



Junta de Investigación de
Accidentes de Aviación Civil

Rapport Final

LQ-CGK / LQ-FJQ



Presidencia
de la Nación



Ministerio del
Interior y Transporte
Presidencia de la Nación



Transporte Público

AVERTISSEMENT

Ce rapport présente les conclusions et recommandations de la Commission d'enquête des accidents de l'aviation civile (JIAAC) en ce qui concerne les faits et circonstances qui se sont produits lors de l'accident faisant l'objet de l'enquête.

Conformément à l'Annexe 13 (*Enquête des accidents et incidents*) de la Convention sur l'aviation civile internationale ratifiée par la loi 13.891 et conformément à l'article 185 du Code de l'aéronautique (loi 17.285), l'enquête de l'accident est strictement technique et les conclusions ne doivent générer aucune présomption de faute ni de responsabilité administrative, civile ou pénale.

L'enquête a été réalisée avec comme seul objectif la prévention des accidents et incidents, conformément à l'Annexe 13.

Les résultats de cette enquête ne conditionnent ni ne préjugent des enquêtes parallèles de nature administrative ou judiciaire qui peuvent être réalisées en rapport avec l'accident.

Ce document est une traduction de courtoisie, de l'espagnol vers le français, du rapport final sur l'accident survenu dans la localité de Villa Castelli à Quebrada del Yeso le 9 mars 2015 aux hélicoptères immatriculés LQ-CGK et LQ-FJQ.

Le rapport original en espagnol établi par le JIAAC (Argentine) fait seul référence.

Note d'introduction

La commission d'enquête des accidents de l'aviation civile (JIAAC) a choisi la méthode systémique comme règle pour l'analyse des accidents et incidents.

La méthode a été validée et diffusée par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et largement adoptée par les principaux organismes en matière d'enquête d'accidents au niveau international.

Les fondements majeurs de la méthode systémique d'enquête des accidents sont les suivants :

- Les actions ou omissions du personnel d'exploitation de première ligne et/ou les problèmes techniques des équipements sont appelés **facteurs déclencheurs ou immédiats** de l'événement. Ils constituent le point de départ de l'enquête et ils sont analysés par rapport aux défenses du système aéronautique ainsi qu'à d'autres facteurs, souvent éloignés dans le temps et l'espace, du moment précis du déclenchement de l'événement.
- Les **défenses** du système aéronautique détectent, contiennent et permettent de rattraper les conséquences des actions ou omissions du personnel d'exploitation de première ligne et les problèmes techniques. Les défenses sont regroupées en trois entités génériques : la technologie, les règlements (y compris les procédures) et l'entraînement. Lorsque les défenses fonctionnent, elles interrompent la séquence causale. Lorsque les défenses ne fonctionnent pas, elles contribuent à la séquence causale de l'accident.
- Enfin, les facteurs souvent éloignés dans le temps et l'espace du moment précis du déclenchement de l'événement sont appelés **facteurs systémiques**. Ils permettent de comprendre la performance du personnel d'exploitation de première ligne et/ou l'apparition de problèmes techniques et d'expliquer les problèmes au niveau des défenses. Ils sont étroitement liés à des éléments comme, par exemple, le contexte de l'opération ; les règles et procédures, la formation du personnel, la gestion de l'organisation à laquelle le personnel d'exploitation communique des informations et les infrastructures.

L'enquête détaillée dans le rapport suivant est basée sur la méthode systémique et a pour objectif d'identifier les facteurs déclencheurs, les problèmes au niveau des défenses et les facteurs systémiques sous-jacents à l'accident dans le but de formuler des recommandations sur les actions viables, pratiques et efficaces qui contribuent à la gestion de la sécurité.

RAPPORT FINAL

ACCIDENT SURVENU À : Villa Castelli, province de La Rioja.

DATE : 9 mars 2015.

HEURE¹ : 20h10 UTC. (environ).

AÉRONEF : Hélicoptère.

PROPRIÉTAIRE : Direction générale de l'aéronautique de la province de La Rioja.

MARQUE : Eurocopter

IMMATRICULATION : LQ-CGK.

MODÈLE : AS-350 B3

AÉRONEF : Hélicoptère.

PROPRIÉTAIRE : Direction provinciale de l'aviation civile de Santiago del Estero.

MARQUE : Eurocopter

IMMATRICULATION : LQ-FJQ.

MODÈLE : AS350 B3

¹ Note : Toutes les heures sont exprimées en Temps universel coordonné (UTC) qui pour le lieu de l'accident correspond au fuseau horaire – 3.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

Le 9 mars 2015, l'hélicoptère LQ-CGK devait réaliser des vols de transport de passagers et d'équipes depuis la localité de Villa Castelli à Quebrada del Yeso, conformément à la Convention de collaboration entre le Secrétariat du tourisme du gouvernement de la province de La Rioja et la maison de production *Adventure Line Production*. La veille, la coopération de la Direction de l'aéronautique de Santiago del Estero a été sollicitée avec son hélicoptère LQ-FJQ pour compléter l'activité.

Le jour de l'accident, chaque aéronef a réalisé trois vols, le pilote du LQ-CGK, responsable de la coordination de l'exercice, a informé le pilote du LQ-FJQ qu'ils allaient réaliser un vol supplémentaire au cours duquel, à bord du LQ-CGK, des passagers allaient être transportés, et à bord du LQ-FJQ une équipe de caméramans et d'ingénieurs du son allaient être transportés pour filmer le vol.

Les pilotes des hélicoptères et le personnel de la production ont fait le point sur l'exercice à réaliser : filmer pendant le vol l'hélicoptère qui transportait des personnes participant à un concours. Lors du briefing il a été prévu d'effectuer après le décollage, un virage à 360°, un passage sur le lieu de décollage pour filmer depuis le sol, et le vol suivant vers le lieu prévu.

Le LQ-FJQ a décollé à 20h00 environ, pour réaliser l'exercice de tournage avec quatre passagers à bord (un caméraman, un ingénieur du son et deux coordinateurs). Le LQ-FJQ a décollé 45 secondes après, avec quatre passagers à bord (un caméraman et trois participants au concours).

Après le décollage, les deux aéronefs ont réalisé un vol à basse altitude au-dessus de la zone de décollage. Au bout de 2 minutes de vol environ, et à l'ouest du point de départ, les aéronefs se sont heurtés en vol avant de chuter et de percuter le sol, entraînant un incendie et le décès de tous leurs occupants.



Image 1. Les hélicoptères dans la zone de décollage avant l'accident

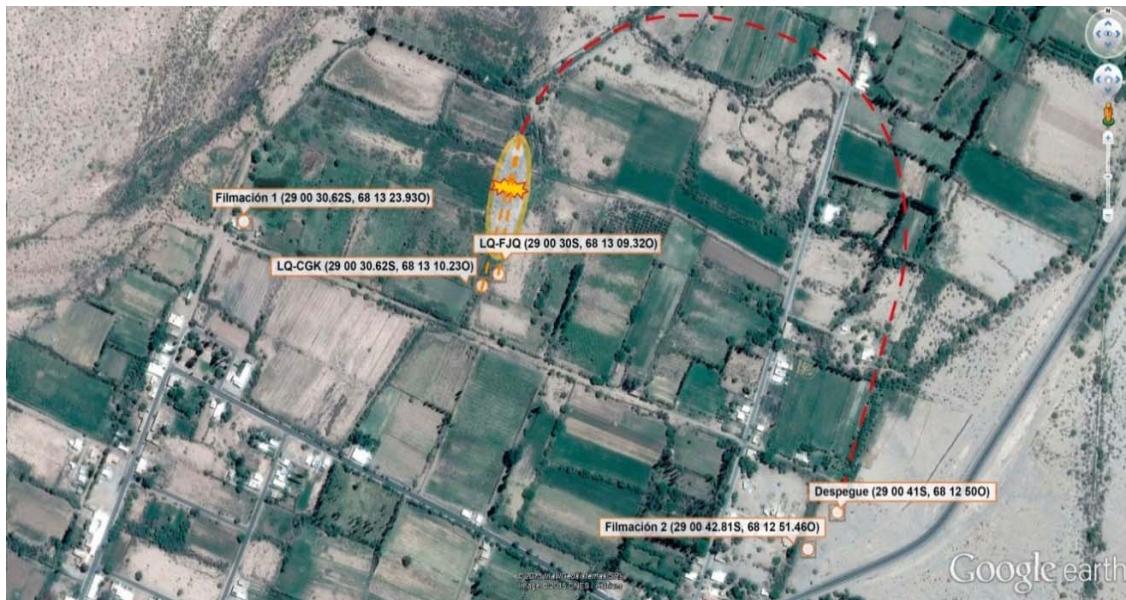


Image 2. Trajectoire estimée du vol des aéronefs depuis le décollage jusqu'à l'accident

1.2. Tués et blessés

1.2.1. Hélicoptère LQ-CGK

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres
Mortelles	1	4	----
Graves	----	----	----
Légères	----	----	----
Aucune	----	----	----

1.2.1. Hélicoptère LQ-FJQ

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres
Mortelles	1	4	----
Graves	----	----	----
Légères	----	----	----
Aucune	----	----	----

1.3. Dommages à l'aéronef

1.3.1. LQ-CGK

- Cellule détruite.
- Moteur détruit.
- Rotor principal et ses pales détruites.
- Rotor de queue et ses pales détruits.
- Les dommages en général ont été classés « D » (Détruit).



Image 3. Épave de l'aéronef LQ-CGK

1.3.2. LQ-FJQ

- Cellule détruite.
- Moteur détruit.
- Rotor principal et ses pales détruites.
- Rotor de queue et ses pales détruits.
- Les dommages en général ont été classés « D » (Détruit).



Image 4. Épave de l'aéronef LQ-CGK

1.4. Autres dommages

Aucun.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Pilote de l'aéronef LQ-CGK

1.5.1.1 Le pilote aux commandes de l'hélicoptère LQ-CGK était titulaire de la licence de pilote professionnel Hélicoptère N°480.08. Son certificat d'aptitude médical était valable jusqu'au 31/03/2015.

1.5.1.2 Son expérience de vol était la suivante :

Total général	6613.9
60 derniers jours	24.0
Dernières 24 heures	2.0
Dans le type d'aéronef	773.6

Note.- Les heures de vol correspondent à la dernière déclaration réalisée devant l'autorité aéronautique. L'expérience du pilote dans le type d'aéronef a été vérifiée par rapport au carnet de bord de l'aéronef LQ-CGK.

1.5.2. Pilote de l'aéronef LQ-FJQ

1.5.2.1 Le pilote aux commandes de l'hélicoptère LQ-FJQ était titulaire de la licence de pilote professionnel hélicoptère N° 12.934.243. Son certificat d'aptitude médical était valable jusqu'au 31/03/2015.

1.5.2.2 Son expérience de vol était la suivante :

Total général	2238.9
60 derniers jours	18.5
Dernières 24 heures	1.5
Dans le type d'aéronef	11.9

Note.- Les heures de vol ci correspondant à la dernière déclaration réalisée devant l'autorité aéronautique et des données obtenues à partir du carnet de vol jusqu'au jour de l'accident.

1.5.3 Les deux aéronefs participaient au tournage d'une émission télévisée qui impliquait le vol rapproché entre les aéronefs.

1.5.4 Les deux aéronefs, leurs pilotes et le personnel technique de soutien étaient affectés à des organismes publics (Directions provinciales de l'aéronautique). La réglementation en vertu de laquelle ce type d'organisation est certifié est la RAAC 91 (Règles de vol et d'opération générale).

1.5.5 Les dispositions de la RAAC 91 (Réglementations argentines de l'aviation civile) n'incluent pas d'exigences de formation spécifique des équipages sur les manœuvres de prises de vue aériennes impliquant des vols rapprochés entre aéronefs. L'enquête n'a pas pu déterminer quelle était l'expérience des pilotes concernant les manœuvres de prises de vues aériennes impliquant un vol rapproché entre aéronefs.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

1.6.1. Caractéristiques générales

Les deux hélicoptères étaient de marque Eurocopter (actuellement Airbus Helicopters), modèle Ecureuil AS350 B3 (actuellement H-125). Il s'agit d'un hélicoptère monomoteur, train atterrissage de type ski. Sa construction est mixte, elle combine des alliages en métal et des matériaux composites.

Il est équipé de rotors en matériaux composites et de ferrures en alliages de métal. Le rotor principal comporte trois pales et celui de la queue en comporte deux.

Le train d'atterrissage comporte une structure tubulaire métallique.

La cabine de pilotage est équipée d'instruments analogiques et d'une avionique numérique. Elle présente une unité VEMD (*Vehicle and Engine Multifunction Display*). Cette unité est un système d'avionique numérique situé sur le tableau de bord de la cabine de pilotage de l'aéronef. Il présente deux écrans LCD (*Liquid Crystal Display*) qui affichent les informations des paramètres du moteur ; le système électrique de l'aéronef ; le flux et la quantité de carburant et les paramètres de température de la turbine (T4), du couple (TQ) et des régimes générateurs de gaz de moteur (NG).

L'unité VEMD possède également un mode appelé MAINTENANCE. Dans ce mode, il est possible de consulter les problèmes et le non-respect des limitations de paramètres au cours du vol. Le rapport est exprimé par des codes, et après avoir été déchiffrés en utilisant le programme d'entretien, on peut constater concrètement le type de disfonctionnement.

Malgré les capacités décrites, le système ne doit pas être considéré comme un enregistreur de données de vol, puisqu'il n'est pas conforme aux règles requises pour les dispositifs d'enregistrement protégés.

1.6.2. Aéronef LQ-CGK



Image 5. LQ-CGK
 Numéro de série 7041, fabriqué en France en juillet 2010.

1.6.2.1 Cellule

Certificat d'immatriculation au nom de la Direction générale de l'aéronautique de la province de La Rioja, délivré par l'ANAC le 22 février 2011.

Certificat de navigabilité standard, catégorie normale, émis le 26 octobre 2010, à Tabalaba, Chili, sans date d'expiration.

D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 31 octobre 2014, au moment d'effectuer le contrôle annuel d'aptitude prévu dans le programme de contrôle, il présentait un Total général (TG) de 914,1 heures de vol et A/N (à nouveau) par rapport au dernier parcours général (DPG), et était ainsi apte à voler jusqu'au

31 octobre 2015, avec le Certificat de type AESA TCDS R 008, avec six places. Le poids maximum de décollage est de 2 250 kg et le poids vide est de 1 272 kg.

1.6.2.2 Moteur

Marque Turbomeca, modèle Arriel 2B1, Série 51025. D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 31 octobre 2014, au moment d'effectuer le contrôle d'aptitude annuel, il présentait un Total général (TG) de 914,1 heures de vol et A/N (à nouveau) par rapport au dernier parcours général (DPG), et était ainsi apte à voler jusqu'à atteindre 1 064 heures de TG.

Le carburant requis et utilisé était le JET A-1.

1.6.2.3 Rotors

Rotor principal de marque Eurocopter à trois pales, modèle 355A11-0030-04, Série N° 32074-32690-32798. D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 31 octobre 2014, au moment d'effectuer le contrôle d'aptitude annuel prévu dans le programme de contrôle, il présentait un Total général (TG) de 914,1 heures de vol, sans enregistrement des heures de dernière révision générale.

Rotor de queue de marque Eurocopter, Modèle 355A12-0050-10, numéro de série N° 17311. Ils ne présentent pas d'enregistrements des heures de vol.

1.6.3 Aéronef LQ-FJQ



Image 6. LQ-FJQ
Numéro de série 7574, il a été fabriqué en France en juillet 2013.

1.6.3.1 Cellule

Certificat d'immatriculation au nom de la Direction générale de l'aéronautique de la province de La Rioja, délivré par l'ANAC le 26 février 2013.

Certificat de navigabilité standard, catégorie normale, délivré le 22 février 2013, à Santiago du Chili, sans date d'expiration.

D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 4 avril 2014, au moment d'effectuer le contrôle d'aptitude annuel, il présentait un Total général (TG) de 218,0 heures et 1 034 cycles (Cs), sans enregistrement des heures de DPG, et était ainsi apte à voler jusqu'au 31 avril 2015.

1.6.3.2 Moteur

Marque Turbomeca, modèle Arriel 2D, Série 50233 de 860 SHP. D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 4 avril 2014, au moment d'effectuer le contrôle d'aptitude annuel prévu dans le programme de contrôle, il présentait un Total général (TG) de 218,0 heures de vol ; il ne présente pas d'enregistrement de DPG ; et il était ainsi apte à voler jusqu'à atteindre 4 000 heures de vol et/ou jusqu'au 7 novembre 2027.

Le carburant requis et utilisé était le JET A-1.

1.6.3.3 Rotors

Rotor principal à trois pales de marque Eurocopter, modèle 355A11-0030-04, Série N° 41257-41320-41344. D'après le Formulaire ANAC 337 en date du 4 avril 2014, au moment d'effectuer le contrôle d'aptitude annuel, il présentait un TG de 218,0 heures de vol et 1 034 Cycles. Il ne présente pas d'enregistrement des heures de DPG

Rotor de queue de marque Eurocopter ; modèle 355A12-0050-10, numéro de série N° 20157. Ils ne présentent pas d'enregistrements des heures de vol

1.6.3.4 Autres équipements

L'aéronef LQ-FJQ possédait une caméra Visión 1000.

1.6.4 Masse et centrage des aéronefs

1.6.4.1 LQ-CGK

Limites du centre de gravité longitudinal :

(+ 3,21 m) à (+ 3,425 m) pour 2 250 kg
(+ 3,17 m) à (+ 3,457 m) pour 2000 kg
(+ 3,17 m) à (+ 3,490 m) pour 1750 kg
(+ 3,17 m) à (+ 3,498 m) pour 1 310 kg

La ligne de variation va directement entre les points donnés.

Limites du centre de gravité latéral :

Gauche maximum	0,18 m
Droite maximum	0,14 m

Dans les calculs réalisés au cours de l'enquête, on a établi que les masses de l'hélicoptère au moment de l'accident étaient :

Masses de base	1 388,4 kg
Masse du pilote / 1 passager	150 kg
Masse du carburant	266 kg
Masse de la charge	50 kg
Masse de 3 passagers	210 kg
Total/formulaire masse et centrage : date 25/10/2010	2 064,4 kg

masse maximum (PM) :	2 250,00 kg
Différence :	185,60 kg (de moins)

Au moment de l'accident, le centre de gravité de l'hélicoptère était à 3,30 m de la référence et le poids était de 2 064,4 kg, une différence en moins de 185,6 kg, sur la base de la masse et centrage intégrée au manuel de vol en date du 25 octobre 2010.

Le centre de gravité latéral se trouvait à 0,01 m à droite de son axe symétrique.

1.6.4.2 LQ-FJQ

Limites du centre de gravité longitudinal :

(+ 3,21 m) à (+ 3,425 m) pour 2 250 kg
 (+ 3,17 m) à (+ 3,457 m) pour 2000 kg
 (+ 3,17 m) à (+ 3,490 m) pour 1750 kg
 (+ 3,17 m) à (+ 3,498 m) pour 1 310 kg

La ligne de variation va directement entre les points donnés.

Limites du centre de gravité latéral :

Gauche maximum :	0,18 m
Droite maximum :	0,14 m

Dans les calculs réalisés au cours de l'enquête, on a établi que les masses de l'hélicoptère au moment de l'accident étaient :

masse de base	1 390 kg
masse du pilote / 1 passager	155 kg
masse du carburant	258 kg
masse de la charge	50 kg
masse de 3 passagers	210 kg
Total/formulaire masse et centrage date : 02/04/2014	2 063 kg

masse maximum : 2 370 kg
 différence : 307 kg (de moins)

Au moment de l'accident, le centre de gravité de l'hélicoptère était à 3,29 de la référence et le poids était de 2 063,0 kg, une différence en moins de 307,0 kg, sur la base du formulaire de Poids et équilibrage intégré au Manuel de vol en date du 2 avril 2014.

Le centre de gravité latéral se trouvait à -0,039 m à droite de son axe symétrique.

1.7. Renseignements météorologiques

- 1.7.1.** D'après les données obtenues auprès du Service météorologique national (SMN), le 9 mars 2015 à 20h00 sur le lieu de l'accident les conditions étaient les suivantes : vent à 180/07 kt ; visibilité de 10 km ; température de 31,8° C ; point de rosée de 19,7° C ; pression atmosphérique de 1 014,9 hPa ; humidité de 45 % ; nébulosité 3/8 SC de 600 m.
- 1.7.2.** D'après les données obtenues auprès de l'Observatoire naval de Buenos Aires (ONBA), la position du soleil sur l'horizon était de 43° sur l'horizon et 294° d'azimut moyen du nord à l'est, en situant l'observateur à 1 318 mètres d'altitude.

1.8. Aides à la navigation

Les vols ont été réalisés selon les règles de vol à vue (VFR).

1.9. Télécommunications

L'enquête n'a pas pu déterminer s'il y a eu des communications entre les aéronefs. Le degré de destruction et d'incendie des équipements à bord n'a pas permis de comparer les fréquences sélectionnées dans les blocs radio des deux aéronefs.

Aucun autre dispositif de communication parmi les épaves des aéronefs n'a été identifié, en plus des dispositifs installés dans les aéronefs, qui aurait pu indiquer qu'il y a eu une liaison entre les deux aéronefs et/ou entre ceux-ci et l'équipe sol.

D'après les déclarations du personnel au sol, il n'y avait pas de moyen de communication entre les aéronefs et l'équipe au sol.

1.10. Renseignements sur le lieu de l'accident

L'accident s'est produit dans le terrain municipal de Villa Castelli, dans la province de La Rioja. Les aéronefs LQ-FJQ et LQ-CGK ont percuté le terrain sur un terrain meuble avec des arbustes d'une hauteur d'environ 2 m et avec une distance de 46 m entre eux.

Les coordonnées géographiques du lieu de l'accident sont les suivantes :

LQ-FJQ : S 29°00'32'' - W 068°13'09''

LQ-CGK : S 29°00'36'' - W 068°13'12''

Hauteur : 1 321 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer.

1.11. Enregistreurs de vol

Les aéronefs n'étaient pas équipés d'enregistreurs de voix ni d'enregistreurs de vol. Ces équipements n'étaient pas requis par la réglementation.

1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Les hélicoptères se sont heurtés en vol à une hauteur comprise entre 70 m et 85 m, avec des trajectoires convergentes d'environ 35 °. À la suite de la collision, les deux aéronefs ont chuté en perte contrôle. La distance entre les deux points d'impact est de 46 m.

1.12.2 L'aéronef LQ-FJQ a percuté le terrain avec un cap à 055° et un angle d'impact supérieur à 70° et inférieur à 90°. Il n'y a pas eu de déplacement latéral. Après avoir percuté le sol, le mât du rotor principal et le moteur se sont renversés vers la droite.

La chute de l'aéronef LQ-CGK s'est produite avec un angle latéral prononcé, lequel a percuté le terrain avec la partie droite de la cabine, sans déplacement. L'aéronef s'est retrouvé au cap 170°.

Il y a eu une dispersion de l'épave sur le terrain, recouvrant une superficie d'environ 200x50 m.

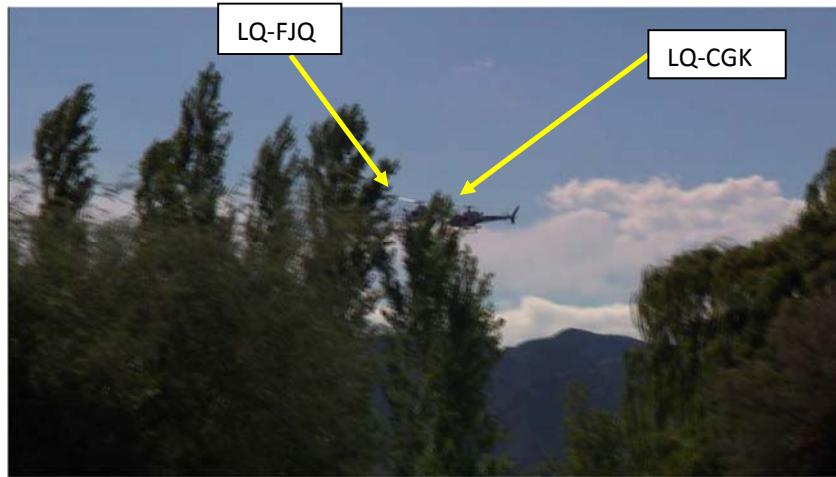


Image 7. Les aéronefs quelques minutes avant la collision en vol

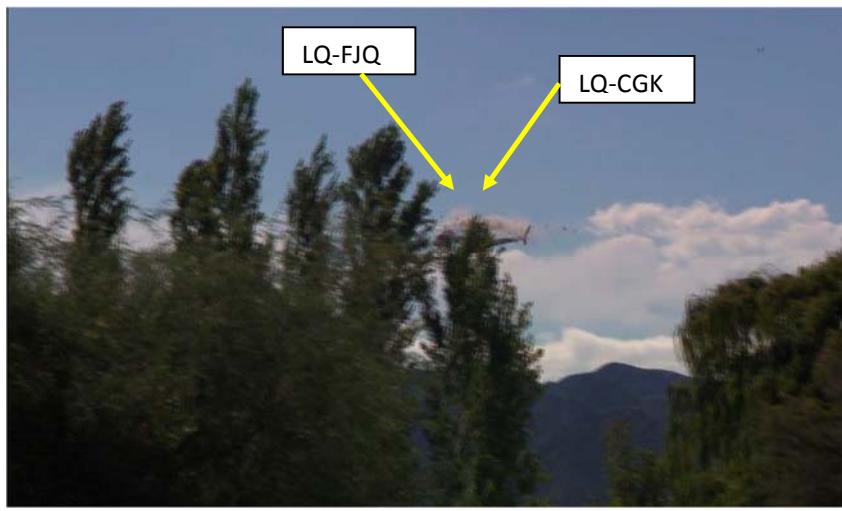


Image 8. Les aéronefs au moment de la collision en vol

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

L'enquête n'a pas révélé de preuve médico-pathologique sur les pilotes qui aurait pu provoquer l'accident.

1.14. Incendie

Après la collision et une fois au sol, un incendie total des deux aéronefs s'est produit.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Les membres d'équipage et les passagers des deux aéronefs ont subi des blessures mortelles.

L'enquête a permis de contrôler l'état des ceintures de sécurité, les ancrages de celles-ci et les fixations des sièges, malgré l'état de l'épave de l'aéronef.

Conformément aux documents des aéronefs, les deux étaient équipées d'émetteurs de localisation d'urgence (ELT). L'état des épaves des aéronefs n'a pas permis d'identifier ces équipements. Aucun des deux ELT ne s'est activé à la suite de l'accident.

D'après les témoignages des premiers témoins à arriver sur le lieu de l'accident, les pompiers se sont rendus sur place environ 2 heures après l'impact des aéronefs au sol.

1.16. Essais et recherches

1.16.1 Arrivée sur le lieu de l'accident

Le travail sur le terrain a été réalisé avec des représentants accrédités, conformément aux dispositions de l'Annexe 13. Les représentants accrédités comprenaient le personnel du BEA (*Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile*) de France, du fabricant des aéronefs (*Airbus Helicoptere*), et du fabricant du groupe propulseur (*Turbomeca*). Le responsable de la Direction provinciale de l'aéronautique de la province de La Rioja s'est rendu sur le lieu de l'accident mais aucun membre du personnel de celle-ci n'a participé au travail sur le terrain.

Le lieu de l'accident a été préservé et son accès a été restreint par l'autorité policière.

Lors de l'arrivée des enquêteurs sur le lieu de l'accident, les deux aéronefs étaient détruits à la suite de l'impact et de l'incendie qui s'est ensuite déclaré.

Il y a eu un travail en collaboration avec le personnel du BEA et les conseillers des représentants accrédités. Les différentes parties des deux aéronefs ont été identifiées (moteur, cellule, ensemble de rotors et leurs pales, éléments des systèmes, etc.). Un bilan à partir de photos et le repérage pour l'enregistrement de la dispersion des épaves et éléments des aéronefs ont été réalisés.

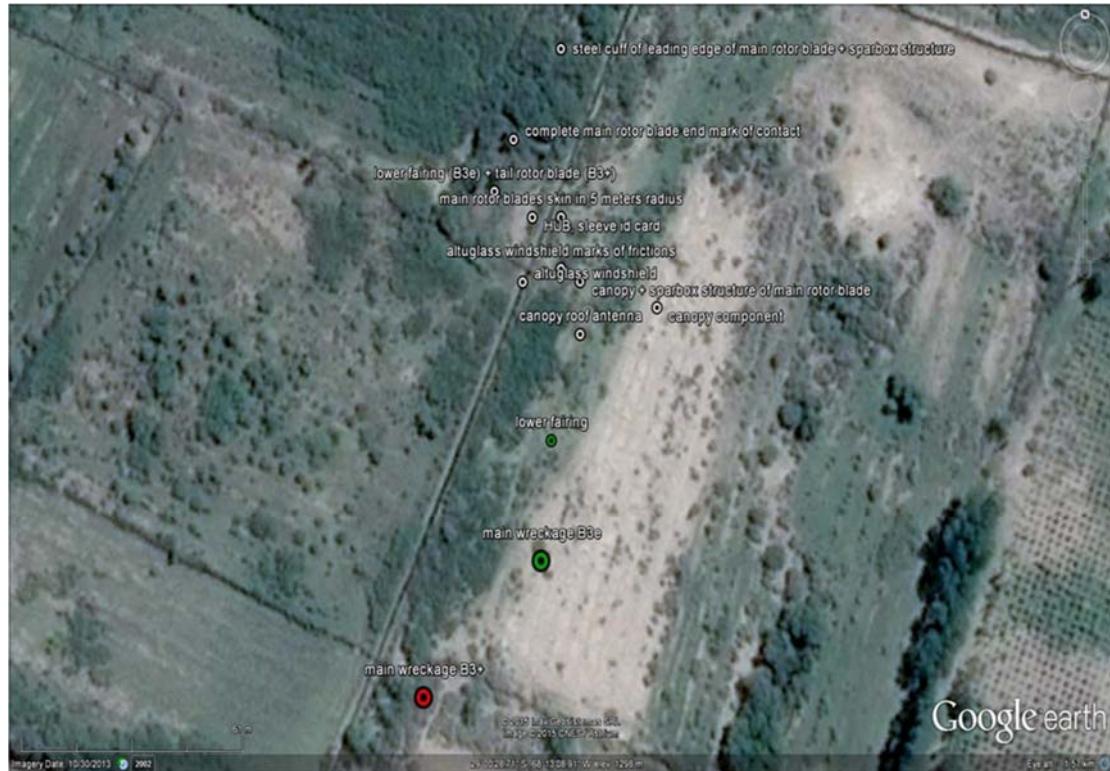


Image 9. Repérage du lieu de l'accident

1.16.2 Systèmes

Malgré l'impact et l'incendie, les commandes de pas des pales des rotors des deux aéronefs se trouvaient à leur place et freinées.

Une rupture a été constatée en raison de l'impact d'un bras de commande de pas de pale du rotor principal du LQ-CGK.

Les marques constatées dans l'axe de transmission du moteur dans les deux aéronefs ont montré qu'au moment de l'impact avec le sol ils étaient à pleine puissance.

Aucun équipement ELT des aéronefs ne s'est activé.

À la demande du personnel du BEA, des restes des équipements *Digital Engine Control Un it* (DECU), *Ground Proximity Warning System* (GPWS), *Vehicle Engine Monitoring Display* (VEMD), *Flight Data Monitoring System*, de chacun des aéronefs, et la Appareo Vision 1000+ Drivers du LQ-FJQ ont été envoyés en France afin d'être analysés.

Le BEA a indiqué qu'aucune donnée n'a été extraite des équipements envoyés en France en raison de leur endommagement.

1.16.3 Carburant

Un échantillon de carburant a été prélevé, avant d'être remis à la FadeA (Fabrique argentine des avions) en vue de leur analyse en laboratoire. Le résultat est le suivant :

« Conclusions : L'éc hantillon re mis présente un aspect limpide et on ne constate aucun indice d'eau libre. Les particules détectées correspondent à des silicates provenant de la poussière atmosphérique. L'échantillon a analysé répond aux caractéristiques techniques établies par la règle ASTM 16 55-13 pour le carburant Jet A-1. L'échantillon ne présente aucune preuve de diminution et/ou de perte de propriétés physico-chimiques, il est donc en état normal pour utilisation conformément à la dite spécification technique. D'après les résultats, l'échantillon correspond à la catégorie de kérosène (un carburant qui n'est pas utilisé pour les véhicules automobiles), conformément à la Décision 1283/2006 du Secrétariat de l'énergie de la nation, dans son annexe III, en raison du fait que ce lieu-ci définit comme kérosène les carburants qui présentent un point d'inflammation minimal de 38° C, un point de distillation maximal de 300° C et établit l'obtention d'au moins 20 % du volume récupéré à 200° C sur la courbe de distillation. »

1.16.4 Etude des trajectoires

1.16.4.1 Les enregistrements vidéo ont été obtenus, la « vidéo A » a été fournie par le personnel impliqué et la « vidéo B » est celle d'un observateur. Les deux vidéos ont enregistré l'accident avec les caméras situées depuis le sol dans un angle azimutal d'environ 140°. De plus, on constate dans les deux caméras qui ont enregistré l'accident l'utilisation du zoom de rapprochement.

Avec les données obtenues à partir des enregistrements, la trajectoire des deux hélicoptères a été reconstituée depuis le moment du décollage jusqu'au moment de l'impact.

Le calcul de la séparation entre les deux hélicoptères a été effectué en prenant comme base le segment parcouru par l'aéronef LQ-FJQ à partir du moment où il a effectué un virage à gauche, 6 secondes avant l'impact.

On a obtenu l'arc de la circonférence parcourue par ledit aéronef en 3 secondes, à une vitesse de 65 kt et avec une inclinaison stable de 15° (3 secondes supplémentaires ont été estimées comme étant les secondes requises pour imposer l'inclinaison). Les calculs de la distance parcourue correspondant à l'arc sont détaillés dans l'Annexe A.

Cette enquête a déterminé que la séparation entre les deux aéronefs, 6 secondes avant l'impact, était de 90 et 100 m. On suppose que cette séparation est celle qui a été maintenue par les aéronefs pendant leur trajectoire.

Au cours de la trajectoire il y a eu des positions relatives variables, en raison du déplacement de l'aéronef qui filmait, pour obtenir les angles souhaités.

1.16.4.2 Trajectoire des vols

Le décollage a été réalisé de manière individuelle avec une différence entre les deux de 45 secondes.

L'hélicoptère LQ – FJQ (en rouge sur la figure) a été le premier à décoller, transportant à bord un coordinateur sur le siège avant gauche et trois membres de l'équipe de tournage dans la partie arrière de la cabine. Le caméraman se trouvait derrière et à gauche, avec la porte ouverte dans le cadre du tournage. L'aéronef a décollé avec un cap 010° en montée jusqu'à environ 80 m de hauteur et a maintenu une vitesse d'environ 65 kt, en se positionnant à droite de l'autre hélicoptère pendant tout le vol..

L'hélicoptère LQ – CGK (en bleu sur le diagramme) a décollé en deuxième position. Cet hélicoptère était l'objet à filmer. Il transportait à bord un caméraman sur le siège avant gauche, et trois participants de l'émission *Dropped* dans la partie arrière de la cabine. Il a décollé avec un cap à 010° en montée jusqu'à environ 80 m de hauteur et a maintenu une vitesse d'environ 65 kt, en se positionnant à gauche de l'autre hélicoptère pendant tout le vol.

Au bout de 50 secondes de vol environ, l'hélicoptère LQ-FJQ, qui réalisait le travail de tournage, a effectué un virage lent à gauche en maintenant le niveau, en diminuant sa vitesse et en se positionnant en diagonale, avec une séparation d'environ 90 m (Image 10) et devant l'hélicoptère LQ-CGK, qui effectuait un virage vers la gauche.

Les deux aéronefs ont poursuivi le vol en effectuant un virage à gauche. Les paramètres de vitesse et la séparation suggèrent des trajectoires irrégulières.

Après 75 secondes de vol environ, le LQ-FJQ, qui poursuivait le tournage, a répété la manœuvre de positionnement en diagonale avec une diminution de vitesse et une séparation avec le LQ-CGK inchangée.

Au bout de 90 secondes de vol environ, le LQ-FJQ qui était en retard dans la trajectoire en raison de sa baisse de vitesse a changé d'assiette en augmentant la vitesse.

Au bout de 94 secondes de vol environ, le LQ-FJQ a augmenté son inclinaison vers la gauche ce qui lui donnait un cap conflictuel avec le LQ-CGK, lequel à ce moment diminuait le rayon de virage et la vitesse.

Au bout de 100 secondes de vol environ, le LQ-FJQ a heurté le LQ-CGK, ce qui a entraîné un contact entre les deux rotors principaux et la chute des aéronefs au sol.

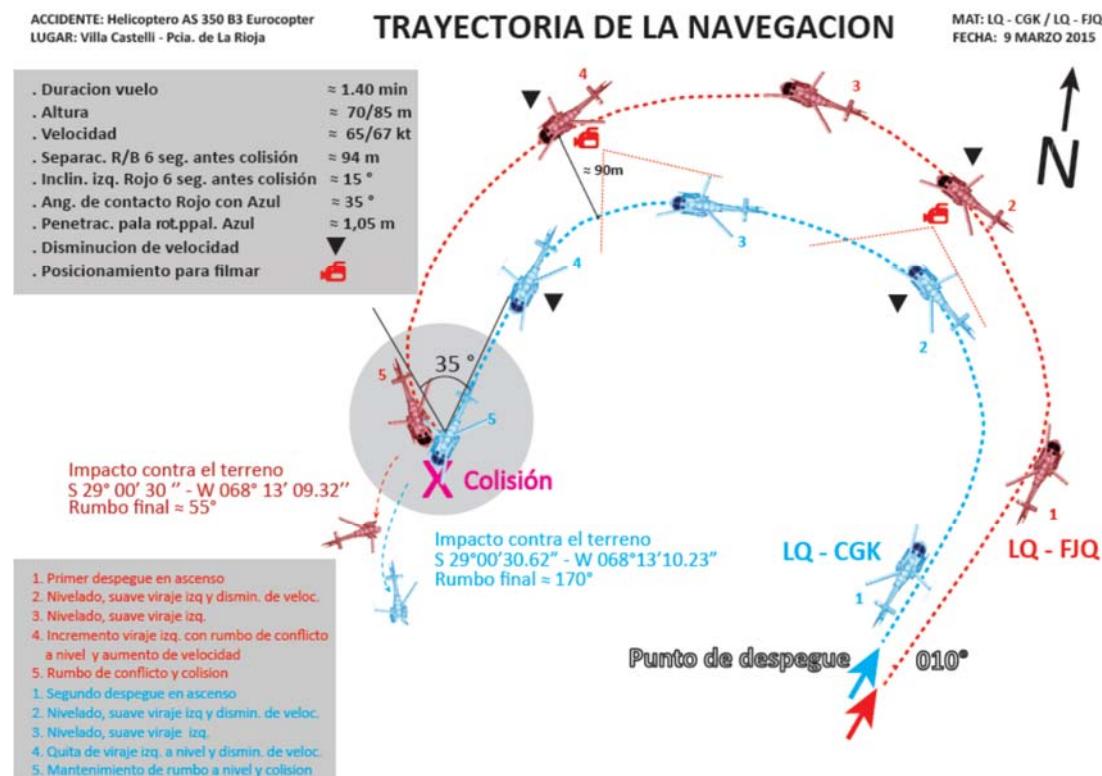


Image 10. Trajectoire estimée du vol des hélicoptères

1.16.4.3 Visibilité dans la cabine de pilotage

Une seconde ou 33,5 mètres avant la collision et avec un angle de 72,5° à sa droite, le pilote du LQ-CGK pouvait apercevoir environ 25 % de la superficie totale du LQ-FJQ, en raison du fait que dans la direction de son champ de vision se trouvait la structure qui sépare le pare-brise avant droit de la fenêtre de la porte droite.



Image 11. Champ de vision depuis la position du pilote du LQ-CGK

Une seconde avant l'impact, avec une inclinaison à 19° environ et à $72,5^\circ$ à sa gauche, le pilote du LQ-FJQ pouvait apercevoir environ 13 % de la totalité du LQ-CGK, en raison du fait que dans le champ de vision depuis la position du pilote se trouvait la structure supérieure avant, le pare-brise gauche et la fenêtre de la porte gauche.



Image 12. Champ de vision depuis la position du pilote du LQ-FJQ

1.16.4.4 Positions relatives avant la collision

Grâce à la précision des éléments vidéo, les paramètres suivants ont eu un impact, en prenant comme référence pour tous les calculs 1 seconde avant l'impact :

- L'angle relatif de la vision entre les deux pilotes était d'environ 70° ;
- La vitesse estimée des aéronefs était de 60 kt et 70 kt;

- La séparation entre les deux aéronefs était d'environ 20/30 mètres ;
- La vitesse de rapprochement entre les deux aéronefs calculée était de 20m/s (40 Kts).

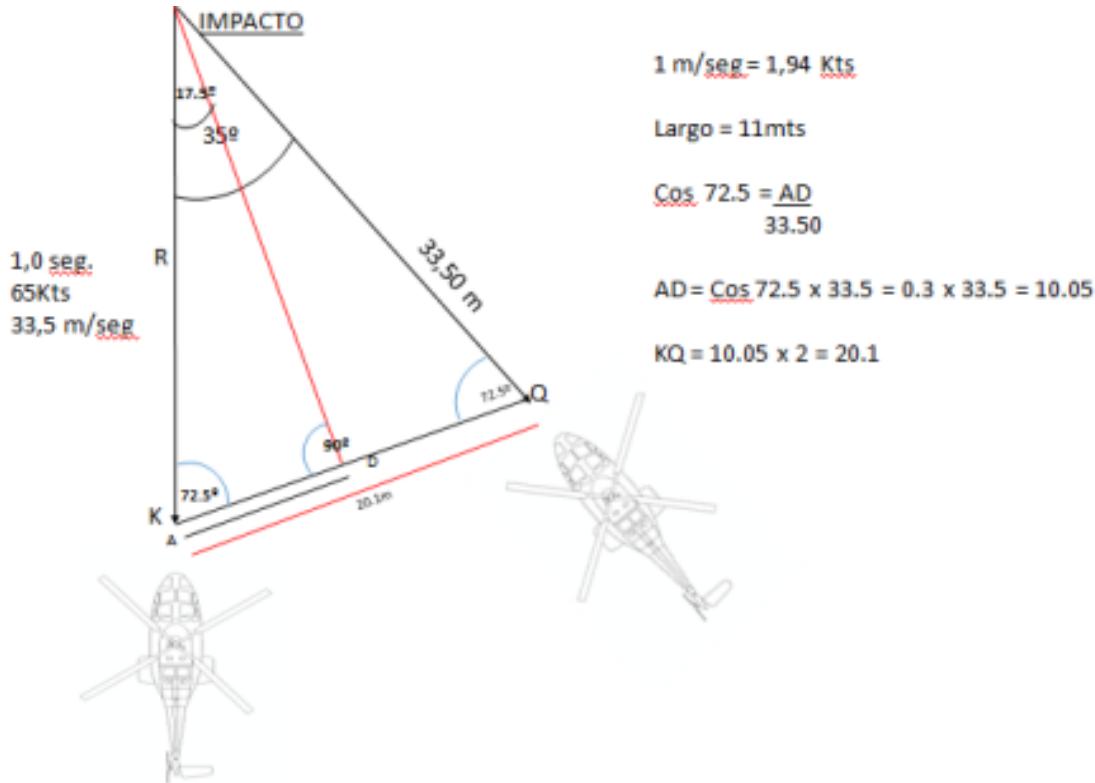


Image 13. Géométrie de la collision

1.16.4.4 Collision

Le cap du LQ-FJQ est devenu conflictuel avec celui du LQ-CGK 6 secondes avant la collision.

À partir de l'élaboration des données du tournage, on a constaté que quelques instants avant la collision la conicité du rotor principal du LQ-CGK (bleu) a sectionné un des bras de commande de pas du rotor principal du LQ-FJQ (rouge). La situation a sûrement été favorisée par la conicité du rotor principal du LQ-FJQ (rouge). Les deux aéronefs ont perdu la commande collective et la commande de pas cyclique, au moment de l'endommagement des deux rotors à la suite du contact.

ACCIDENTE: Helicoptero AS 350 B3 Eurocopter
 LUGAR: Villa Castelli - Pcia. de La Rioja

RECREACION DE COLISION

 MAT: LQ - CGK / LQ - FJQ
 FECHA: 9 MARZO 2015


Image 14. La collision entre les hélicoptères

1.16.4.5 Chute et impact au sol

Le LQ-FJQ (rouge) a chuté verticalement, avec un lacet à gauche en raison de la perte du rotor anti-couple, ², c'est pourquoi il a percuté le sol avec un effet d'écrasement prononcé, entraînant l'incendie qui a suivi.

On a constaté au niveau de l'épave la turbine, la boîte de transmission principale et l'axe du rotor principal avec un déplacement vers l'avant et à droite du sens de l'impact. Les pales du rotor principal ont été sectionnées par le contact des deux rotors principaux.

L'un des bras de commande de pas du rotor principal a été sectionné par une pale du rotor principal de l'hélicoptère LQ-CGK (bleu). Le cône de queue et le rotor de queue étaient identifiables dans leur état (légèrement endommagés et non brûlés situés dans la position contiguë aux restes de la cabine).

L'hélicoptère LQ-CGK (bleu) a chuté avec un déplacement horizontal et sur le côté droit avant de percuter le sol et de prendre feu. On a constaté au niveau de son épave que les pales du rotor principal étaient sectionnées à la suite du contact des deux rotors principaux.

²*L'action créée par le système du rotor principal en rotation provoque la rotation du fuselage dans la direction opposée au sens de rotation dudit rotor. Le rotor de queue produit l'effet anti-couple pour contrecarrer le couple en conservant le contrôle de l'aéronef.*

Compte tenu du cap approximatif des aéronefs au moment de la collision et de l'orientation finale des épaves au sol (cap du LQ-FJQ à 055° et cap du LQ-CGK à 170°) cette variation d'orientation des aéronefs est due au lacet vers la gauche de ceux-ci, produit par la perte de l'effet anti-couple.

Grâce aux documents d'enregistrement obtenus, on a observé la mécanique de la chute des deux hélicoptères jusqu'à environ deux secondes avant le contact de ceux-ci au sol.

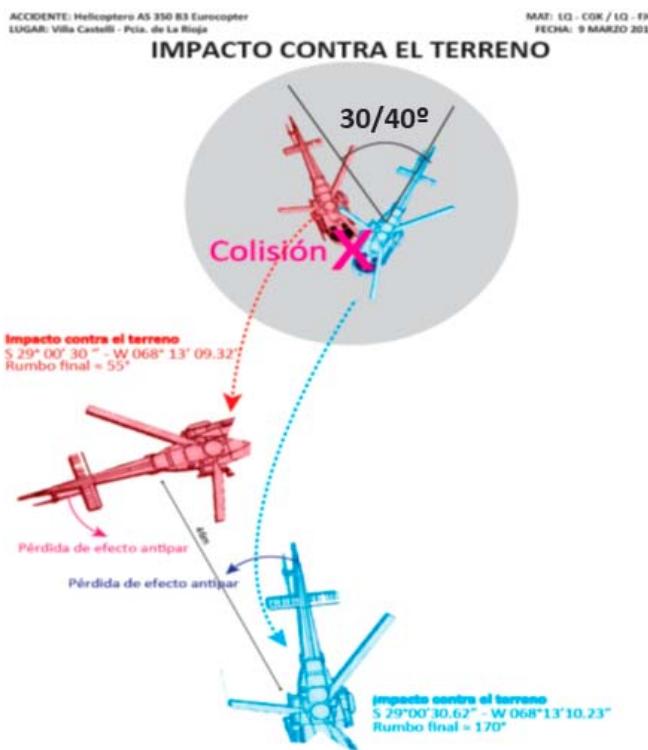


Image 15. L'impact au sol

1.16.4.6 Analyse de la vidéo A (zone de décollage)

Dans cette vidéo on peut constater que dans l'hélicoptère LQ-CGK le siège gauche était occupé par un caméraman, assis de travers (sur le côté), prêt à enregistrer les passagers sur le siège arrière. Même dans cette position, ses jambes et éventuellement ses équipements de tournage pourraient empêcher la commande de pas collective du pilote, entraînant ainsi des difficultés dans le contrôle de l'aéronef, cette possibilité a été écartée compte tenu du fait que l'on ne constate dans aucune des deux vidéos que le LQ-CGK a réalisé une manœuvre évasive.

On peut constater que, pendant le décollage, dans le cadre de la tâche à réaliser, la porte gauche du LQ-FJQ était ouverte pour que le caméraman puisse enregistrer le vol de l'autre aéronef et son environnement, sans dévaloriser la qualité de l'image par la fenêtre.

Une fois les décollages effectués, on constate que le LQ-FJQ effectue une manœuvre pour se placer dans une position relative pour filmer le LQ-CGK.

Lorsque le LQ-CGK le dépasse, le LQ-FJQ circule derrière et au-dessus du LQ-CGK. Cette manœuvre pousse le FJQ à réduire sa vitesse. On constate alors que le FJQ baisse le nez de l'hélicoptère, ce qui indique une augmentation de vitesse, en tentant apparemment de rester proche du LQ-CGK pour réaliser les enregistrements au cours du vol.

Les légères oscillations verticales que l'on observe des deux aéronefs sont dues au mouvement manuel de la caméra et non pas à une éventuelle turbulence.

Au cours de la trajectoire précédant l'accident, le LQ-FJQ rejoint et dépasse le LQ-CGK avant de se positionner devant, sur le côté droit et légèrement au-dessus de celui-ci.



Image 16. Position relative des hélicoptères avant la collision

Enfin, le LQ-FJQ effectue un virage très lent, avec un léger dérapage (en appuyant sur la pédale droite), et avec une descente réduite, ce qui réduit significativement la séparation par rapport à la trajectoire du LQ-CGK. Ceci entraîne l'impact de l'une des pales du LQ-CGK sur certaines des commandes pitch du LQ-FJQ. Les pilotes ont alors perdu le contrôle des aéronefs, en chutant au sol de manière incontrôlée.



Image 17. Image de l'impact entre les hélicoptères

1.16.4.7 Analyse de la vidéo B

Dans cet enregistrement, la trajectoire des aéronefs est plus perpendiculaire à la caméra qui enregistre la vidéo, la distance relative entre les deux hélicoptères est ainsi moins apparente en raison de l'angle d'enregistrement.



Image 18. Image de la vidéo B

On peut constater que l'attitude (position) des hélicoptères n'est pas parallèle dans la vidéo. Cela peut être dû à deux causes : les trajectoires des aéronefs étaient convergentes ou l'un des deux hélicoptères a maintenu une position de dérapage (lacet) provoquée délibérément.

Au moment de l'impact, l'ombre du fuselage du LQ-FJQ assombrit totalement le fuselage du LQ-CGK, faisant ainsi obstacle à la lumière du soleil.



Image 19. Image de l'impact depuis une autre position

Dans les deux vidéos on peut constater que les aéronefs ne réalisent aucune manœuvre évasive ni défensive avant l'abordage, ce qui permet de conclure à un problème au niveau de la détection visuelle de l'autre aéronef de la part des deux pilotes.

Il est plausible d'affirmer que la nécessité de réaliser des images puisse avoir amené les caméramans à influencer les pilotes ou qu'ils puissent les avoir distraits.

Il est aussi probable que, en raison de la position relative entre les aéronefs avant l'abordage, le soleil ait pu avoir une influence sur la visualisation du LQ-FJQ de la part du pilote du LQ-CGK.

Au même moment, le pilote du LQ-FJQ n'avait pas de référence certaine de la séparation par rapport au LQ-CGK car, en plus de la position du caméraman dans la cabine, le CGK s'approchait dans son « angle mort ».

Compte tenu des limites imposées par la qualité des images et en tentant de réduire l'effet de l'angle, on peut constater que le fuselage de l'hélicoptère le plus proche de la caméra (dans la vidéo B) met 0,5433 secondes pour « parcourir » la distance « d'un » fuselage [moyenne obtenue de trois mesures : 0,53 s ; 0,60 s ; et 0,50 s]. Compte tenu de la longueur du fuselage de 10,93 mètres, on constate que la vitesse terrestre (*groundspeed*) est de 39,1 kt. Cette valeur est donnée uniquement à titre de référence et ne peut pas être considérée comme la vitesse air, car d'après ce que l'on observe dans la végétation environnante des deux vidéos, les deux aéronefs avaient un vent contraire. Par conséquent, la vitesse sol serait inférieure à celle indiquée par les indicateurs de vitesse des hélicoptères

En réalisant une action d'échelle à partir des images, au moment de l'impact, on en conclut que les hélicoptères se trouvaient à une hauteur par rapport au sol d'environ 82 m.

Dans la vidéo B qui présente l'enregistrement simultané des données audio, le son de l'impact se produit 1,40 seconde après l'image. Cela signifie que la caméra se trouvait –au moment de l'abordage- à 480,20 mètres de distance des hélicoptères (calcul en considérant que la vitesse du son est de 343 m/s dans des conditions normales au niveau de la mer ; avec 50 % d'humidité relative ; et avec 20° C de température ambiante).

1.17. Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 La Direction générale de l'aéronautique de la province de La Rioja possède une structure simple.

Elle est composée d'un directeur d'aviation dont dépendent six pilotes d'avion et trois pilotes d'hélicoptère (y compris le pilote décédé).

Elle ne possède pas de certificat de transporteur puisque ses aéronefs sont immatriculés en tant qu'aéronefs publics (LQ). Ses opérations sont régies par les RAAC 91 – *Règles de vol et d'opération générale*.

Cependant, n'étant pas une exigence de la réglementation en vertu de laquelle l'organisation est certifiée (RAAC 91 – *Règles de vol et d'opération générale*), la Direction Générale de l'Aéronautique de la province de La Rioja développait des activités visant à mettre en œuvre un système de gestion de sécurité (SMS), dont le Directeur de l'Aviation serait, une fois le SMS mis en œuvre, le directeur responsable. Un responsable de la sécurité (RS), qui était en charge des activités de développement du SMS de l'organisation, dépend du Directeur de l'Aviation.

L'aéronef accidenté avait été intégré il y a environ quatre ans, de même que le pilote décédé et le mécanicien d'entretien.

1.17.2 La Direction provinciale de l'aviation civile de Santiago del Estero est une organisation autarcique, avec son propre budget. Elle possède 10 aéronefs et sa propre assistance juridique et économique et financière. Elle a fourni l'hélicoptère et son équipage dans le cadre d'une convention de réciprocité avec la province de La Rioja.

Elle ne possède pas de certificat d'exploitant puisque ses aéronefs sont immatriculés en tant qu'aéronefs publics (LQ). Ses opérations sont régies par les RAAC 91 – *Règles de vol et d'opération générale*.

1.17.3 Au moment de l'accident, il y avait une convention de réciprocité entre les deux organismes gouvernementaux pour la collaboration aérienne dans différentes tâches et dans lesquelles est inclus le développement du tourisme. Les opérations lors desquelles a eu lieu le vol de l'accident avaient été encadrées par les organisations gouvernementales dans le cadre du « développement du tourisme ».

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1 Conformément aux documents des aéronefs, les deux possédaient les équipements ELT.

1.18.2 Le Registre national de radiobalise a indiqué qu'au moment de l'accident les équipements ELT des deux aéronefs n'étaient pas enregistrés.

1.18.3 Performances au décollage

Aucun des deux aéronefs n'était limité dans ses performances au niveau de la masse et de l'altitude (7 000 pieds) au moment de l'accident, d'après les informations extraites du Manuel de vol.

1.18.4 Evènements antérieurs concernant les autorités provinciales de l'aviation

Bien que l'accident présente des caractéristiques spécifiques, l'accident du 11 octobre 2013 d'un aéronef public appartenant à la Direction provinciale aéronautique de San Juan est un antécédent important. À cet égard, la recommandation suivante fait partie intégrante du rapport final de la JIAAC sur l'accident :

« 4.1 À l'autorité aéronautique - ANAC

4.1.1 La recommandation repose sur le fait que les opérations doivent être analysées, planifiées et exécutées dans un cadre réglementaire, qui sera le guide, de telle manière que toute évaluation individuelle de risque s'avérant inappropriée (comme cela peut se passer lors de la planification et de la préparation d'un vol) se révélera immédiatement être un détournement des paramètres de sécurité établis par lesdits documents. Compte tenu de ce qui précède, il est conseillé de mettre en œuvre les exigences suivantes aux opérations aériennes des Directions provinciales de l'aéronautique dans le cadre des RAAC 91 et 135, pour que celles-ci : 1. Développent un Manuel d'opérations qui couvre la portée de leurs opérations. 2. Mettent en œuvre un Système de sécurité (SMS) approprié pour leur organisation et leurs types d'opérations. 3. Mettent en place un programme d'instruction compatible avec les exigences opérationnelles, y compris les plus complexes. 4. Incluent dans le Manuel d'opérations les Procédures standardisées d'opération (SOP).

4.1.2 En vertu de la spécificité des opérations menées par les Directions provinciales de l'aéronautique, il est conseillé d'envisager la possibilité de développer une réglementation spécifique régissant tant leurs opérations que les 19 systèmes de formation, documents et l'organisation des structures ; afin de standardiser l'activité au niveau national.

4.2 À l'organisation

4.2.1 Les opérations doivent être analysées, planifiées et exécutées dans un cadre réglementaire, qui sera le guide, de telle manière que toute évaluation individuelle de risque s'avérant inappropriée (comme cela peut se passer lors de la planification et de la préparation d'un vol) se révélera immédiatement être un détournement des paramètres de sécurité établis par lesdits documents. Dans ce cas, le risque serait automatiquement considéré comme inacceptable et l'opération serait planifiée à nouveau et/ou annulée. Le pilote ne constitue pas l'unique élément du contexte opérationnel ; c'est la raison pour laquelle le critère permettant de relier les actions ou inactions opérationnelles de l'accident dans le contexte organisationnel a été adopté. Compte tenu de ce qui précède, il est conseillé : 1. De créer une structure indépendante du transport terrestre, avec un personnel de gestion suffisamment qualifié en charge de la planification, de l'exécution et du contrôle des opérations aériennes

(opérationnelles et d'entretien), l'instruction et la formation du personnel. 2. De développer un Manuel d'opérations qui couvre la portée de leurs opérations. 3. De mettre en œuvre un Système de sécurité (SMS) approprié pour leur organisation et leurs types d'opérations. 4. De mettre en place un Programme d'instruction compatible avec les exigences opérationnelles, y compris les plus complexes. 5. D'inclure dans le Manuel d'opérations les Procédures standardisées d'opération (SOP). »

1.18.5 Exigences d'opération

Sur le lieu du décollage il n'y avait pas de services d'assistance (pompiers et ambulances). Cependant, conformément à la RAAC Partie 91 – *Règles de vol et d'opération générale*, Annexe H – *Procédures générales pour les hélicoptères et règles générales de vol*, ce qui suit s'applique :

14. Opérations de vol (a) Installations et services appropriés : Le pilote a aux commandes n'effectuera pas de vol à moins d'avoir déterminé au préalable par tous les moyens raisonnables dont il dispose que les installations et services terrestres et/ou maritimes disponibles et requis nécessairement au cours de ce vol, et pour l'exploitation de l'hélicoptère, que les conditions de sécurité sont appropriées, y compris les installations et services de communication et les aides à la navigation.

1.18.7 Autres témoignages

L'enquête a permis d'obtenir l'avis de pilotes d'une entreprise privée qui ont réalisé des vols similaires en Patagonie, avec l'équipe de tournage qui a participé aux vols qui ont conduit au présent accident, une semaine avant cet accident.

Les pilotes interrogés ont déclaré que les caméramans effectuaient parfois des observations pendant le vol, demandant des manœuvres spécifiques, tout en faisant des commentaires sur la position que les aéronefs devaient adopter.

1.18.8 Formation du personnel d'appui

L'enquête n'a pas pu prouver que les caméramans et le personnel au sol auraient reçu des informations sur des questions de sécurité basiques qui auraient pu les alerter sur les spécificités et les nécessités opérationnelles.

1.18.9 Consignes de navigabilité (AD) émises par les autorités étrangères de l'aviation

1.18.9.1 La AAC 39 – *Consignes de navigabilité*, Sous-partie C, 39.15 établit que les consignes de navigabilité considérées comme exécutoires par l'autorité de l'aviation civile du pays de l'organisation qui possède le certificat original en

cours de validité seront considérées comme les consignes de navigabilité argentines.

1.18.9.2 Dans le cas des aéronefs impliqués dans l'accident, l'État de conception des deux hélicoptères et de leurs moteurs est la France. Les deux aéronefs étaient inscrits au Registre national des aéronefs de la République argentine et ils étaient immatriculés en Argentine. Par conséquent, les AD émises par l'*Agence européenne de la sécurité aérienne* (AESA) s'appliquaient ainsi que celles de l'ANAC auxquelles ils étaient soumis.

1.18.9.4 En ce qui concerne le LQ-CGK, la comparaison de la liste des AD émises par l'AESA avec les informations délivrées par le propriétaire met en évidence les divergences suivantes :

- Registre de conformité de la AD AESA 2009-0256. Le document présenté indique que celle-ci a expiré le 31 octobre 2014 ; cependant, cette AD a été remplacée par la AD AESA 2013-061 (cette AD n'est pas citée dans le document présenté), qui à son tour a été remplacée par l'EAD (*Consignes de navigabilité urgentes*) AESA 2013-0191E (cette AD n'est pas non plus citée ni analysée.)
- Registre de conformité de la AD AESA 2014-07-52. Cette AD émise par la FAA (Administration fédérale de l'aviation) adopte la EAD AESA 2014-0076E mais avec des différences au niveau des exigences.
- Registre de conformité de la AD AESA 05.10.2014. Cette AD émise par la FAA adopte la AD AESA 2013-0029 mais avec des différences au niveau des exigences.

1.19. Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Ce sont les techniques de recherche de routine qui ont été appliquées.

2. ANALYSE

2.1. Introduction

Le facteur déclencheur de cet accident a été, comme le montrent les informations obtenues au cours de l'enquête et leur analyse, le défaut d'appréciation des pilotes de la proximité ou du manque de séparation de leurs aéronefs respectifs. Ce manque d'appréciation a entraîné la collision aérienne des aéronefs sans aucune tentative de manœuvre évasive ou d'évitement.

Les limites auxquelles l'enquête technico-opérationnelle a été soumise, en raison du manque de dispositifs d'enregistrement de données protégées ou d'enregistrement de voix dans la cabine de pilotage, ont imposé la nécessité d'un effort d'analyse d'une importance capitale pour combler le manque de technologie. Cet effort, complété par des connaissances essentielles des facteurs humains, a permis de former un aperçu clair de la situation quant aux circonstances de l'accident : que s'est-il passé et comment cela s'est-il passé ? Ces aspects de l'enquête sont présentés dans la partie initiale de cette section d'analyse.

Une chose aussi importante que définir ce qui s'est passé et comment cela s'est passé est de définir pourquoi cela s'est passé ; c'est-à-dire les raisons profondes de l'accident. Pour cela, l'analyse des défenses et des facteurs systémiques sous-jacents aux circonstances qui ont provoqué l'accident est essentielle. Ces aspects de l'enquête sont présentés dans la partie initiale de cette section d'analyse.

2.1.2 Aspects opérationnels

L'environnement général de l'opération

L'opération des aéronefs avait été programmée pour réaliser un vol de tournage dans le cadre d'un concours sportif. Conformément à ce qui a été planifié, le vol consistait à réaliser un vol orbital initial sur la zone de décollage, pour ensuite se diriger vers un point final où les participants de l'émission télévisée devaient enfin descendre.

Le début de l'opération avait été programmé pour environ deux heures avant mais il a dû être reprogrammé en raison de facteurs météorologiques.

L'objectif des deux aéronefs était que le LQ-FJQ réalise des prises vidéo du LQ-CGK. Pour cela, à bord du LQ-CGK se trouvait un caméraman, sur le siège avant gauche avec le pilote, et dans le LQ-FJQ se trouvait un autre caméraman, qui devait réaliser les prises de vue du LQ-CGK, depuis la cabine de passagers avec la porte ouverte.

L'opération a été réalisée dans un environnement aride et poussiéreux situé dans une zone proche de la Précordillère des Andes, avec des températures ambiantes avoisinant les 32° C. En raison des caractéristiques propres à l'opération, en dehors d'un périmètre aéronautique formel, le terrain ne comportait pas de marques et références opérationnelles.

À bord de chaque aéronef se trouvaient les participants à un programme télévisé et un caméraman qui enregistrait les événements. Le manque de dispositifs d'enregistrement de données protégées ou de voix dans la cabine ne permet pas de formuler des conclusions catégoriques quant aux éventuelles distractions des pilotes en fonction de la présence des passagers et caméramans. Même si cela n'a pas pu être démontré, c'est une hypothèse plausible d'envisager que l'ambiance décrite dans la cabine ait pu contribuer de façon négative tant au niveau de l'acquisition visuelle de la trajectoire de vol de la part des pilotes qu'au niveau des communications.

Dans les deux aéronefs se trouvaient des caméramans dont l'objectif était d'obtenir les meilleures prises vidéo. Même si cela n'a pas pu être démontré, l'interrogation reste en suspens quant à savoir jusqu'à quel point l'impératif de tournage a généré de la pression sur les pilotes pour positionner les aéronefs dans les situations les plus favorables au tournage.

L'ambiance de la cabine du LQ-FJQ a subi une pollution encore plus élevée puisque l'aéronef avait la porte ouverte. Même s'il n'a pas été démontré qu'il y a eu un rapport direct avec l'accident, des éléments comme le bruit du moteur ajouté aux bruits dans la cabine et la position du caméraman debout dans la cabine qui réalisait les prises vidéo ont pu affecter la communication interne et la concentration des pilotes.

Il y a d'autres facteurs qui, même s'il n'a pas été déterminé avec certitude qu'ils étaient directement liés à l'événement, ont pu perturber les opérations. Le premier facteur est lié au vol à basse altitude. Ce type d'opération particulier demande une grande concentration de la part des pilotes, qui doivent diviser leur attention entre le contrôle interne de la cabine et le contrôle externe de l'environnement. Cela peut se traduire par une augmentation de la charge de travail qui peut provoquer une difficulté au niveau de la performance. L'opération qui a provoqué l'accident est représentative de ce type de situation, aggravée par le fait qu'il s'agissait d'une opération avec un pilote unique, et dans les conditions d'une éventuelle distraction exposées dans les paragraphes précédents.

Le second facteur est la possible pression temporelle en rapport avec la production de l'émission, dont la réalisation avait été retardée. Cela a pu contribuer au cumul de facteurs de pression potentielle déjà mentionnés, en raison de la nécessité de la réalisation rapide des prises aériennes.

Le manque d'appréciation des références visuelles est une donnée factuelle qui ressort clairement des registres d'enregistrement de l'accident, où nous constatons qu'aucun des deux aéronefs n'a tenté de réaliser de manœuvre évasive ou défensive devant la proximité de l'autre.

Contexte environnemental

Conditions dans la zone d'opération

Le lieu où se trouvaient les aéronefs était un lieu non signalé, dont l'aptitude opérationnelle a été donnée par l'exploitant conformément à l'exception pour les hélicoptères publics (RAAC 91 – Annexe H). Nonobstant ce qui précède, on a pu déterminer que la zone d'obstacles ne constituait pas une limite pour une opération normale.

Les documents obtenus et les entretiens réalisés démontrent que ni les services de secours ni les pompiers n'étaient présents dans la zone d'opération.

En raison du type de zone de décollage, d'atterrissement et d'opération, il n'y a pas eu de contrôle de la circulation aérienne ni de communications associées. Il n'y a pas d'élément sur les communications entre les aéronefs.

Acquisition visuelle – Concept de « voir et d'être vu »

Le concept de « voir et éviter » est une tactique pour séparer et éviter la collision entre les aéronefs.

Les observations à partir des vidéos et les analyses réalisées établissent qu'il n'y a probablement pas eu d'acquisition visuelle entre les deux aéronefs jusqu'au moment précédent l'impact.

Les deux facteurs suivants auraient pu porter atteinte à l'application effective du concept de « voir et éviter » :

- Travail interne de cabine (cabine polluée) ; et
- Limitation de la visibilité externe du pilote depuis la cabine.

Manœuvres d'évitement

Environ 12,5 secondes sont nécessaires pour reconnaître un aéronef qui s'approche, évaluer la situation et effectuer la manœuvre évasive. Ces temps varient selon les personnes ; chez les plus expérimentées et chez les plus âgées, le temps peut être supérieur à cette valeur.

Les caractéristiques de cette collision suggèrent que les pilotes n'ont pas eu le temps suffisant pour effectuer les manœuvres d'évitement.

Rapprochement entre les aéronefs et vitesse relative lors de la collision

L'analyse de l'accident indique que la vitesse de rapprochement entre les aéronefs était de 40 kt, ce qui a provoqué un impact avec une énergie cinétique correspondant à la vitesse relative citée, entraînant des dommages significatifs et importants sur les aéronefs.

Analyse des éléments envoyés au BEA (France)

Les éléments des épaves des aéronefs envoyés au BEA n'ont pas apporté de preuves supplémentaires sur leur fonctionnement au moment de l'accident.

Rapport de contribution du BEA

Le rapport préliminaire du BEA en conclut qu'il n'y a aucune preuve sur les problèmes techniques avant l'impact.

Analyse du BEA sur la trajectoire des aéronefs et le fonctionnement des moteurs

L'analyse de la vidéo permet de constater que 6 secondes avant la collision le LQ-FJQ a effectué un virage vers la gauche dont la trajectoire interfère avec celle du LQ-CGK.

L'analyse spectrale des données audio des 2 enregistrements vidéo n'a montré aucune anomalie liée aux systèmes de propulsion des deux aéronefs.

2.1.3 Analyse de la réglementation

Le contexte réglementaire

La prise en compte de l'environnement réglementaire est d'une importance particulière dans l'analyse de cet accident. La réglementation est une défense fondamentale du système aéronautique. Une analyse dans le cadre de la réglementation spécifique qui s'applique à un type de registre d'aéronefs (aéronefs publics), et son extension aux circonstances de cet accident, suggère qu'un décalage entre la conception de cette réglementation et son application dans la pratique est devenu un facteur systémique dans la genèse de l'accident.

Le cadre réglementaire des opérations des directions provinciales de l'aviation

La Convention sur l'aviation civile internationale (Convention de Chicago), dont la République argentine est signataire, indique dans son article 3 :

Aéronefs civils et d'État

- a) *La présente Convention s'applique uniquement aux aéronefs civils et non pas aux aéronefs d'État.*
- b) *On considère comme aéronefs d'État ceux qui sont utilisés dans les services militaires, de douane ou de police.*

La République argentine transpose ce principe dans l'article 2.339 de la loi N° 340 (Code civil de la République argentine) et dans l'article 37 de la loi N° 17.285 (Code de l'aéronautique de la République argentine), conformément auquel « *les aéronefs sont publics ou privés ; les aéronefs publics sont ceux qui sont destinés au service du pouvoir public, les autres sont privés même s'ils appartiennent à l'État* ».

Le système juridique aéronautique argentin présume que les aéronefs publics seront utilisés par les propriétaires respectifs en fonction de l'intérêt commun, du bien-être général et/ou du service communautaire. Ce qui précède comprend les tâches telles que, par exemple, l'assistance médicale, la sécurité publique, la prévention ou la répression du délit, l'aide de la justice, la salubrité publique, le transfert pénitencier, le cadastre, la protection de l'économie et le contrôle de l'évasion fiscale. C'est la raison pour laquelle les aéronefs publics peuvent déroger aux règles de circulation aérienne et d'opération générale prévues pour les autres aéronefs. En outre, ils sont insaisissables, imprescriptibles et inaliénables comme tout bien du domaine public de l'État. Cela implique des avantages économiques et fiscaux pour l'acquisition de matériels, équipements et pièces de rechange pour l'entretien.

Pour rendre la différence entre les aéronefs publics et privés flagrante, le Décret N° 4.907/73, règlement du Registre national des aéronefs, ordonne dans son article 12 l'adoption de préfixes d'identification nationale différents pour les uns et les autres. Les aéronefs privés sont identifiés par des immatriculations commençant par les lettres « LV » alors que les aéronefs publics sont enregistrés avec les préfixes d'immatriculation « LQ ».

Dans la transposition de l'article 3 de la Convention de Chicago à la législation nationale, le Code de l'aéronautique de la République argentine s'écarte de manière subtile du principe étayé par celui-ci pour la classification d'un aéronef comme public ou privé, au moment d'appliquer un critère basé sur l'utilisation donnée à l'aéronef sans tenir compte de son préfixe d'identification (LV ou LQ). La règle se fixe l'objectif fonctionnel pour considérer un aéronef comme public ou privé : un aéronef est public uniquement lorsqu'il est destiné au service du pouvoir public. Lorsque ce n'est pas le cas, l'aéronef n'est pas considéré comme « public », même si l'aéronef en question appartient à l'État, ses services ou organismes associés. Conformément au Code de l'aéronautique, ce

n'est pas la qualité ou la situation du propriétaire qui détermine la classification des aéronefs, mais l'objectif spécifique auquel il est destiné³.

Ce qui précède a une signification pratique importante dans l'application du cadre réglementaire : lorsqu'un aéronef, indépendamment de son préfixe d'identification ou de l'organisme propriétaire, réalise des opérations qui ne sont pas destinées au service du pouvoir public, il doit être exploité en vertu du cadre réglementaire appliqué aux aéronefs privés pour l'opération en question. Les deux aéronefs impliqués dans l'accident analysé étaient enregistrés en tant qu'aéronefs publics. C'est le cas pour les aéronefs appartenant aux directions provinciales de l'aviation au sein de la République argentine. Les règles applicables aux aéronefs publics sont, entre autres, la RAAC 1 (Définitions), la RAAC 18 (Transport de marchandises dangereuses), la RAAC 61 (Licences pour les pilotes), la RAAC 63 (Licences pour les autres membres d'équipage qui ne sont pas pilotes), la RAAC 67 (Certification médicale) et la RAAC 91 (Règles de vol et d'opération générale).

Les dispositions de la RAAC 91 ont un intérêt particulier dans cet accident, compte tenu du fait qu'elles ont des exigences différentes de celles de la RAAC 135, qui seraient les règles équivalentes applicables aux aéronefs comme ceux impliqués dans l'accident, s'ils avaient été enregistrés comme privés et destinés au transport non régulier ou aux travaux aériens (avec l'immatriculation LV).

Ainsi, les aéronefs impliqués dans l'accident, n'étant pas destinés selon leur enregistrement à l'aviation commerciale, n'étaient pas soumis ni dans l'obligation de respecter les conditions d'aptitude, de disposer desdits manuels d'opérations, de respecter les conditions d'entraînement, de disposer des équipements minimum et autres exigés aux aéronefs privés enregistrés comme étant destinés à l'aviation aérienne commerciale.

De fait, la situation présentée dans le système de l'aviation civile argentin est que les aéronefs enregistrés comme publics réalisent des opérations aériennes indépendantes de cette condition, dans des conditions réglementaires beaucoup plus laxistes que celles exigées aux aéronefs similaires qui réalisent des opérations similaires mais enregistrés comme privés.

Ce qui précède est un facteur systémique avec un éventuel préjudice pour la sécurité. Ceci est dû au fait que la mise en œuvre et le respect des règles et procédures (une défense fondamentale de tout système aéronautique) qui dépassent les plus simples et les plus basiques applicables aux aéronefs publics dépend, en grande partie, de la volonté de leur adoption de la part des organisations qui les exploitent, sans caractère obligatoire ni contrôle de la part de l'autorité aéronautique, puisque ces aéronefs ne sont pas déclarés comme étant destinés à des opérations commerciales.

³ Au moment d'approver le Code de l'aéronautique de la République argentine, l'État a émis la notification d'asymétrie correspondante à l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), n'affectant pas l'application harmonique de la Convention de Chicago.

Il existe un panorama dissemblable dans le cadre des opérations des directions provinciales de l'aviation. Dans certains cas, dans une même direction provinciale des aéronefs LV se trouvent avec des aéronefs LQ. Certaines directions ont certifié leur aviation provinciale conformément à la RAAC 135, avec des critères et des règles de sécurité appropriés pour le transport de passagers, le service de transport aérien sanitaire et autre, alors que d'autres ne l'ont pas fait. Il s'agit de conserver les aéronefs avec l'immatriculation publique en raison de la flexibilité que cela permet quant aux exigences fiscales, aux exigences réglementaires et aux contrôles de la part de l'autorité aéronautique.

La conclusion de ce qui est susmentionné est sans équivoque : les aéronefs impliqués dans l'accident, leur opération et leurs équipages auraient dû respecter les conditions établies par la RAAC 135 pour l'opération spécifique qu'ils réalisaient. Cette situation de fait, récurrente dans le système aéronautique argentin, a conduit à un scénario dans lequel les aéronefs et les équipages ont été employés pour des activités hors du spectre de leur certification réglementaire, affaiblissant le rôle de la réglementation comme défense essentielle de la sécurité.

Dans l'accident analysé, deux aéronefs, dont le préfixe d'identification publique (LQ) suppose leur exploitation pour le service de la communauté, ont été utilisés pour fournir la logistique et le soutien aérien d'un tournage à caractéristiques purement privées. L'opération à laquelle étaient destinés les aéronefs est clairement précisée dans l'article 132 du Code de l'aéronautique et son Décret réglementaire 2836/7 comme Travail aérien. Conformément à cette règle, ces activités peuvent uniquement être réalisées par les entreprises autorisées par l'autorité d'application au moyen de l'envoi du Certificat d'exploitant de travail aérien (CETA) correspondant. Cette condition n'a pas été respectée lors de l'opération qui a provoqué l'accident, constituant ainsi un facteur systémique qui a contribué à l'accident.

Réglementation applicable au vol en formation

Les vols qui ont provoqué l'accident étaient des vols en formation. La RAAC 91.111 (a) et (b), établit que le vol rapproché entre deux aéronefs ne doit pas être réalisé à une distance inférieure à 150 m. La RAAC 91.111 (c) et (d) autorise les vols en formation mais établit, entre autres, les considérations suivantes avant leur réalisation :

- Les pilotes qui réaliseront le vol doivent signer un accord ;
- L'accord signé doit être remis à l'autorité aéronautique ; et
- Il est interdit de réaliser des vols en formation avec des passagers à bord.

Les éléments de l'enquête indiquent que les dispositions de la RAAC 91.111 n'ont pas été respectées.

3. CONCLUSIONS

3.1 Faits établis

3.1.1 Au moment de l'impact au sol les moteurs des deux hélicoptères étaient à pleine puissance.

3.1.2 Il n'y a aucune preuve de problème technique dans aucun des deux hélicoptères pouvant avoir contribué à l'accident.

3.1.3 L'aéronef LQ-CGK ne répondait pas aux conditions de navigabilité conformément à la RAAC 39, étant donné qu'il n'a pas respecté les AD en vertu de la RAAC 39.15. Le non-respect des AD n'a pas eu d'influence sur le déclenchement de l'accident.

3.1.4 Les masses et centrages des deux hélicoptères respectaient les limites opérationnelles spécifiées dans leurs manuels de vol respectifs.

3.1.5 Les pilotes étaient titulaires des licences aéronautiques et possédaient les certificats médicaux aéronautiques pour réaliser les vols.

3.1.6 Les pilotes avaient l'expérience de vol nécessaire pour pouvoir réaliser des opérations aériennes en hélicoptères.

3.1.7 Aucun dossier de formation des pilotes pour les vols en formation comme celui qui a provoqué l'accident n'a été trouvé.

3.1.8 Les conditions météorologiques n'ont pas eu d'incidence sur la performance des aéronefs ni sur l'accident.

3.1.9 Le vol a été réalisé à basse altitude, avec une proximité entre les aéronefs pour le tournage.

3.1.10 Même si cela n'a pas pu être établi avec certitude, la position relative des aéronefs par rapport au soleil aurait pu provoquer l'éblouissement du pilote du LQ-CGK.

3.1.11 Au moment de l'abordage, le LQ-CGK se trouvait dans un angle mort du pilote du LQ-FJQ.

3.1.12 Il n'a pas pu être établi avec certitude s'il y a eu des facteurs de distraction dans la cabine qui auraient contribué à l'accident.

3.1.13 Il y a des antécédents d'opérations similaires, dans lesquelles les caméramans ont agi, de manière non intentionnelle, comme un facteur de distraction dans la performance des pilotes.

3.1.14 Le vol qui a provoqué l'accident avait été retardé. Il n'a pas pu être établi avec certitude si le retard a généré de la pression dans la réalisation du vol et la prise de vidéos de la part de la production de l'émission télévisée ayant pu contribuer à une perte d'attention.

3.1.15 Les trajectoires de croisement des aéronefs n'ont pas été détectées par les pilotes.

3.1.16 On a vu aucun des deux pilotes réaliser une manœuvre évasive avant l'impact.

3.1.17 Aucun signe d'incapacité d'origine médicale chez les pilotes qui aurait pu avoir une influence sur l'accident n'a été constaté.

3.1.18 Les vols réalisés par les pilotes au cours des jours précédents ne laissent supposer aucune fatigue opérationnelle comme étant un facteur ayant contribué à l'accident.

3.1.19 Les pilotes étaient habitués au climat du lieu et connaissaient la géographie du lieu de l'opération

3.1.20 Aucun des aéronefs n'était limité dans sa performance au niveau de la masse et de l'altitude pression de l'opération au moment de l'accident.

3.1.21 On n'a trouvé aucun registre de procédures internes délivré par les organisations propriétaires des aéronefs sur l'entraînement spécifique aux tâches que réalisaient les équipages au cours des vols qui ont conduit à l'accident.

3.1.22 L'opération des aéronefs qui a entraîné l'accident ne faisait pas partie du spectre des opérations autorisées par leur certification réglementaire.

3.1.23 L'exploitation des aéronefs publics lors d'opérations dont la réalisation exige la certification en tant qu'aéronefs privés, sans obtenir la certification, n'est pas inhabituelle dans le système aéronautique argentin.

3.1.24 Il existe des recommandations de sécurité émises par la JIAAC liées à la nécessité d'établir des réglementations spécifiques pour l'opération, l'entraînement et la gestion de la sécurité des directions provinciales de l'aéronautique.

3.2 Conclusion de l'analyse

Lors d'une opération caractérisée comme travail aérien, qui comprenait le transport de passagers et des activités de tournage air-air, une collision en vol s'est produite entre les deux aéronefs participants. La collision est due à la combinaison des facteurs suivants :

- La localisation de l'hélicoptère qui filmait (LQ-FJQ), du côté « extérieur », dans le parcours des deux aéronefs, qui a limité de manière significative le contact visuel du pilote qui devait évoluer en vol pour pouvoir filmer l'objectif (LQ-CGK) ;
- Le manque d'un mécanisme formel d'évaluation de risques de sécurité opérationnelle pour une opération inhabituelle (tournage et vol rapproché), ce qui n'a pas permis l'identification et l'analyse des dangers inhérents à une telle opération, et l'adoption d'actions d'atténuation, condition non requise par la réglementation en vigueur.
- Des lacunes dans la planification de l'opération qui a conduit à l'accident, y compris le fait de ne pas avoir assuré l'utilisation du concept « *voir et être vu* » ou de ne pas avoir effectué de manœuvre évasive en cas de perte de contact visuel entre les deux aéronefs ;
- L'absence de procédures formelles en accord à la nature des opérations réalisées;
- L'utilisation d'aéronefs dont le préfixe d'identification public ne suppose pas de fournir la logistique et le soutien aérien d'un tournage à caractéristiques purement privées.
- L'ambiguïté dans le respect de la réglementation en rapport avec les opérations aériennes des aéronefs publics ; et

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

4.1. Aux directions provinciales de l'aéronautique

Note.- Ces recommandations sont destinées à toutes les directions provinciales de l'aéronautique de la République argentine et non pas exclusivement à celles qui sont impliquées dans l'accident.

- Développer un Manuel d'opérations (MO) qui présente les règles nécessaires pour que toutes les activités de vol d'une direction provinciale de l'aéronautique soient planifiées et réalisées, selon leur nature, en respectant des politiques formellement établies par la direction provinciale, et les conditions de sécurité et la formation du personnel qui sont les normes de l'industrie aéronautique.
- Inclure dans le MO des procédures normalisées d'opération (SOP) qui fournissent des informations sans ambiguïté des attentes de l'organisation sur la façon dont doivent être développées les opérations aériennes, selon leur nature.
- Établir un mécanisme formel qui garantit que, à chaque fois que l'on planifie une opération qui dépasse le cadre des opérations considérées comme des opérations de routine pour une direction provinciale de l'aéronautique, une évaluation du risque de sécurité est réalisée pour établir les règles et atténuations selon lesquelles l'opération en question est réalisée.

4.2. À l'Administration nationale de l'aviation civile (ANAC)

- Développer un cadre réglementaire qui impose l'obligation aux directions provinciales de l'aéronautique lorsque l'exploitation de leurs aéronefs est régie par l'article 132 du Code de l'aéronautique et son Décret réglementaire 2836/71 en tant que Travail aérien, que les aéronefs soient exploités dans le cadre de la réglementation établie par la RAAC 135, quel que soit son registre, et conformément à l'article 37 de la loi N° 17.285 (Code de l'aéronautique de la République argentine),
 - Adopter les mesures nécessaires pour la supervision et le contrôle du respect de la nouvelle réglementation, une fois mise en œuvre.
-