

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air S-2016-009-A

Date de l'évènement	1^{er} août 2016
Lieu	Ajaccio (2A)
Type d'appareil	Canadair CL 415
Immatriculation	F-ZBEU / n° 2024
Organisme	Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
Unité	Base d'avions de la sécurité civile - Détachement d'Ajaccio

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC)

Photos :

- Page 7 : *Google Earth*
- Page 14 : DGSCGC
- Pages 15 à 18 : BEAD-air
- Page 24 : BEAD-air
- Page 25 : BEAD-air et DGA TA

Illustrations :

- Page 12 : Service de l'information aéronautique (SIA)
- Page 13 : BEAD-air
- Pages 20 et 21 : BEAD-air
- Pages 26 à 28 : BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	9
1.3. Dommages à l'aéronef.....	9
1.4. Autres dommages.....	9
1.5. Renseignements sur le personnel.....	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef.....	10
1.7. Conditions météorologiques.....	12
1.8. Aides à la navigation.....	12
1.9. Télécommunications.....	12
1.10. Renseignements sur l'aérodrome.....	13
1.11. Enregistreurs de bord.....	14
1.12. Renseignements sur la zone de l'évènement et sur l'aéronef.....	15
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques.....	19
1.14. Incendie.....	20
1.15. Questions relatives à la survie des occupants.....	20
1.16. Essais et recherches.....	20
1.17. Renseignements sur les organismes.....	20
1.18. Renseignements supplémentaires.....	21
1.19. Techniques spécifiques d'enquête.....	22
2. Analyse	23
2.1. Expertises techniques.....	23
2.2. Séquence de l'évènement.....	27
2.3. Recherche des causes de l'accident.....	29
3. Conclusion	35
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement.....	35
3.2. Causes de l'évènement.....	35
4. Recommandations de sécurité	37
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement.....	37
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement.....	39

GLOSSAIRE

BASC	base d'avions de la sécurité civile
BMA	bureau des moyens aériens
CCASC	centre de coordination avancé de la sécurité civile
CMM	<i>component maintenance manual</i> (manuel de maintenance d'un composant)
CPL (A)	<i>commercial pilot licence (airplane)</i> (licence de pilote professionnel – avion)
CVR	<i>cockpit voice recorder</i> (enregistreur de conversation)
DGA EP	direction générale de l'armement - essais propulseurs
DGA TA	direction générale de l'armement - techniques aéronautiques
DGSCGC	direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
EAC	école de l'aviation de chasse
FDR	<i>flight data recorder</i> (enregistreur de paramètres)
IR ME	<i>instrument rating multi engines</i> (vol aux instruments multi-moteurs)
kts	<i>knots</i> (nœuds)
lbs	<i>pounds</i> (livres)
OACI	organisation de l'aviation civile internationale
OSA	officier de sécurité aérienne
PCB	pilote commandant de bord

SYNOPSIS

Date de l'évènement : 1^{er} août 2016 à 19h50
Lieu de l'évènement : aéroport d'Ajaccio Napoléon Bonaparte
Organisme : direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC)
Commandement : bureau des moyens aériens (BMA)
Unité : base d'avions de la sécurité civile (BASC) de Marignane
Aéronef : Canadair CL 415
Nature du vol : lutte contre les incendies
Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le lundi 1^{er} août 2016, une patrouille de deux Canadair CL 415 doit décoller d'Ajaccio afin de participer à une action de lutte contre un incendie dans la région de Martigues (Bouches-du-Rhône).

L'avion leader débute son alignement depuis le taxiway F en réalisant un virage par la gauche. Lors de cette manœuvre, l'équipage ressent un affaissement de l'avion sur la droite et constate que l'appareil tombe sur le ballonnet droit.

L'avion est endommagé, l'équipage est indemne.

Composition du groupe d'enquête de sécurité :

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air) ;
- un directeur d'enquête adjoint du BEAD-air ;
- un enquêteur de première information (EPI) ;
- un pilote ayant une expertise sur Canadair CL 415 ;
- un mécanicien ayant une expertise sur Canadair CL 415 ;
- deux experts du service qualité de la direction générale de l'armement (DGA/SMQ/SQ) ;
- un médecin breveté de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- Direction générale pour l'armement – techniques aéronautiques (DGA TA).
- Direction générale pour l'armement – essais propulseurs (DGA EP).

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est informé par téléphone le 1^{er} août 2016 à 21h00 par l'officier sécurité des vols de la DGSCGC. Le groupe d'enquête se rend sur les lieux le lendemain.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : Pélican 42
Type de vol : CAG VFR¹
Type de mission : lutte contre les incendies
Dernier point de départ : aéroport d'Ajaccio
Heure de départ : 19h45
Point d'atterrissage prévu : aéroport de Marignane

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte du vol

Le pilote commandant de bord (PCB) et le copilote sont détachés à Ajaccio depuis le 31 juillet 2016. Le matin du 1^{er} août ils ont effectué une mission de guet aérien armé (avion doté de son chargement liquide) d'une durée de 3 heures.

1.1.2.2. Préparation du vol

Dans l'après-midi du 1^{er} août, le retour sur la base de Marignane de deux Canadair est programmé. Le PCB, chef de patrouille, étudie le trajet et analyse le retour sur Marseille-Marignane. Le choix est fait de prendre les CL 415 n° 2024 (Pélican 42) et n° 2002 (Pélican 31) sur les quatre présents.

1.1.2.3. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

Pélican 42 quitte son point de stationnement à 19h46, suivi de Pélican 31. Le centre de coordination avancé de la sécurité civile (CCASC) demande alors le concours d'une patrouille de deux bombardiers d'eau pour une mission de lutte contre un incendie à proximité de Martigues (13).

En raison de la proximité de l'objectif avec l'aéroport de Marignane, la préparation initiale du vol n'est pas remise en cause et le PCB accepte la demande d'intervention.

Pélican 42 passe par le « pélicandrome » et s'immobilise au point d'arrêt du taxiway Fox.

Un avion de type ATR 72-500 décolle devant lui à 19h48.

1.1.2.4. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Pélican 42 reprend le roulage à 19h49 et débute son alignement. Amorçant son virage à gauche, il franchit une rigole d'évacuation d'eau de ruissellement de la piste à une vitesse estimée par l'équipage de 10 km/h. Le train principal droit s'affaisse et le ballonnet de l'aile

¹ CAG VFR : circulation aérienne générale - *visual flight rules* (règles de vol à vue).

droite heurte le sol. L'aéronef est immobilisé sur la piste. Le deuxième avion s'arrête derrière lui.



Trajectoire estimée

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Corse du Sud (2A)
 - commune : Ajaccio
 - coordonnées géographiques : N 41°55,26' / E 008° 48,09'
 - altitude du lieu de l'évènement : 11 ft
- Moment : jour
- Aérodrome : Ajaccio Napoléon Bonaparte (LFKJ)

1.2. Dommages corporels

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	2	-	-

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
CL 415			X	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Commandant de bord

- Age : 60 ans
- Unité d'affectation : BASC
 - fonction dans l'unité : commandant de bord Canadair et chef de noria
- Formation :
 - qualification : pilote professionnel
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC) de Tours
 - année de sortie d'école : 1980
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont CL 415	sur tout type	dont CL 415	sur tout type	dont CL 415
Total (h)	8 043	1 558	79	79	29	29

- Date du vol précédent comme pilote : 1^{er} août 2016 sur CL 415
- Licence CPL (A)² :
 - type : IR ME³ – CL 415
 - date d'expiration : 30 novembre 2016

² CPL (A) : *commercial pilot licence (airplane)* (licence de pilote professionnel – avion).

³ IR ME : *instrument rating multi engine* (vol aux instruments sur multi-moteurs).

1.5.2. Copilote

- Age : 45 ans
- Unité d'affectation : BASC
 - fonction dans l'unité : copilote Canadair
- Formation :
 - qualification : pilote professionnel
 - école de spécialisation : EAC de Tours
 - année de sortie d'école : 1994
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont CL 415	sur tout type	dont CL 415	sur tout type	dont CL 415
Total (h)	4 600	76	75	72	12	12

- Date du vol précédent comme pilote : 1^{er} août 2016 sur CL 415
- Licence CPL (A) :
 - type : IR ME – CL 415
 - date d'expiration : 28 février 2017

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : DGSCGC
- Commandement organique d'appartenance : BMA
- Base de stationnement : détachement d'Ajaccio
- Unité d'affectation : BASC Marignane
- Type d'aéronef : Canadair CL 415 (certificat de type CL 215-6B11)
- Configuration : soutes à eau vides
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	CL 215-6B11 (CL 415)	2024	5 522	VA1 ⁴ : 20	VP ⁵ : 20
Moteur n°1	PTW123F	109052	5 550	RG ⁶ 2 528	HSI ⁷ : 1 075
Moteur n°2	PTW123F	109056	3 144	RG ⁶ 3 144	HSI ⁷ : 878

Le nombre d'atterrissages est de 4 607.

⁴ VA1 : visite annuelle de premier niveau (selon le manuel de maintenance).

⁵ VP : visite périodique.

⁶ RG : révision générale.

⁷ HSI : *hot section inspection* (inspection parties chaudes).

1.6.1. Maintenance

L'aéronef avait volé environ 20 heures depuis sa visite annuelle de type VA1. L'examen de la documentation technique témoigne que la périodicité du programme d'entretien en vigueur a été suivie.

Le composant du train d'atterrissage qui empêche son affaissement au sol est la contrefiche. L'historique reconstitué de celle endommagée, depuis sa fabrication en 1994, est le suivant :

Date	Heures de vol depuis		Cycles depuis		Opération réalisée
	neuve	révision	neuve	révision	
01/11/1994	0	0	0	0	Pose sur Pélican 37
05/10/2000	1 651	1 651	1 537	1 537	Dépose du P37
21/12/2000	1 651	1 651	1 537	1 537	Réparation
10/01/2001	1 651	1 651	1 537	1 537	Pose sur P37
04/10/2001	2 076	2 076	1 851	1 851	Dépose du P37
19/12/2001	2 076	0	1 851	0	Révision
04/01/2002	2 076	0	1 851	0	Pose sur P37
04/02/2008	3 928	1 852	3 206	1 355	Dépose du P37
03/04/2008	3 928	1 852	3 206	1 355	Pose sur P48
08/10/2010	4 516	2 440	3 658	1 807	Dépose du P48
09/02/2011	4 516	0	3 658	0	Révision
25/02/2011	4 516	0	3 658	0	Pose sur P42
01/08/2016	5 771	1 255	4 954	1 296	Accident

1.6.2. Performances

L'appareil est en configuration bombardier d'eau. La longueur de piste restante à l'endroit de l'alignement est suffisante.

1.6.3. Masse et centrage

- Masse maximale autorisée au roulage : 44 000 lbs.
- Masse maximale autorisée au décollage : 43 850 lbs.
- Masse estimée au moment de l'évènement : 36 431 lbs.

La masse et le centrage sont dans les limites spécifiées par le manuel de vol.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : OTAN F-35
- Quantité de carburant au roulage : 6 660 lbs
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 6 600 lbs

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

1.7. Conditions météorologiques

Les observations météorologiques sont les suivantes :

- à 19h30 : CAVOK⁸, vent de secteur 220° pour 6 kt, température de 25°C,
- à 20h00 : CAVOK, vent de secteur 230° pour 6 kt, température de 25°C.

La piste est sèche.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'évènement, l'équipage est en contact radio sur :

- VHF⁹ n°1 pour le dialogue inter-patrouille ;
- VHF n°2 avec la tour de contrôle d'Ajaccio ;
- FM¹⁰ avec le CCASC¹¹.

⁸ CAVOK : *ceiling and visibility OK* (absence de nuages en dessous de 5000 pieds ou de l'altitude de sécurité, sans phénomène aérologique remarquable et visibilité supérieure à 10 km).

⁹ VHF : *very high frequency* (très haute fréquence).

¹⁰ FM : fréquence modulée.

¹¹ CCASC : centre de coordination avancé de la sécurité civile.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

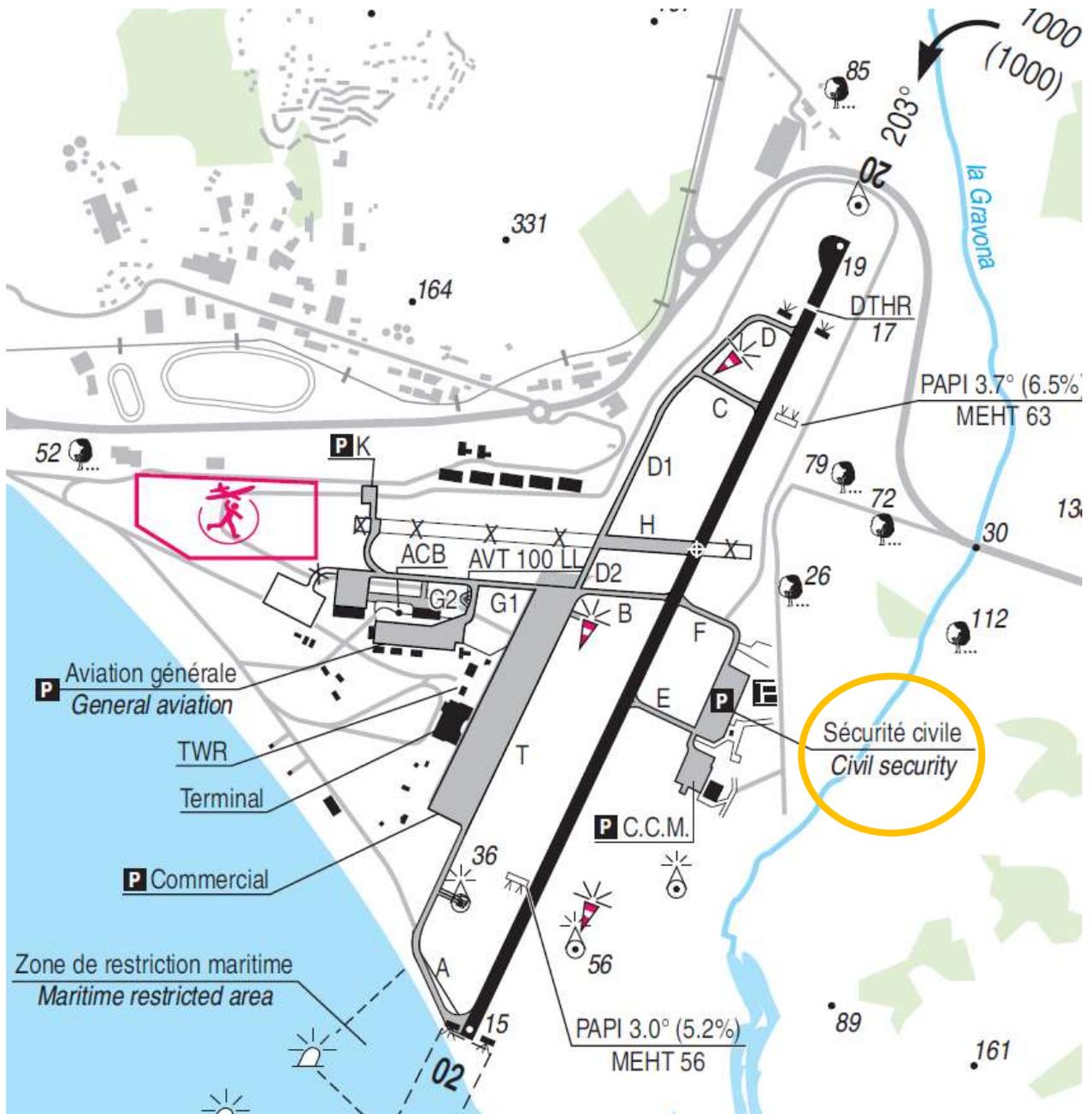
1.10.1. L'aérodrome

L'aérodrome d'Ajaccio Napoléon Bonaparte (LFKJ) est un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique (CAP). Il possède une piste de 2 400 mètres de long orientée 02/20 et d'une largeur de 45 m.

Le détachement d'Ajaccio dispose d'un parking réservé à l'est de la piste. Le taxiway F est utilisé quasi exclusivement par les aéronefs de la sécurité civile.

Le taxiway E est commun à la sécurité civile et au centre de maintenance de la société Air Corsica (ex C.C.M. : Compagnie Corse Méditerranée).

L'aéroport est équipé d'un système de vidéo-surveillance qui a enregistré l'évènement.



Carte de l'aérodrome d'Ajaccio

1.10.2. Jonction entre le taxiway F et la piste

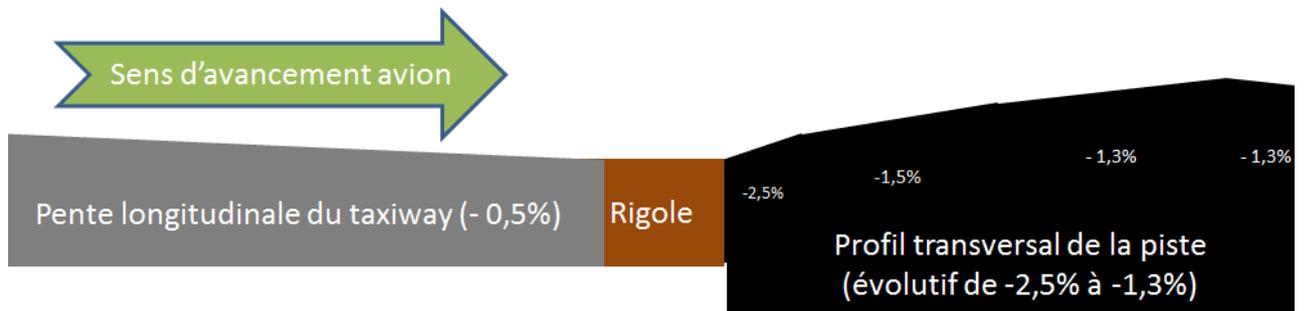
L'examen de la zone et les données recueillies montrent que la rigole (ou avaloir) d'évacuation des eaux de pluies est présente depuis 1954, lors de la création de la piste. Elle se situe à la liaison entre le taxiway et la piste.

Selon les données recueillies, la pente transversale de la piste, à cet endroit, est évolutif de -2,5% à -1,3%. La pente longitudinale du taxiway est de l'ordre de -0,5%.

Le changement de pente s'effectue donc selon un rayon de courbure de l'ordre de 1 100 m.

Cette situation existe depuis la refecton de la piste en 1982.

La schématisation est la suivante.



Schématisation du changement de pente à la jonction taxiway F et la piste

1.11. Enregistreurs de bord

L'avion CL 415 est équipé :

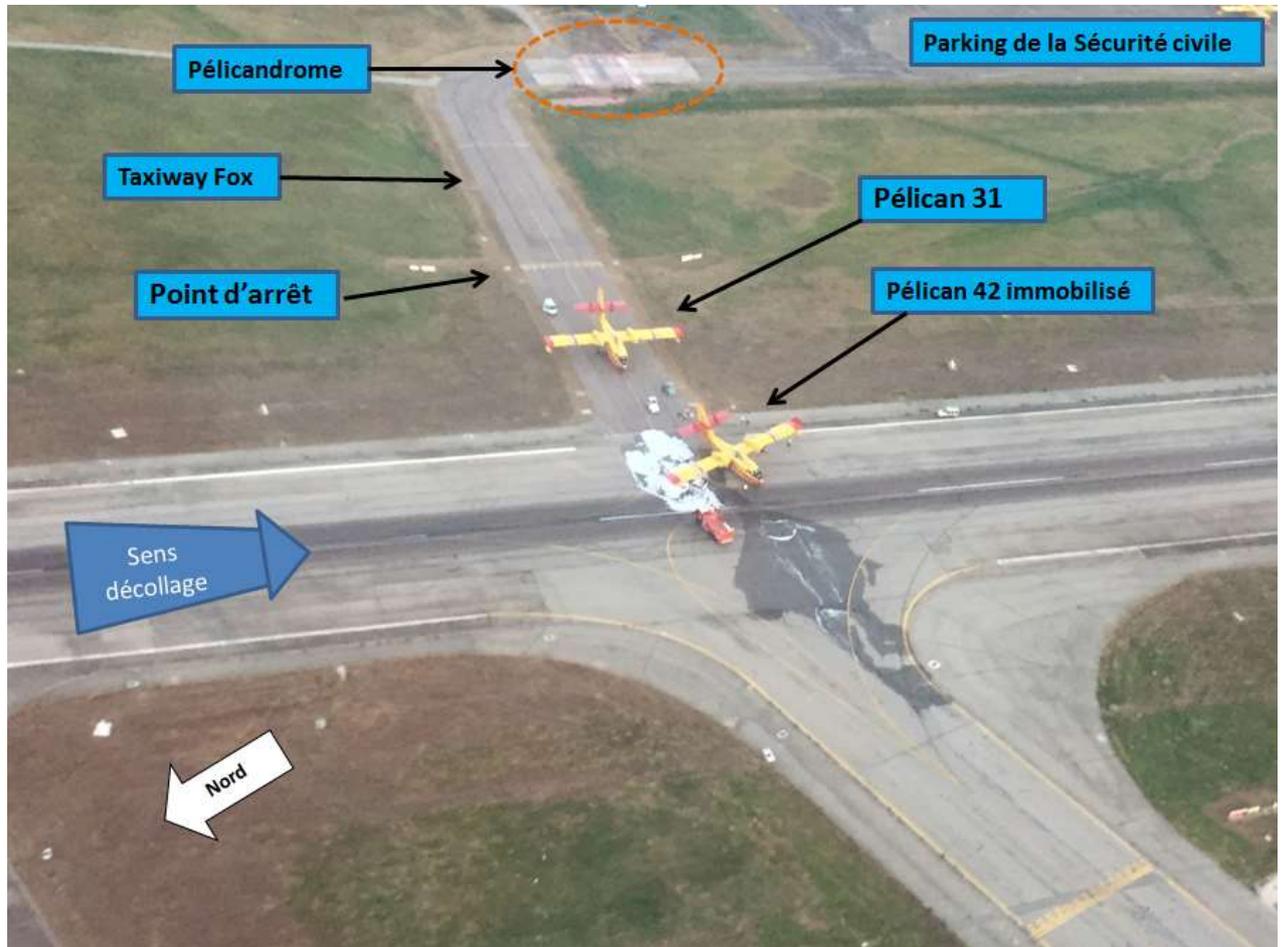
- d'un enregistreur de paramètres (*Flight Data Recorder* - FDR) de marque L3 COM - modèle FA 2200 ;
- d'un enregistreur de conversation (*Cockpit Voice Recorder* - CVR) de marque L3 COM - modèle FA 2100.

Les données de ces deux enregistreurs ont été extraites et exploitées par le département restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA). Les données de ces deux enregistreurs sont exploitables.

1.12. Renseignements sur la zone de l'évènement et sur l'aéronef

1.12.1. Examen de la zone

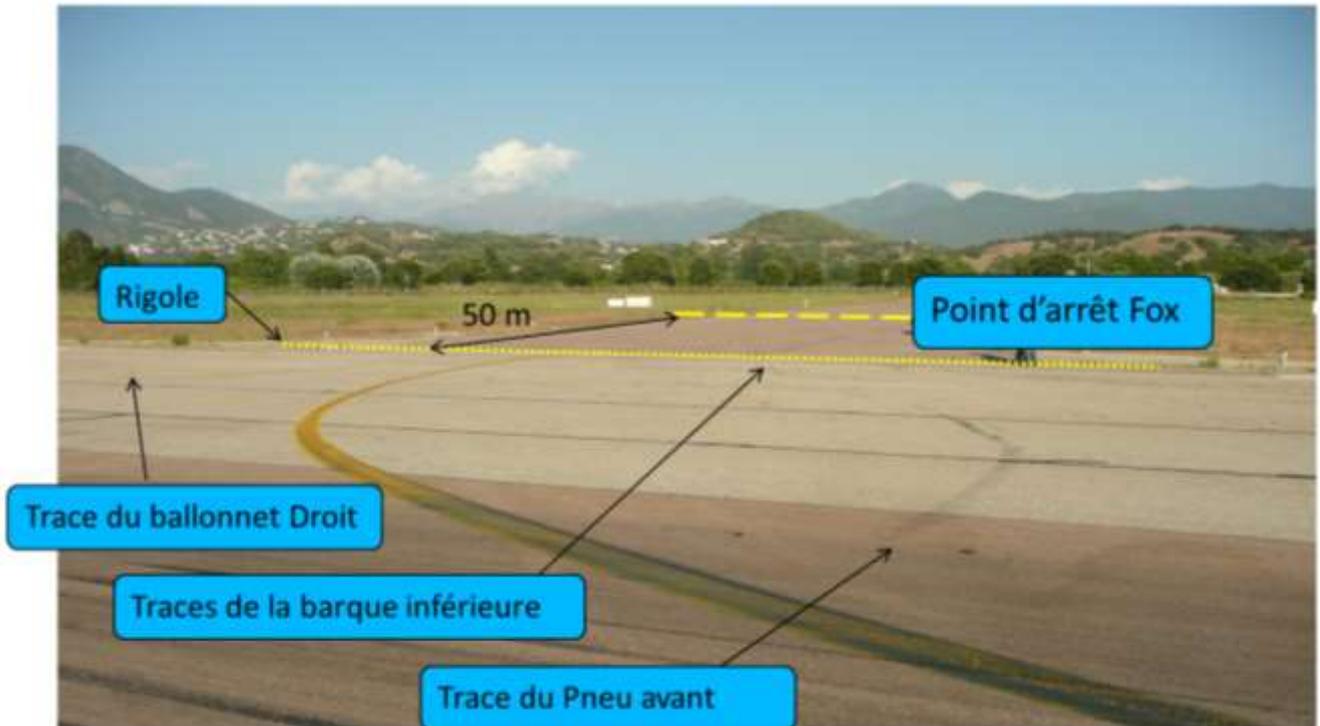
La zone de l'évènement se situe sur la partie gauche à environ mi-longueur de la piste 20 à l'intersection avec le taxiway Fox. L'avion s'est immobilisé au cap 280°.



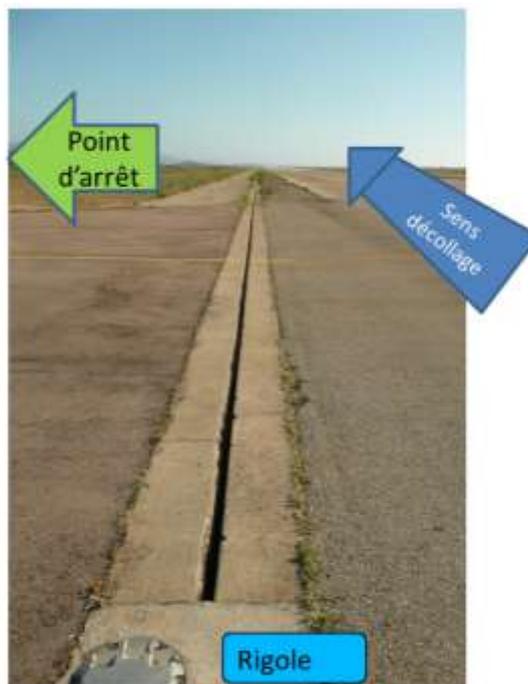
Vue aérienne de l'évènement

L'examen de la zone d'immobilisation de l'aéronef a permis les constats suivants :

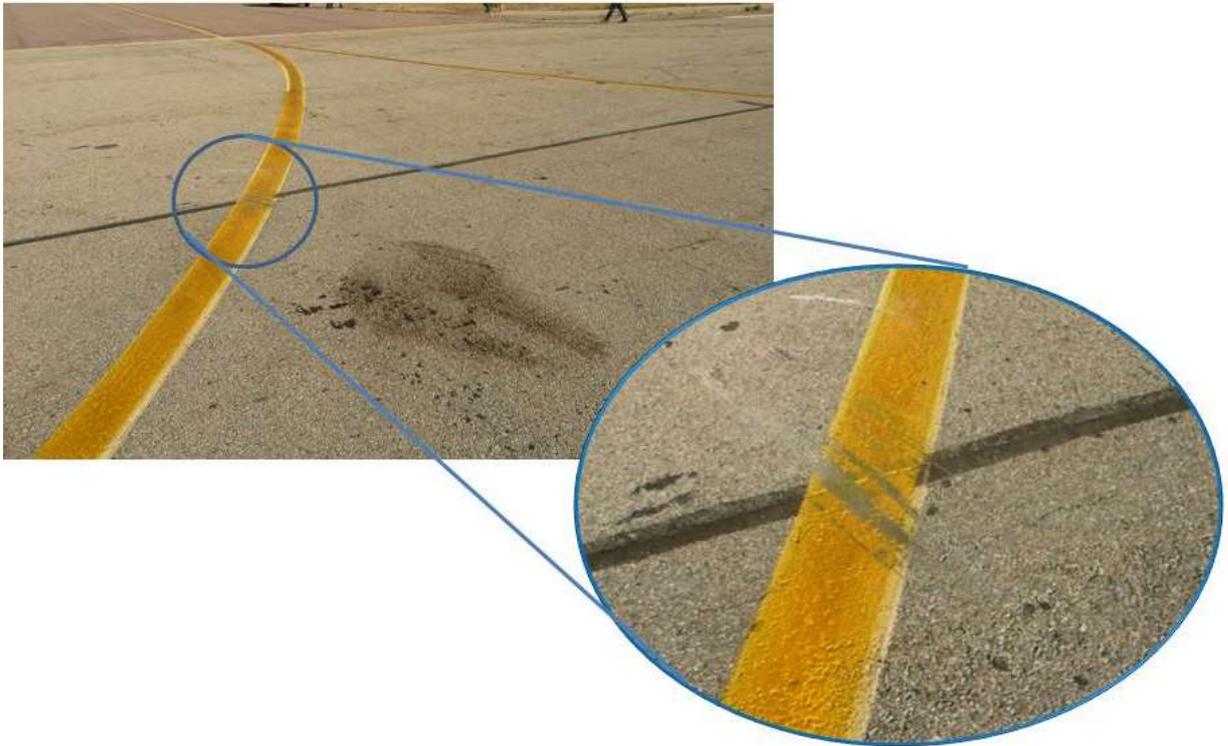
- la trace laissée par les pneumatiques du train avant montre que l'aéronef a effectué un pivotement vers la droite au cours de l'évènement ;
- les quelques traces de contact de l'aéronef avec le sol se situent après la rigole (dans le sens de déplacement de l'aéronef).



Vue générale de la zone d'immobilisation de l'aéronef



Vue détaillée de la rigole



Vue détaillée de la trace de contact du ballonnet droit



Vue détaillée des traces de contact de la barque inférieure

1.12.2. Examen de l'aéronef

Afin de libérer au plus vite la piste, et avant l'arrivée des enquêteurs, l'aéronef a été sommairement réparé au niveau de la jambe de train droit. Il a été relevé par une grue conformément à la procédure décrite dans le manuel de maintenance.

Il a ensuite été tracté jusqu'à un point de stationnement du parking de la sécurité civile.

Les endommagements de l'aéronef se situent :

- en partie basse, au niveau de la coque ;
- au niveau du train principal droit ;
- au niveau du ballonnet droit.



Positionnement des dégâts sur l'aéronef

Au niveau du train droit :

- les éléments constituant le système de verrouillage en position basse de la contrefiche (pions, roulements, cames) sont rompus ;
- les éléments (chapes, équerre) assurant la liaison entre le vérin de manœuvre du train et la cinématique inférieure du train sont rompus ;
- des débris sont présents dans la partie basse du compartiment du train.



Vue des endommagements au niveau de la jambe de train droite

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : certificat médical de classe 1¹² expertise en centre d'expertise de médecine aéronautique de Toulouse-Blagnac
 - date : 10 juin 2016
 - résultat : apte avec dérogation
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

1.13.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : certificat médical de classe 1 expertise en centre d'expertise médical du personnel navigant Sud (Marseille)
 - date : 25 janvier 2016
 - résultat : apte
 - validité : 1 an
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

¹² Classe 1 : conformément au règlement européen (UE) n° 1178/2011 du 3 novembre 2011 relatif à l'aptitude physique et mentale du personnel navigant technique professionnel de l'aéronautique civile (Part-MED).

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

Suite à l'affaissement du train, l'équipage a coupé les moteurs et les batteries, a suivi le chemin d'évacuation et est sorti par la porte arrière gauche après avoir installé l'échelle. L'inclinaison de l'aéronef n'a pas été une difficulté pour évacuer.

1.15.2. Organisation des secours

Les pompiers sont prévenus par la tour de contrôle à 19h50, soit moins d'une minute après l'évènement et sont arrivés sur place à 19h53.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Organisme d'exploitation

Le chef du BMA¹³ est le chef organique du groupement d'hélicoptères et de la base avions de la sécurité civile.

La BASC¹⁴ est dirigée par un chef de base.

Douze Canadair CL 415, neuf Tracker, deux Dash 8 et trois Beech 200 y sont mis en œuvre.

Elle dispose de 42 pilotes possédant la qualification de type CL 415 dont :

- 25 PCB (20 chefs de noria et 9 instructeurs aussi qualifiés chefs de noria) ;
- 17 copilotes.

L'officier de sécurité aérienne base (OSAB) est le conseiller du chef de base en matière de sécurité aérienne. Il est placé sous l'autorité du conseiller de sécurité aérienne du BMA.

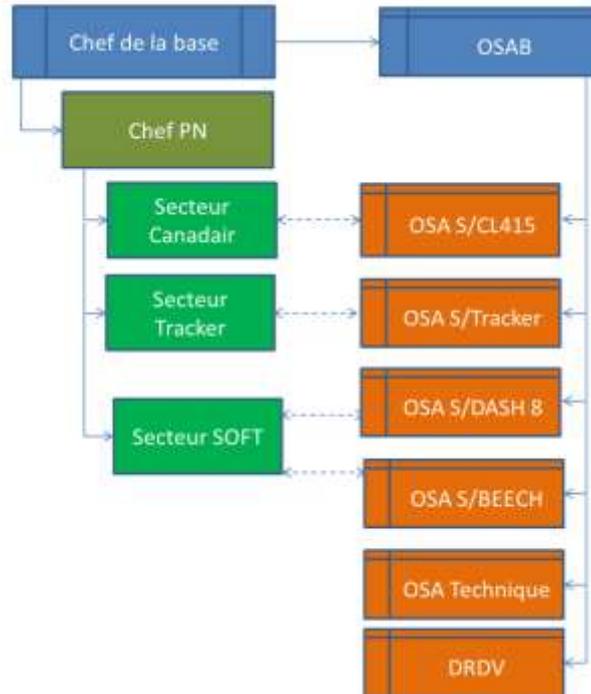
L'OSAB dispose de 4 OSA spécialisés par type d'aéronef, un OSA pour les aspects techniques et une cellule d'analyse systématique des vols dénommée DRDV (division de recueil des données de vol).

Les chefs de secteurs sont responsables de la sécurité aérienne dans leur secteur respectif.

¹³ BMA : bureau des moyens aériens.

¹⁴ BASC : base d'avions de la sécurité civile.

L'organigramme simplifié est présenté ci-dessous :



Organigramme simplifié de la BASC

La chaîne de la sécurité aérienne est encadrée par les deux textes suivants :

- les directives générales de la sécurité aérienne (DGSA) ;
- les consignes permanentes de la sécurité aérienne (CPSA).

Le détachement d'Ajaccio est une des trois bases temporaires activées durant la période estivale. Les règles générales de la BASC s'appliquent.

1.17.2. Organisme de maintenance

La maintenance du parc des avions Canadair CL 415 de la sécurité civile est assurée par la société SABENA Technics située sur l'aéroport de Nîmes au travers d'un marché public. Elle dispose d'un agrément FRA-145. La société HYDREP, basée sur l'aéroport de Dinard, est notamment chargée des opérations de réparation / révision des contrefiches au travers d'un marché de sous-traitance de droit privé avec SABENA Technics. Elle dispose d'un agrément EASA Part 145 et la contrefiche est inscrite dans la liste de ses capacités.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Certification du CL 415

L'avion CL 415 est une évolution de l'avion CL 215.

Le CL 215 (type certifié CL 215-1A10) est un avion bombardier d'eau équipé de moteurs à pistons et certifié selon le règlement *Federal Aviation Requirements FAR 25* du 1^{er} février 1965 et l'amendement 25-18 du 29 septembre 1968.

Le CL 415 (type certifié CL 215-6B11) est équipé de turbopropulseurs et certifié selon les mêmes règles que celles du CL 215 enrichies d'exigences supplémentaires incluant les amendements 25-1 à 25-61 et les chapitres sur la navigabilité.

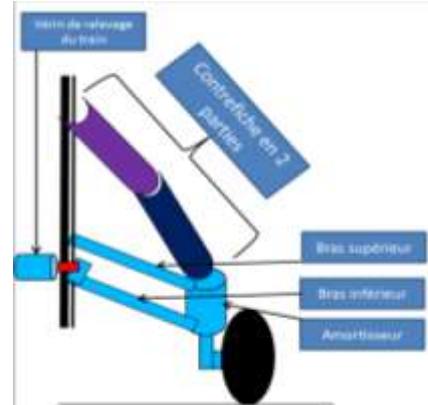
1.18.2. Historique des affaissements de train principal sur CL 215 et 415

Le constructeur Bombardier a déjà enregistré deux cas d'affaissement du train principal sur les avions CL 215. Aucun phénomène d'affaissement de train sur CL 415 n'a été identifié.

1.18.3. Descriptif du train d'atterrissage principal des avions CL 215 et 415

Le train d'atterrissage principal des avions CL 215 et CL 415 comporte les éléments schématisés ci-contre.

Nota : Les angles sont volontairement exagérés pour une meilleure compréhension.



<p>Au sol, lors du roulage, le verrouillage en position basse du train est assuré par un verrouillage géométrique par surextension. Il est assuré par un désalignement des deux parties de la contrefiche.</p>	<p>Verrouillage par surextension (angle > 180°)</p>
<p>En vol, pour la rétraction du train d'atterrissage, le déverrouillage de la position basse est assuré par un système hydro-mécanique (intégré dans la contrefiche) qui réalise un alignement des deux parties de la contrefiche suivi d'un désalignement opposé à celui du verrouillage.</p>	<p>Déverrouillage</p>
<p>Ensuite, le vérin de relevage assure la remontée du train jusqu'à sa position rentrée.</p>	<p>Relevage du train par vérin</p>

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

2. ANALYSE

L'analyse de cet évènement s'appuie sur les résultats de l'exploitation des enregistreurs de bord, des vidéosurveillances de l'aéroport, des expertises, des constatations et des témoignages recueillis. Elle se décompose en trois parties.

La première présente les résultats des expertises techniques, la deuxième décrit la séquence de l'évènement et la troisième vise à identifier les causes possibles de l'accident.

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Exploitation des enregistreurs de bord (*FDR* et *CVR*)

Les données issues du *FDR* montrent que :

- lors des vols précédents, l'aéronef n'a pas dépassé les valeurs de facteur de charge autorisées notamment lors des atterrissages,
- le jour de l'évènement :
 - o le roulage est réalisé :
 - à une vitesse inférieure à 20 kts¹⁵ (valeur seuil minimal enregistrée) ;
 - à une masse de l'ordre de 36 430 lbs ;
 - avec les soutes à eau vides ;
 - avec l'indication en continue du verrouillage en position basse des trois jambes de train.
 - o le passage de la rigole :
 - par le train avant est :
 - « visible » sur le paramètre « *Pitch* » par un passage de 0 à 2° ;
 - réalisé au cap 280 environ ;
 - par le train principal est :
 - « visible » sur le paramètre facteur de charge vertical, par une évolution de 0,9 à 1,2 g¹⁶ suivi d'une valeur de 0,6 g ;
 - réalisé au cap 270 environ.

Les données issues du *CVR* montrent que :

- le pilote en fonction vient de terminer un message de collationnement de clairance avec la tour de contrôle une seconde environ avant le passage de la rigole ;
- le microphone d'ambiance a enregistré trois bruits distincts et caractéristiques du passage de la rigole pour chaque jambe de train.

Le virage est débuté avant la rigole. Le passage de la rigole n'est pas réalisé simultanément par les deux roues du train principal. Un phénomène de compression/détente/compression est identifié au cours duquel la contrefiche se déverrouille.

¹⁵ kts : *knots* = nœuds.

¹⁶ g : valeur de l'accélération de la pesanteur ($\approx 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

2.1.2. Enregistrements de la vidéosurveillance de l'aéroport

L'exploitation des enregistrements vidéo a permis d'extraire les clichés suivants :



Montage chronologique des clichés issus de la vidéosurveillance

La vitesse calculée au moment du passage de la rigole est de l'ordre de 14 kts \pm 1 kt.
Le virage est débuté avant la rigole.

La vitesse de roulage est de 14 kts environ.

2.1.3. Expertise des éléments endommagés du train droit

Les expertises des éléments endommagés du train droit concernent :

- la chape du vérin de relevage de la jambe de train ;
- la contrefiche ou « *folding strut* ».

2.1.3.1 Expertise des éléments du vérin de relevage

Toutes les cassures du vérin de relevage sont de type statique¹⁷.

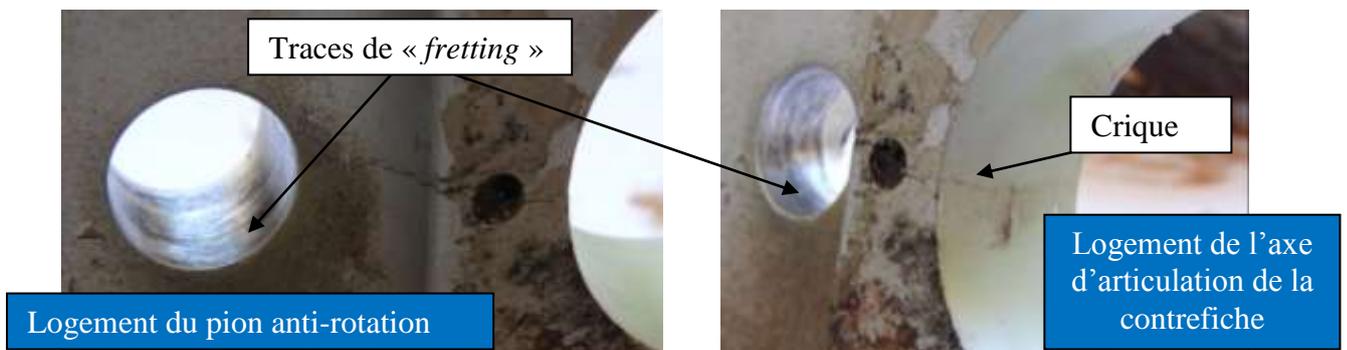
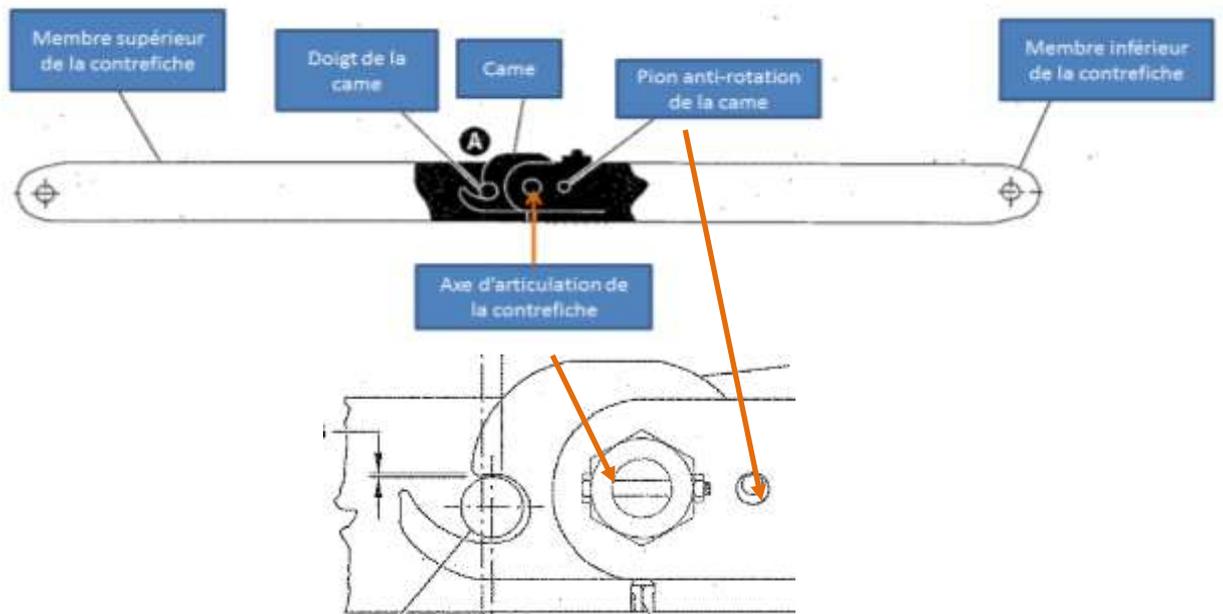
Les cassures des éléments du vérin sont intervenues lors de l'affaissement du train.

¹⁷ Une rupture statique est la caractéristique de l'application d'un effort brusque et d'une intensité supérieure aux critères de dimensionnement.

2.1.3.2 Expertise de la contrefiche

Le démontage des éléments de la contrefiche a montré la présence :

- de cassures de type statique cohérentes avec un repliement de la contrefiche ;
- des endommagements suivants :
 - o des indices d'usures induites par petits déplacements (« *fretting* ») au niveau de l'axe d'anti-rotation de la came du système de verrouillage ;
 - o une crique reliant les 3 alésages situés au niveau de l'articulation de la contrefiche ;
- de cales supplémentaires d'une épaisseur de l'ordre de 0,5 mm installées en dessous des deux cales de réglage de la contrefiche.



Vues des traces d'usure induites par petits déplacements et de la crique

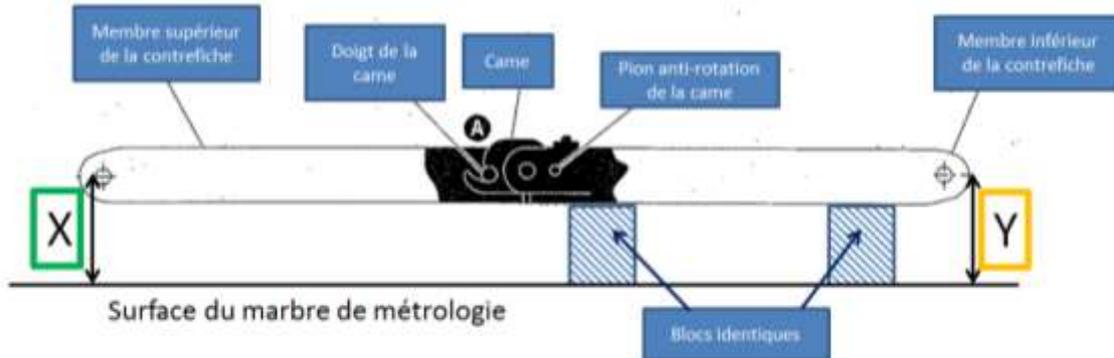


Vue d'une des cales supplémentaires installées sous la cale de réglage

Les analyses métallurgiques réalisées sur les éléments de la contrefiche ont montré que :

- l'ensemble des pièces est conforme à l'exception du pion de la came avant. Cependant, ses caractéristiques mécaniques sont semblables au pion de la came arrière ;
- la crique a pour origine un phénomène de corrosion sous contrainte, traduisant sa présence avant l'évènement.

Les mesures réalisées ont identifié un réglage de la contrefiche hors de la plage recommandée.



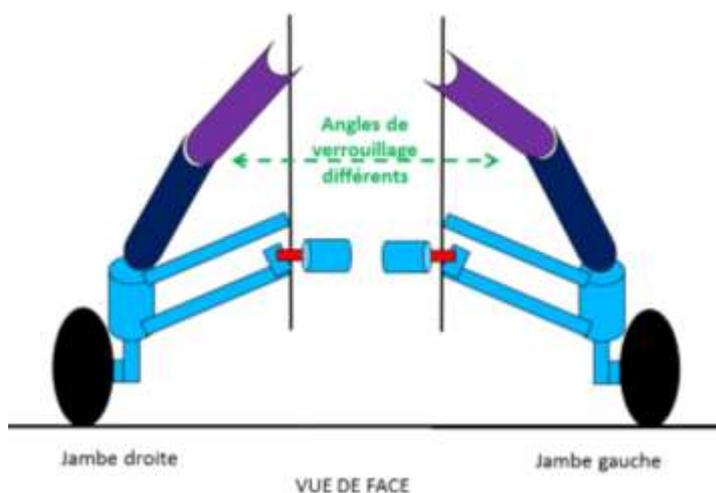
La valeur recommandée par Bombardier pour X est selon le CMM (*Component Maintenance Manual*) : « Dimension X must be equal to dimension Y or up to a maximum of 0.055 inch (1,40 mm) less than dimension Y ».

Ce qui signifie en langage mathématique : $Y - 1,40 \text{ mm} \leq X \leq Y$

La valeur calculée par Bombardier pour la contrefiche est : $X \approx Y + 24,9 \text{ mm}$

La contrefiche est réglée bien au-delà de la plage recommandée et présente des endommagements préexistants. Les ruptures statiques sont cohérentes avec un repliement de la contrefiche.

Le verrouillage en position « sorti » du train de l'avion CL415 repose sur le principe d'un verrouillage géométrique par surextension. Or, l'angle au repos de la contrefiche droite est plus faible que celui de la contrefiche gauche pour le Pélican 42.



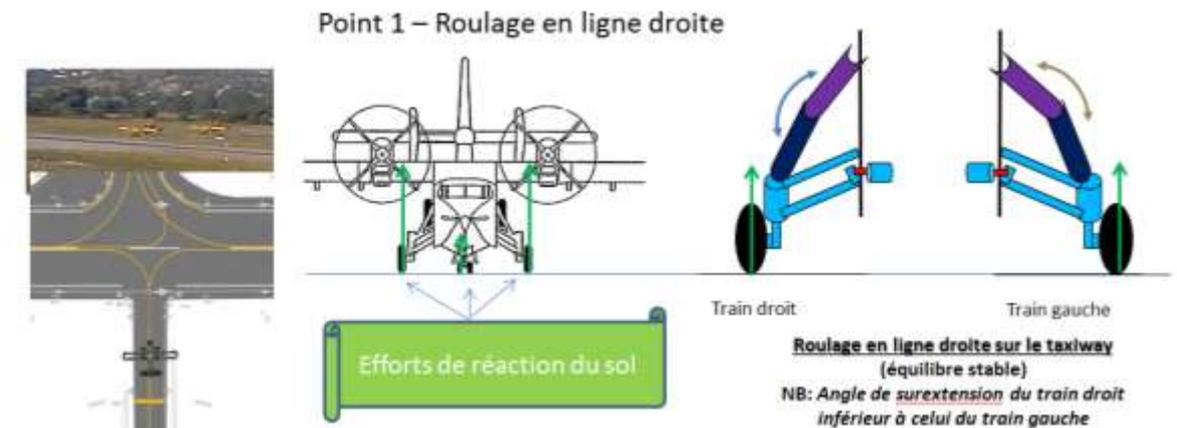
Le réglage de la contrefiche accidentée, bien au-delà de la plage recommandée, a rendu possible le déverrouillage géométrique du train droit.

2.2. Séquence de l'évènement

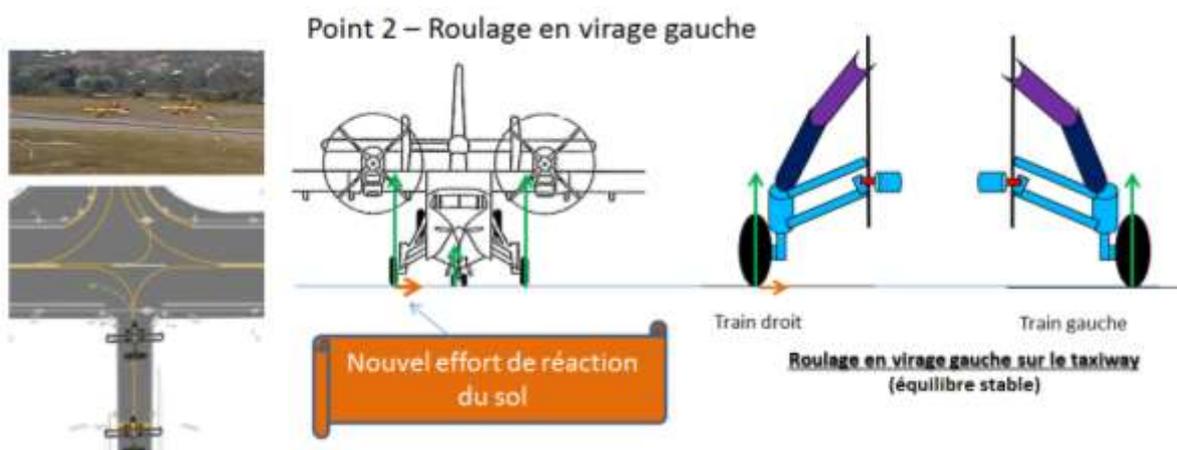
La séquence des mouvements et des efforts au niveau des trains principaux a été établie à partir des données du FDR, du CVR, de la vidéosurveillance et des résultats d'expertise.

Rappel : La cinématique du train principal est décrite dans le paragraphe 1.18.3.

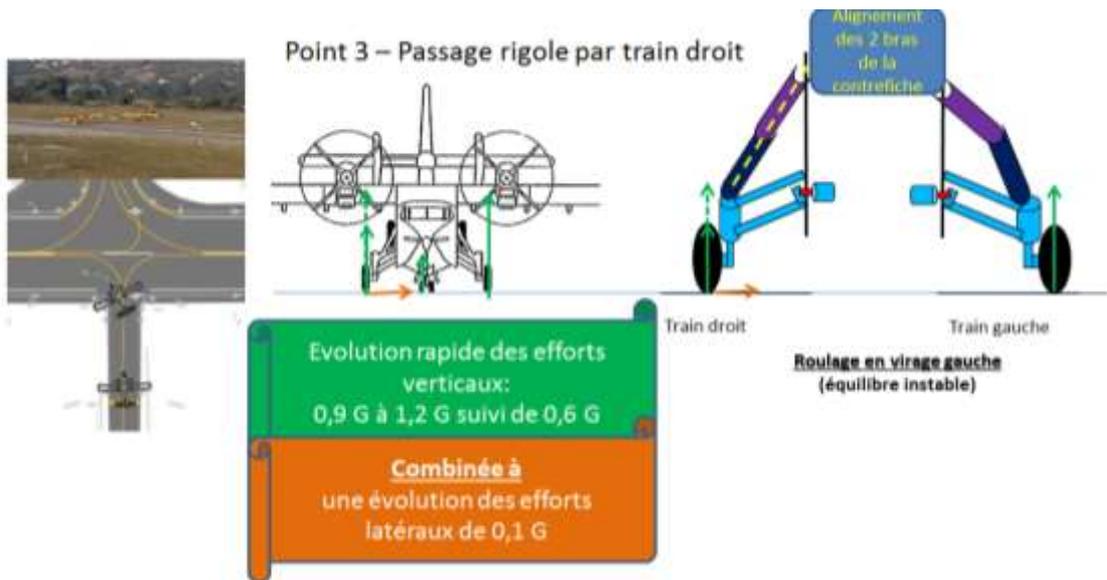
Lors du passage du train droit, ce dernier subit un chargement différent des efforts habituels qui occasionne le dépassement de la position de verrouillage géométrique. Le repliement de la contrefiche débute jusqu'au contact de l'aéronef avec le sol. Le repliement occasionne la rupture en cascade des différents pions et pièces.



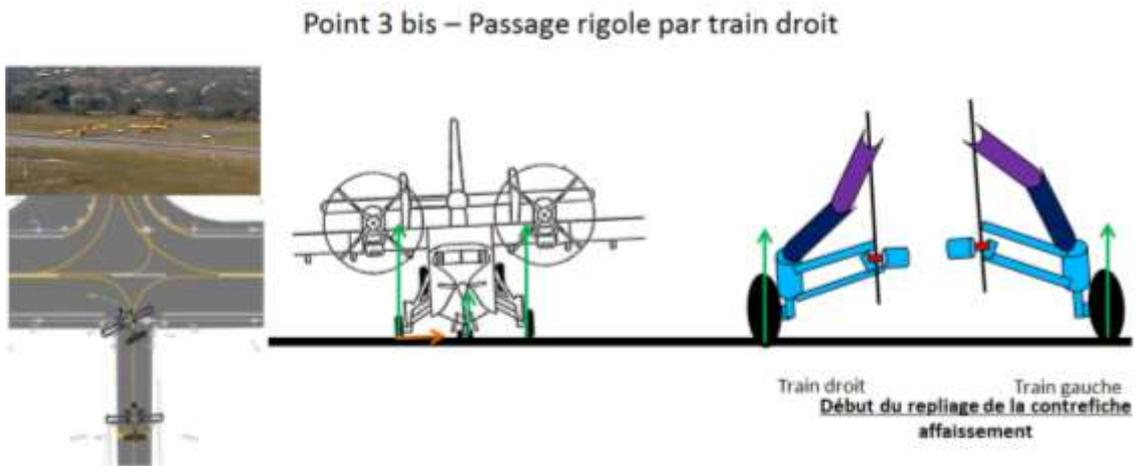
Roulage en ligne droite



Roulage en virage gauche



Passage rigole par train droit



Passage rigole par train droit

2.3. Recherche des causes de l'accident

Les causes de l'affaissement du train d'atterrissage droit sont recherchées à la fois dans les domaines environnementaux, techniques et des facteurs organisationnels et humains (FOH).

2.3.1. Domaine environnemental

2.3.1.1. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ne sont pas à l'origine de l'affaissement. Le pilote a rapporté ne pas avoir été gêné par le soleil.

L'évènement n'est pas dû aux conditions météorologiques.

2.3.1.2. Infrastructure aéroportuaire

La rigole (voir paragraphe 1.10.2) située au passage du taxiway à la piste correspond à un changement de pente.

Ce changement de pente est supérieur à celui recommandé par l'OACI dans l'annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale – Chapitre 3 « C-3 pentes des voies de relation » qui préconise un maximum de 1 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 3 000 m).

Lors de l'évènement, ce changement de pente a été réalisé en virage et a occasionné un passage dissymétrique entre les deux trains principaux. L'intensité de la dissymétrie au niveau du train principal est dépendante du changement de pente.

Le changement de pente longitudinale au passage de la rigole a contribué à l'évènement.

2.3.2. Domaine technique

L'aéronef a été entretenu conformément aux échéances du plan de maintenance. Toutefois, l'expertise a montré que la contrefiche n'était pas réglée conformément aux directives du constructeur. Cela a entraîné une usure prématurée de certains composants de la contrefiche. Les dommages constatés sur les autres pièces de l'aéronef sont consécutifs à l'affaissement.

La défaillance technique de la contrefiche due à un réglage non conforme aux directives du constructeur est à l'origine de l'évènement.

2.3.3. Domaine des facteurs organisationnels et humains

2.3.3.1. Vitesse au roulage

Le PCB est très expérimenté et connaît l'existence de la rigole. Selon ses déclarations, à l'approche du virage à gauche sur la rigole, il pense être à une vitesse faible de 6 kts mais, est en réalité, à une vitesse de 14 kts.

La seule valeur prescrite pour l'utilisation du CL 415 est une vitesse de 5 kts pour un virage serré (demi-tour sur place par exemple). En l'absence de prescription, le pilote a choisi comme limite 6 kts.

L'indication de vitesse fiable fournie par l'anémomètre en cabine débute à 20 kts et contraint donc les équipages à évaluer par eux-mêmes les vitesses inférieures à ce seuil.

L'intensité de la dissymétrie au niveau du train principal et des efforts (qui se traduit par un facteur de charge dans les paramètres FDR) dépend de la vitesse de passage de la rigole.

Le passage de la rigole à une vitesse 2,3 fois supérieure à la vitesse souhaitée par le pilote est un facteur contributif de l'évènement.

Le jour de l'évènement, la patrouille doit décoller de l'aéroport d'Ajaccio afin de retourner sur la base de Marignane. Lors de la phase de roulage, la demande du CCASC d'une patrouille de deux bombardiers pour un appui aérien à proximité de Marignane conduit l'équipage à proposer son intervention qui est alors validée.

En cette saison particulièrement favorable aux feux de forêt, l'urgence est jugée importante et aucune préparation de la nouvelle mission n'est effectuée ni même évoquée par le PCB. Cette sensation d'urgence crée une pression temporelle probablement à l'origine de la vitesse excessive au roulage.

La pression temporelle, liée à la perception de l'urgence de la mission par le pilote, est à l'origine de la vitesse au roulage.

2.3.3.2. Entretien de l'aéronef

Entretien de la contrefiche

L'enquête qualité réalisée par le groupe d'enquête de sécurité au sein de la société HYDREP, réparateur de la contrefiche, a identifié les éléments suivants :

- l'obtention initiale de l'extension de la liste de capacité pour la contrefiche du CL 415 a été approuvée le 3 décembre 2004 par le GSAC (groupement pour la sécurité de l'aviation civile) et est limitée aux avions de la DGSCGC ;
- depuis cette extension, aucune trace d'audit qualité sur cette ligne de produit par le GSAC (ou OSAC aujourd'hui) ou par la société de maintenance Sabena Technics, qui sous-traite à HYDREP, n'a été identifiée ;
- la gamme d'intervention équipement (GIE) utilisée pour les contrefiches d'avion CL 415 :
 - o est rédigée en français et s'inspire du document Bombardier 415 *COMPONENT MAINTENANCE MANUAL – PSP 498* mais n'est pas conforme ;
 - o a été révisée dix fois sans avoir été approuvée par un approbateur interne.
- les moyens utilisés ne sont pas conformes à ceux recommandés, notamment pour le réglage du « désalignement » de la contrefiche ;
- les difficultés de réglage de ces contrefiches sont rapportées chez d'autres réparateurs.

La société HYDREP en contrat depuis 2007 assure la maintenance du parc de contrefiches des Canadair français. Précédemment il s'agissait de la société Antavia. Les deux dernières révisions de la contrefiche accidentée ont été réalisées successivement par ces deux sociétés. L'enquête a permis d'établir les constats suivants :

- La présence de sur-cales a été constatée sur l'aéronef alors que le CMM (*Component Maintenance Manual* – manuel de maintenance du composant) préconise si besoin l'installation de cale plus épaisse. L'origine de ces sur-cales est indéterminée. En effet, leur installation n'a fait l'objet d'aucun écrit. L'absence d'écrit concernant l'installation de ces sur-cales démontre une violation commise lors de la maintenance avec une volonté de la dissimuler. Par ailleurs, la présence de Molykote DX, retrouvée lors du démontage des pièces, indique qu'à la dernière maintenance ces sur-cales ont été (ré) installées par la société de maintenance HYDREP. Or ces sur-cales entraînent un angle erroné entre les deux demi-contrefiches et donc une usure prématurée des pièces.

Une violation initiale de la procédure par une des deux sociétés de maintenance de la contrefiche et un manque de vigilance de la part de la société de maintenance actuelle ont contribué à l'évènement.

- D'après le CMM, lors de la révision générale de la contrefiche, toutes les pièces constituant la contrefiche doivent être démontées. Dans la gamme HYDREP, le démontage de la contrefiche supérieure est très détaillé contrairement à la contrefiche inférieure. Le manque de précision pour cette dernière rend possible une appréciation lors de la maintenance. En pratique, toutes les pièces ne sont pas déposées. Ce constat s'explique par une migration des pratiques qui s'est installée au sein de l'entreprise.

La migration des pratiques a conduit à une maintenance partielle de la contrefiche.

- Dans le CMM, il n'est pas fait état de moyen nécessaire concernant les outils non spécifiques même lorsque cela concerne une action critique de la maintenance. Ainsi, les moyens utilisés pour la maintenance de la contrefiche n'étaient pas adaptés. Une règle de maçon et un marbre plus petit que la contrefiche ne permettaient pas d'obtenir la précision nécessaire (quelques millimètres) lors du désalignement des axes. La procédure a été développée en fonction des outils non spécifiques disponibles dans les ateliers, alors que ces derniers n'étaient pas adaptés aux exigences de ce type de maintenance.

Le manque de visibilité des objectifs de la maintenance, notamment concernant le désalignement, est un facteur contributif de l'évènement.

Synthèse :

Des procédures non suivies et des moyens non adaptés ont entraîné une maintenance déficiente des contrefiches ayant conduit à une usure prématurée de la pièce dont la rupture est à l'origine de l'évènement.

Documentation technique

Les procédures de maintenance définies par le constructeur sont écrites en anglais. Elles ont donc été traduites au profit du personnel de la société HYDREP. Cette traduction a été réalisée par un personnel de cette entité.

Selon la réglementation sur le maintien de la navigabilité, le personnel d'une entité détentrice d'une licence Part 145 dont le domaine de compétence est limité aux équipements, n'est pas soumis à un niveau d'anglais minimum.

Dans le document en français, une erreur de traduction entraînant un angle erroné entre la contrefiche supérieure et inférieure est relevée :

	Version anglaise du CMM	Version traduite dans la gamme de travail
Texte original	« <i>Dimension X must be equal to dimension Y or up to a maximum of 0.055 inch (1.40mm) less than dimension Y</i> »	« Mesurer les cotes X et Y (Y < X < Y+1,4 mm) »
Signification mathématique	$Y-1,4 \text{ mm} \leq X \leq Y$	$Y < X < Y+1,4 \text{ mm}$

L'erreur de traduction a généré une erreur de maintenance entraînant une usure prématurée de la pièce dont la rupture est à l'origine de l'évènement.

2.3.4. Supervision

Traduction

Toutes les procédures de maintenance du constructeur ont été traduites par des personnels du service des méthodes de la société HYDREP. Or, aucun contrôle de traduction ni des méthodes n'a été réalisé. Cette situation a abouti à la rédaction d'une procédure qui n'a jamais été approuvée par un service qualité depuis 2002 (année de la première gamme de la contrefiche rédigée au sein d'HYDREP).

L'absence de supervision des traductions successives du document technique a contribué à l'évènement.

Contrôle des méthodes

La société HYDREP (consortium 50 % Sabena – 50 % Messier jusqu'en 2011, devenue en 2016 Safran Landing System) est une entreprise sous-traitante non critique¹⁸ de l'entreprise Sabena avec laquelle la DGSCGC est en contrat pour la maintenance de ses aéronefs. De ce fait, HYDREP n'est pas soumise à l'assurance qualité fournisseur mais doit répondre aux exigences qualité de Sabena.

¹⁸ Selon le marché passé par la DGSCGC, une entreprise non critique est une entreprise sous-traitante de Sabena Technics dont le matériel réparé ou le volume financier n'impose pas un suivi qualité particulier.

Lors de la dernière révision générale, les deux entreprises appartenaient encore au même groupe. Il n'y a donc jamais eu d'audit qualité par Sabena concernant les procédures établies par HYDREP.

Le défaut de supervision par Sabena des procédures de son sous-traitant est un facteur contributif de l'évènement.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est un affaissement du train d'atterrissage droit au roulage, par rupture d'un de ses composants suite à une erreur de maintenance générée par une faute de traduction dans une documentation technique.

3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement

A Ajaccio, la patrouille prépare un vol retour vers la base d'attache de Marignane.

Au roulage, le chef de patrouille accepte la demande de concours d'une patrouille de deux bombardiers d'eau pour une mission de lutte contre un incendie à proximité de Martigues (13).

A l'alignement, le PCB franchit la rigole, à vitesse élevée, par un passage dissymétrique qui provoque la rupture en cascade de différents sous-ensembles de la contrefiche.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de cet évènement sont les suivantes :

- erreur de traduction du CMM dans la gamme d'intervention équipement ;
- absence de supervision ;
- migration et violation des procédures de maintenance ;
- réglage non conforme de la contrefiche ;
- changement de pente et passage en virage de la rigole ;
- vitesse élevée et absence de limite de vitesse dans la documentation.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement

4.1.1. Procédure de contrôle des pièces

Au vu des premiers éléments recueillis, le BEAD-air avait recommandé par messages N° 343 /DEF/BEAD-air/DIR/-- du 4 août 2016 et N°349 /DEF/BEAD-air/DIR/-- du 12 août 2016 :

à l'autorité technique (DGA), en liaison avec le détenteur du certificat de type (Bombardier) et l'organisme de maintenance (Sabena Technics), de définir et mettre en œuvre une procédure de contrôle des pièces en cause dans cet accident conditionnant la remise en service de chaque aéronef de type CL 415 au fur et à mesure des vérifications.

R1 – [S-2016-009-A]

4.1.2. Procédure de révision des pièces

Au vu des premiers éléments recueillis, le BEAD-air avait recommandé par ces mêmes messages :

à la DGSCGC, en liaison avec l'organisme de maintenance, de s'assurer que toutes les contrefiches avionnées (et les futures) ont été (ou seront) révisées conformément à la procédure PSP 498 et uniquement celle-ci.

R2 – [S-2016-009-A]

4.1.3. Infrastructure aéroportuaire

Le changement de pente longitudinale dans les zones de transition entre les taxiways Fox (et aussi Echo) et la piste est supérieur aux pratiques recommandées par l'OACI. Le règlement européen (UE) n°139/2014 du 12 février 2014 reprend des valeurs similaires à ces recommandations dans les exigences définies dans le livre CS-ADR.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

au gestionnaire de l'aéroport d'Ajaccio, de réaliser des travaux sur la plateforme et dans l'environnement des taxiways Echo et Fox pour se rapprocher des valeurs recommandées par l'OACI ou le règlement européen (UE) n° 139/2014 du 12 février 2014.

R3 – [S-2016-009-A]

4.1.4. Sensibilisation des équipages au roulage

Le chargement dissymétrique du train principal fait suite au passage en virage de la rigole. L'aéronef a été certifié conformément aux règlements en vigueur. En phase de roulage, les moyens de démonstration de la tenue des trains d'atterrissage demandent un chargement statique et symétrique sur les jambes de train principales.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de sensibiliser les équipages de CL 415 sur l'intérêt de rouler perpendiculairement à tout ouvrage au sol traversant la voie de circulation (rigole, brin d'arrêt, ...).

R4 – [S-2016-009-A]

4.1.5. Supervision des sous-traitants

La supervision par Sabena de son sous-traitant a été défailante.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à Sabena Technics, de présenter à la DSAE, à la SIMMAD, aux clients étatiques et au service qualité de la DGA tous les éléments garantissant une surveillance satisfaisante des activités internes et sous-traitées (plans de surveillance déposés, éléments de surveillance réalisés ou les audits...) y compris celles non suivies par le service qualité de la DGA.

R5 – [S-2016-009-A]

4.1.6. Approbation des gammes de travail

Le contrôle des gammes de travail et leurs évolutions par la société HYDREP a été défailant.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à HYDREP (devenu Safran Landing Systems Services Dinard courant 2016), de contrôler ses gammes pour les produits étatiques (hors du champ EASA Part 145) et de les faire approuver par une personne différente du rédacteur au sein de son entité.

R6 – [S-2016-009-A]

4.1.7. Amélioration de la documentation de maintenance du constructeur

Les objectifs de maintenance dans le CMM, notamment concernant le désalignement, sont absents et rédigés sous forme littérale et en langue anglaise.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à Bombardier et à Viking Air Limited (nouveau détenteur du certificat de type depuis le 1^{er} octobre 2016), de modifier les CMM en introduisant des avertissements et des formules mathématiques pour la définition des plages de réglages.

R7 – [S-2016-009-A]

4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement

4.2.1. Enregistreurs embarqués

La récupération des données des enregistreurs embarqués, pour les aéronefs équipés, est indispensable à la compréhension d'un évènement aérien. A cette fin, le BEAD-air sollicite le laboratoire RESEDA de DGA EP pour extraire ces données. Lors de la récupération des données du FDR FA 2200 non endommagé de l'appareil, une incompatibilité de la connectique a été identifiée avec la version précédente FA 2100.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

aux autorités d'emploi et à la SIMMAD, pour les aéronefs équipés d'enregistreurs embarqués, d'assurer l'information et la mise à disposition permanente du laboratoire RESEDA de la DGA, des moyens matériels (connectiques, ...) et logiciels à jour afin que la récupération des données puisse être réalisée sans délai. Cette mise à disposition doit être effective au plus tard au premier vol du premier aéronef au nouveau standard.

R8 – [S-2016-009-A]