario S-3, c'est-à-dire une opération en zone peuplée (en agglomération ou à proximité d'un rassemblement de personnes) durant laquelle le drone devait rester à vue et à une distance horizontale maximale de 100 m du télépilote. Le survol de tiers y était interdit.

Dans le cadre d'une mission en scénario S-3, les drones entre 4 kg et 8 kg devaient être munis d'un système associant un coupe-circuit et un parachute fonctionnant avec une commande indépendante. Le drone de l'événement, d'une masse de 4,3 kg avec tous ses équipements, était muni d'un tel système.

La réglementation européenne⁽⁶⁾ mise en application au 31 décembre 2020 conduira à la disparition du scénario S-3 d'ici le 2 décembre 2023 (période de transition de la réglementation nationale vers une réglementation européenne). Elle prévoit toutefois un scénario opérationnellement équivalent : le scénario standard européen STS-01 au sein de la « *catégorie spécifique* » regroupant les opérations à risques modérés.

2.3 Renseignements sur l'organisation des vols par la société

2.3.1 Renseignements sur la préparation des vols

Avant de réaliser une mission dans le cadre du scénario S-3, un dossier devait systématiquement être adressé à la préfecture de rattachement du lieu.

Le responsable de Fly Art Prod avait adressé un dossier de demande de vols (non limité en nombre) à la préfecture des Pyrénées-Orientales, qui l'a approuvé. Celui-ci comprenait une carte où quatre sites de vol étaient représentés (voir [Figure 2](#)).



Figure 2 : Carte fournie à la préfecture

⁽⁷⁾ La carte, réalisée avec un fond satellite Google Maps, indiquait une date de 2016. Néanmoins, celle-ci était erronée, la résidence étant déjà en travaux et visible sur des photographies prises en 2014.

Cette carte n'indiquait pas la position des scènes et différentes zones allouées au public du festival.

Elle ne faisait également pas apparaître la résidence de tourisme au niveau du site en forme de L inversé⁽⁷⁾. Arrivés sur place au Barcarès, le responsable de la société et le télépilote ont décidé d'entreprendre certains vols au niveau d'un jardin pour enfants situé à proximité de la résidence de tourisme (voir [Figure 3](#)). Ce jardin était fermé au public.



Figure 3 : Position des zones, de la scène et du jardin pour enfants

Aucun site de vols au niveau du jardin pour enfants ou de la scène principale n'avait donc été déclaré.

2.3.2 Renseignements sur le vol de l'événement

Les vols prévus pour le festival étant réalisés en partie de nuit, il convenait d'obtenir une autorisation dérogatoire. La préfecture des Pyrénées-Orientales avait demandé pour cela un avis technique à la DSAC Sud. Cette dernière avait émis un avis favorable, sous réserve du respect de certains critères, dont une distance horizontale minimale de 30 m entre l'aéronef et les personnes non liées aux opérations (zone d'exclusion des tiers).

La préfecture avait repris ce critère dans un arrêté préfectoral portant autorisation aux vols de nuit de Fly Art Prod.

2.4 Renseignements sur les opérateurs du drone

2.4.1 Renseignements sur le responsable de la société

Le responsable de la société, âgé de 44 ans, était télépilote professionnel. Son attestation d'aptitude aux fonctions de télépilote lui permettait de réaliser des vols dans le cadre des scénarios S-1 et S-3.

Il était cadre pour l'ensemble des vols prévus au festival et avait participé en tant que télépilote à son édition de 2018.

2.4.2 Témoignage du responsable de la société

Il explique qu'il agissait comme cadreur et qu'il pouvait gérer la caméra à nacelle montée sur le drone via une application mobile (DJI GO 4) installée sur son téléphone portable. DJI GO 4 était utilisé en mode « *esclave* ». Ce mode lui permettait d'orienter la caméra, indépendamment de la trajectoire du drone, et de prendre photos et vidéos.

Cela lui permettait également de vérifier les paramètres de vol tels que la hauteur ou le niveau de charge de chaque batterie, mais pas de piloter le drone.

Il explique que le vol de l'événement, le quatrième au total, était le deuxième à être réalisé depuis le jardin pour enfants.

Le drone a réalisé des allers-retours entre le jardin et la scène. Le drone n'était jamais à plus de 50 m de distance du binôme et le vent était faible. Lors du quatrième aller-retour, estimant avoir suffisamment filmé, le responsable de la société a demandé au télépilote de faire revenir le drone pour atterrir. Quelques instants plus tard, alors que le drone était au-dessus de la scène en direction du binôme, il indique avoir reçu une alerte indiquant « *batterie défaillante* » sur l'application DJI GO 4 de son téléphone. Il en a immédiatement averti le télépilote. Ce dernier lui a alors signalé qu'il n'avait plus le contrôle.

Le train d'atterrissage s'est abaissé. Le drone est fortement descendu jusqu'à finir par « *toucher quelque chose* ». Le cadreur a initialement pensé qu'il s'agissait d'un câble. Par réflexe, il a alors stoppé l'enregistrement vidéo en cours.

Suite à la collision, le drone a tourné sur lui-même de 180° en lacet. Le cadreur a alors demandé au télépilote de couper les moteurs, mais la manipulation n'a pas fonctionné. Le drone est descendu tout en contournant de gauche à droite l'écran géant gauche. Il s'est retrouvé devant la scène et a terminé sa course dans le public. Le cadreur ajoute que lorsqu'il a récupéré le drone, juste après l'événement, une batterie indiquait 40 % et l'autre 60 %. Il précise que les batteries étaient pleines au début du vol.

2.4.3 Renseignements sur le télépilote

Le télépilote, âgé de 34 ans, détenait une attestation d'aptitude aux fonctions de télépilote lui permettant de réaliser des vols dans le cadre des scénarios S-1, S-2 et S-3. Il télépilotait professionnellement depuis 2015 et totalisait plus de 400 heures de vol.

Il contrôlait le drone avec une radiocommande sur laquelle était montée une tablette numérique utilisant l'application DJI GO 4 en mode « *maître* ». Il disposait par ailleurs d'une commande pour activer le coupe-circuit et le double parachute.

2.4.4 Témoignage du télépilote

Il indique que les batteries avaient été utilisées lors d'un des trois vols précédents, puis rechargées à 100%.

Il réalisait avec le drone des allers-retours entre le côté gauche de la scène et la scène elle-même. Lors des allers, le drone montait, sans jamais dépasser 30 m par rapport au sol. Lors des retours, le drone descendait.

Lors du quatrième aller-retour, après trois ou quatre minutes de vol, le cadreur lui a signalé que le niveau d'une batterie chutait. Il a alors décidé de faire revenir le drone pour un atterrissage. Mais sur le retour, le drone a amorcé une descente non contrôlée vers un poteau de 15 m de hauteur, côté gauche de la scène.

Le télépilote rapporte que sur l'application DJI GO 4 de sa tablette, une batterie apparaissait dans le rouge, à 10 ou 12 %, alors que l'autre était dans le vert à 40 %. Il ne se rappelle pas avoir reçu d'alerte sonore ou visuelle concernant les batteries.

Le drone a continué sa descente vers le poteau jusqu'à le percuter aux trois quarts de sa hauteur. Il explique que le drone a d'abord pivoté de 180° en lacet. Le cadreur lui a alors demandé de couper les moteurs. Il s'est exécuté en poussant les deux joysticks de sa radiocommande comme suit :



Il précise que la manipulation a duré une seconde.

En parallèle, le drone a débuté une nouvelle descente, lentement, tout en tournant sur lui-même en lacet, selon son souvenir en sens inverse des aiguilles d'une montre. Le télépilote a perdu le visuel dès que le drone s'est retrouvé côté avant de la scène.

Il explique que lui et le cadreur se sont demandé s'ils devaient déclencher le système de coupe-circuit et double parachute. La hauteur du drone leur semblant insuffisante, ils ne l'ont finalement pas fait. Le télépilote considère que le double parachute n'aurait pas été efficace et que le drone aurait pu chuter sur quelqu'un. Il émet l'hypothèse que la perte de contrôle avant la collision avec le poteau est due au problème soudain sur une batterie. Il ajoute que le drone, qui ne répondait plus aux commandes, a alors décidé d'atterrir de lui-même et a percuté le poteau.

2.5 Renseignements sur le drone

Le DJI Inspire 2 est un drone quadricoptère principalement utilisé à des fins professionnelles. Ses hélices ont un diamètre de 38 cm. Ses deux batteries, de type TB50, ont chacune une capacité de 4 280 mAh.



Figure 4 : DJI Inspire 2 équipé de la caméra à nacelle Zenmuse X5S

⁽⁸⁾ Pour l'enquête, la version 2.4 de juillet 2019 (en anglais) a été utilisée.

Le manuel d'utilisateur⁽⁸⁾ précise que le temps maximum de vol avec les deux batteries est d'environ 25 min pour les modèles équipés de la caméra à nacelle Zenmuse X5S. Il ne donne pas d'information sur la possibilité de continuer le vol en cas d'avarie sur l'une des deux batteries. Contacté, le constructeur précise que le système à deux batteries est redondant et qu'il est possible de poursuivre le vol avec une seule batterie.

Le drone est équipé d'un système anti-collision dont le fonctionnement n'est pas garanti de nuit.

2.5.1 Problème précédent des batteries TB50 et TB55

Quelques incidents concernant des drones équipés de batteries TB50 et TB55 (ces deux modèles partagent la même architecture) avaient été rapportés à DJI.

En octobre 2018, la police du comté des Midlands de l'Ouest (Royaume-Uni) avait notamment signalé un incident lors duquel un problème sur les batteries avait entraîné l'extinction en vol de l'ensemble des moteurs. Aucun blessé n'était à déplorer. L'enquête menée par le constructeur a montré qu'un certain nombre de batteries TB50 et TB55 avaient un défaut entraînant la transmission d'un niveau de charge erroné aux calculateurs du drone.

L'autorité du Royaume-Uni en charge de l'Aviation civile (CAA) avait publié une notice de sécurité le 31 octobre 2018 (SN-2018/009) limitant fortement les possibilités d'exploitation des drones utilisant ces batteries. Au Royaume-Uni, les vols de DJI Inspire 2 étaient devenus interdits :

- à moins de 50 m de personnes ;
- à moins de 150 m d'un rassemblement en plein air de plus de 1 000 personnes.

⁽⁹⁾ <https://www.dji.com/newsroom/news/dji-advises-customers-to-fly-with-caution-when-using-tb50-and-tb55-batteries-in-drones?fbclid=IwAR1fervJ9ip79RvgArrQL2yOGftvyRROPkkarc6pmS8dJhl86hiiABZT9wU>

Dans l'attente d'une mise à jour du micrologiciel du drone, DJI avait publié un communiqué⁽⁹⁾ sur son site internet le 31 octobre 2018 incitant les utilisateurs de DJI Inspire 2 du monde entier à contrôler la tension des batteries.

En outre, il leur était demandé de vérifier (via DJI GO 4) :

- avant le décollage, que les deux batteries soient à plus de 4,25 V (charge complète) ;
- pendant le vol, que les deux batteries soient à plus de 3,7 V. Sans cela, il était demandé de faire atterrir le drone.

Le 16 novembre 2018, une mise à jour du micrologiciel de l'Inspire 2 (v01.02.0300) corrigeait le défaut identifié et les limitations imposées par la CAA ont progressivement été levées.

2.5.2 Version du micrologiciel

Après l'événement du Barcarès, le responsable de la société a récupéré le drone et il est rentré à son domicile le matin même. Ayant été notifié de l'événement plusieurs jours après sa survenue, le BEA n'a pu analyser les données enregistrées par le drone qu'à partir du 25 juillet 2019, soit 11 jours plus tard. Après vérification, la version du micrologiciel était la v01.02.0300, c'est-à-dire la dernière disponible. Il n'a pas été possible de déterminer à quel moment cette mise à jour a été effectuée.

2.5.3 Atterrissage automatique d'urgence

En cas d'autonomie restante faible, le drone peut lancer un atterrissage automatique d'urgence.

Le télépilote garde alors la possibilité d'altérer la trajectoire du drone. Cela est décrit en partie « *aéronef* » du manuel d'utilisateur.

Un atterrissage automatique d'urgence se déclenche uniquement lorsque l'*« alerte critique batterie faible »* est active. Le seuil de déclenchement de cette alerte est paramétrable par le télépilote.

Ce dernier rapporte avoir sélectionné 10 % sur l'application DJI GO 4. Selon la logique du constructeur, cela signifie que l'alerte se déclenche dès que la moyenne des niveaux des deux batteries devient inférieure à 10 %.

Même lorsqu'une batterie est défaillante, il suffit que l'autre reste à plus de 20 % pour que la moyenne des deux niveaux dépasse 10 %.

Les valeurs de charge des batteries relevées par le responsable de la société juste après l'événement (40 % et 60 %) et confirmées par les gendarmes qui se sont rendus sur site ne sont pas compatibles avec la logique de déclenchement d'un atterrissage automatique d'urgence.

2.5.4 Coupure des moteurs en vol

Après le heurt du drone avec le sommet d'un montant à gauche de la scène, le cadreur a demandé au télépilote de couper les moteurs. Ce dernier a alors poussé les deux joysticks de sa radiocommande comme suit :



D'après le manuel d'utilisateur, cette manipulation correspond au démarrage des moteurs. Les moteurs n'ont donc pas été coupés.

Pour éteindre les moteurs en vol, le télépilote avait deux possibilités :

- Utiliser sa radiocommande pour réaliser la procédure décrite dans le manuel d'utilisateur : « *Poussez le joystick gauche vers le coin intérieur bas et appuyez sur le bouton RTH en même temps* ».
- Utiliser sa commande séparée pour activer le système associant coupe-circuit et double parachute.

Une fois que le système associant coupe-circuit et double parachute a été déclenché, il doit obligatoirement être remplacé. Ce système, plutôt onéreux comparativement au coût du drone, doit toujours rester opérationnel en scénario S-3.

Son déclenchement ou l'arrêt des moteurs en vol est difficilement réalisable en entraînement car cela pourrait entraîner un endommagement conséquent du drone.

De manière générale, les joysticks gauche et droit permettent de contrôler la trajectoire du drone.

Celui de gauche permet de gérer :

- l'altitude, joystick de bas en haut ;
- le lacet, joystick de gauche à droite.

Celui de droite permet de faire avancer le drone :

- en avant, joystick en haut ;
- en arrière, joystick en bas ;
- vers la gauche, joystick à gauche ;
- vers la droite, joystick à droite ;

Si le drone était contrôlable, la manipulation du télépilote pour couper les moteurs aurait eu pour conséquence de :

- faire descendre le drone ;
- lui donner du lacet à droite (sens des aiguilles d'une montre) ;
- le déplacer vers son arrière gauche.

2.6 Essais et recherches

2.6.1 Données de vol

Le drone, dans sa mémoire interne, et l'application DJI GO 4 enregistrent des paramètres de vol sous forme de « journaux ». Cela permet notamment d'étudier le comportement du drone en cas de dysfonctionnement.

Des journaux sont systématiquement créés à chaque vol. Sont notamment enregistrés :

- la trajectoire du drone (données issues du calculateur GPS intégré) ;
- la hauteur ;
- la distance avec le télépilote ;
- les vitesses horizontale et verticale ;
- l'état des batteries : pourcentage de charge, tension globale, tension de chaque cellule ;
- les alertes ;
- les impulsions du télépilote sur les deux joysticks de sa radiocommande.

Pour le vol de l'événement, des journaux sont normalement créés sur :

- l'application DJI GO 4 de la tablette numérique du télépilote ;
- l'application DJI GO 4 du téléphone portable du cadreur ;
- la mémoire interne du drone.

Aucun de ces journaux n'a pu être récupéré :

- le télépilote explique qu'il n'y est pas parvenu et qu'à la suite à cet échec, il a formaté sa tablette ;
- le cadreur indique ne pas en avoir sur son téléphone portable ;
- les dernières données sur la mémoire interne du drone remontaient au 19 juillet 2019, soit cinq jours après l'événement. Le drone enregistre les journaux de vols de manière cyclique, en écrasant les plus anciens.

2.6.2 Vols réalisés par le BEA

Le BEA a effectué deux vols :

- le premier a été réalisé avec la participation de DJI et avec un drone Inspire 2 équipé des deux batteries utilisées lors du vol de l'événement ;
- le second s'est réalisé avec le drone du vol de l'événement et ses batteries.

Aucune anomalie n'a été observée pendant les deux tests. Les atterrissages ont été effectués alors que les deux batteries indiquaient 0 % sur DJI GO 4. Les deux vols test auraient pu durer plus longtemps. En outre, aucune alerte de défaillance batterie n'a été reçue.

Les journaux des vols ont été correctement créés et ils ont pu être analysés.

2.7 Protection des tiers au sol

2.7.1 Trajectoire finale du drone

Un festivalier a décrit la trajectoire finale dans le public. Il était situé à l'avant du public, entre le milieu de la scène et l'écran géant gauche. Les barrières de sécurité empêchant l'accès à la scène se trouvaient à un mètre devant lui.

Il explique que l'aéronef semblait en parfait état de fonctionnement et que ses quatre hélices tournaient. Le drone a d'abord heurté la tête d'un festivalier situé à proximité de lui, sans le blesser.

Puis l'aéronef est entré en collision avec une autre personne, lui infligeant des coupures au niveau du visage et d'une cuisse. Le drone est ensuite resté en vol au niveau des têtes des personnes du public présentes. Un festivalier avec les bras en l'air a été heurté et a souffert de coupures sur ses deux avant-bras. Un autre festivalier a alors projeté le drone au sol avec son pied. Il a mis fin au vol mais a souffert de coupures au pied.

L'ensemble des blessures est lié à la rotation des hélices.

2.7.2 Cadre réglementaire

⁽¹⁰⁾[Voir § 2.2](#)

L'arrêté du 17 décembre 2015⁽¹⁰⁾ applicable au moment de l'événement précise les points suivants :

« 2.7. Conditions spécifiques aux aérodynes non captifs de masse supérieure à 2 kg utilisés dans le cadre du scénario S-3

2.7.1. Les aérodynes non captifs de masse supérieure à 2 kg utilisés dans le cadre du scénario S-3 sont équipés d'un dispositif de protection des tiers.

2.7.2. Le dispositif de protection des tiers est automatiquement activé dans le cas d'un atterrissage automatique suite à une perte de la liaison de commande et de contrôle conformément au paragraphe 2.5.1.d), sauf si cet atterrissage automatique peut être programmé de façon à garantir qu'aucun tiers ne se trouve dans la zone de posé.

2.7.3. De plus, pour les aérodynes de masse supérieure à 4 kg :

a) Le télépilote dispose d'une indication de la vitesse de l'aéronef par rapport au sol.
b) En plus des conditions définies au paragraphe 2.2.5, le dispositif de protection des tiers satisfait les conditions additionnelles suivantes :

- le déclenchement du dispositif provoque l'arrêt des moteurs ;*
- la liaison de commande du dispositif est indépendante de la liaison principale de commande et de contrôle de l'aéronef ;*
- les alimentations électriques du dispositif et de sa télécommande sont indépendantes des alimentations principales de l'aéronef et de son système de commande et de contrôle ;*
- le dispositif signale par une alarme sonore la chute de l'aéronef ;*
- si le dispositif est constitué d'un parachute, il doit comprendre un système d'éjection ou d'extraction actif non basé uniquement sur la gravité ;*
- le bon fonctionnement du mécanisme de déclenchement du dispositif peut être vérifié au sol par le télépilote avant le vol. »*

Le scénario français S-3 qui a été utilisé pour le vol de l'événement est opérationnellement équivalent au scénario européen STS-01 au sein de la « *catégorie spécifique* » regroupant les opérations à risques modérés (voir [§ 2.2](#)).

(11) Unmanned Aircraft Systems (UA désignant ici un drone).

Pour effectuer un vol sous scénario STS-01, le drone devra appartenir à la classe C5 et marqué comme tel. Les conditions d'obtention de ce marquage sont décrites dans le règlement (UE) 2019/945 (consolidé par le règlement (UE) 2020/1058) qui fixe les exigences de conception et de fabrication des systèmes aéronefs sans équipage à bord (UAS⁽¹¹⁾) visant à être exploités dans l'espace communautaire.

Pour la classe C5, les exigences réglementaires (partie 16 du règlement (UE) 2019/945 consolidé) indiquent que les UAS non captifs doivent fournir le moyen d'interrompre le vol à distance. Ce moyen doit :

- « a) être fiable, prévisible et indépendant du système de guidage et de contrôle de vol automatique ; cela s'applique également à l'activation de ce moyen ;
- b) forcer la descente de l'UA et empêcher son déplacement horizontal motorisé ; et
- c) [...] réduire l'effet de la dynamique d'impact de l'UA ».

Ce moyen doit permettre de limiter au mieux les conséquences d'un arrêt en urgence du vol.

Pour les classes C3, C4⁽¹²⁾ et C5, aucune contrainte de conception ne concerne les hélices.

3 - CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

La société a reçu l'autorisation préfectorale de réaliser, avec un drone, des prises de vues de nuit d'un festival de musique réunissant plusieurs milliers de personnes. Cette autorisation était assortie du respect d'une zone d'exclusion des tiers de 30 m de rayon. Arrivés au festival, le télépilote et le cadreur ont décidé d'entreprendre le vol de l'événement sur un site non déclaré.

Le drone a réalisé des allers-retours entre le site d'envol et la verticale de la scène. Sur la vidéo prise par la caméra à nacelle du drone, on aperçoit des tiers à moins de 10 m de distance horizontale de la zone d'évolution de l'aéronef.

Le télépilote et le cadreur expliquent qu'un problème sur l'une des deux batteries a entraîné une perte de contrôle juste avant la collision avec un montant de la scène. L'ensemble des examens menés sur le drone et ses batteries n'a pas permis de reproduire la panne décrite.

Les valeurs de charge des batteries relevées après le vol ne sont pas compatibles avec la logique de déclenchement d'un atterrissage automatique d'urgence.

Les journaux de vols n'étant plus présents sur le drone, sur la tablette du télépilote ainsi que sur le téléphone du cadreur, le BEA n'a pas été en mesure d'obtenir des informations complémentaires sur une possible défaillance de batterie.

À la suite du heurt avec le montant, le télépilote a tenté d'éteindre les moteurs en vol. Cependant la manipulation effectuée sur sa radiocommande n'était pas la bonne et les moteurs ne se sont pas arrêtés. Dans l'hypothèse où le drone était toujours contrôlable, la manipulation pourrait expliquer le début de la trajectoire du drone après la collision avec le montant.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer au fait que le drone termine sa course dans le public et entre en contact avec des tiers :

- la réalisation d'un vol au-dessus d'une zone non prévue ;
- la décision de réaliser un vol ne respectant pas une zone d'exclusion des tiers imposée ;
- la réalisation d'une procédure inadaptée par le télépilote pour mettre fin au vol du drone : le télépilote a utilisé une procédure inadéquate pour arrêter les moteurs en vol et n'a pas activé le système associant coupe-circuit et double parachute.

A pu contribuer à la gravité des blessures infligées aux festivaliers :

- l'absence de protection autour des hélices. Aucune protection de ce type n'est imposée par la réglementation, qu'elle soit française ou européenne.

Enseignements de sécurité

Respect de la zone d'exclusion des tiers :

Les vols de drone en agglomération ou à proximité de rassemblements de personnes sont possibles avec le scénario S-3. Le respect de la zone d'exclusion des tiers permet d'assurer une distance minimale entre le drone et des tiers afin de limiter les conséquences d'une perte de contrôle, celle-ci pouvant survenir à la suite d'une défaillance technique ou d'une erreur de manipulation par le télépilote.

Procédures d'urgence pour éviter les blessures sur tiers :

Le déclenchement du système associant coupe circuit et parachute ou l'arrêt des moteurs en vol n'est pas réalisable en entraînement car cela pourrait entraîner un endommagement conséquent du drone.

Néanmoins, la connaissance et la revue des procédures associées doivent faciliter sa réalisation dans un contexte opérationnel, au cours de laquelle la prise de décision est plus difficile.

L'application des procédures d'urgence et le respect de la zone d'exclusion des tiers constituent les principales barrières de sécurité vis-à-vis des tiers. Il est donc indispensable que ces deux mesures soient strictement mises en œuvre.

Préservation des indices :

Après l'événement, le responsable de la société a récupéré le drone et il est rentré à son domicile le matin même. Les journaux enregistrés par le drone et l'application DJI GO 4 ont été effacés. En l'absence de ces données, il n'a pas été possible de comprendre les circonstances exactes de l'événement et de déterminer si le drone a subi une panne. Les enseignements de sécurité dont les opérateurs de drone auraient pu bénéficier ont donc été limités.

Protection des hélices :

Lorsque le drone a terminé sa course dans le public, plusieurs festivaliers ont été blessés par les hélices. L'installation de protections autour de ces hélices aurait permis de limiter voire de prévenir ces blessures. Pour l'Inspire 2, DJI proposait une solution à la vente mais de tels dispositifs sont rarement installés.

Pour limiter les conséquences d'une collision entre un drone multicoptère léger et une personne, le développement de systèmes limitant les coupures devrait être favorisé.

La protection physique autour des hélices pourrait, à ce titre, être généralisée.