



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-S-2013-001-I

Date de l'événement	13 mars 2013
Lieu	aérodrome d'Aix les Milles (13)
Type d'appareil	Canadair CL415
Immatriculation	P35, FZBFY
Organisme	DGSCGC
Unité	base d'avions de la sécurité civile

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête de sécurité est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde: DGSCGC.

Photos :

- pages 7, 14, 15, 18, 21 : DGSCGC.

Illustrations :

- page 8 : DIRCAM ;
- pages 19, 20, 21 : extrait du manuel d'activités particulières ;
- page 22 : extrait du manuel de formation BASC ;
- page 23 : extrait du manuel de sécurité de l'instructeur.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. RENSEIGNEMENTS DE BASE	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Tués et blessés	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	11
1.7. Conditions météorologiques	12
1.8. Aides à la navigation	12
1.9. Télécommunications	12
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	12
1.11. Enregistreurs de bord	13
1.12. Renseignements sur l'appareil incidenté et l'impact	13
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	15
1.14. Incendie	16
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	16
1.16. Essais et recherches	16
1.17. Renseignements sur les organismes	16
1.18. Renseignements supplémentaires	18
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	25
2. ANALYSE	26
2.1. Chronologie	26
2.2. Fonctionnement de l'alarme train	27
2.3. Analyse globale de l'incident	28
2.4. Analyse des causes relevant du domaine des facteurs humains	28
2.5. Analyse de la gestion de l'incident par l'équipage	33
3. CONCLUSION	34
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	34
3.2. Causes de l'événement	34
4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE	36
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	36
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	37

GLOSSAIRE

BASC	base avions de la sécurité civile
BMA	bureau des moyens aériens
CDB	commandant de bord
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
C/L	check-list
CPFEC	consignes permanentes formation entraînement et contrôle
CRM	<i>cockpit resource management</i>
CVR	<i>cockpit voice recorder</i> – enregistreur de voix
DGSCGC	direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
DRDV	division de recueil des données de vol
ENT PROC	vol d'entraînement aux procédures
EPI	enquêteur de première information
FDR	<i>flight data recorder</i> – enregistreur de paramètres de vol
ft	<i>feet</i> , pied (1 ft=0,3048 m)
IRBA	institut de recherche biomédicale des armées
kt	<i>knot</i> , nœud (1 kt=1,852 km/h)
MAP	manuel d'activités particulières
PF	pilote en fonction
PNF	pilote non en fonction
QT	qualification de type
TRI	<i>type rating instructor</i>

SYNOPSIS

Date et heure de l'événement : mercredi 13 mars 2013 à 14h37¹.

Lieu de l'événement : aérodrome d'Aix les Milles (LFMA).

Organisme : direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC).

Unité : base d'avions de la sécurité civile de Marignane (BASC).

Aéronef : Bombardier Canadair CL415 P35, immatriculé FZBFY.

Nature du vol : entraînement.

Personnel à bord : un pilote qualifié commandant de bord en place gauche (pilote en fonction), et un instructeur en place droite.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

L'appareil se présente en finale à Aix les Milles en configuration sans volets pour exercice. Il survole le seuil 33 lorsque le pilote d'un appareil DR400 au point d'arrêt annonce à la radio « *attention au train* ». Une remise de gaz est effectuée. L'arrière du fuselage touche la piste. L'équipage se rend alors compte que le train est rentré.

Composition du groupe d'enquête

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur de première information (EPI) de la BASC.
- Un pilote instructeur de la BASC.
- Un cadre de la division navigabilité de la BASC.
- Un médecin du personnel navigant de l'armée de l'air.

Autres experts consultés

Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA- département action et cognition en situation opérationnelle - unité sécurité des systèmes à risques).

Déclenchement de l'enquête

Le BEAD-air est prévenu par téléphone de l'incident vers 17h par le conseiller aérien du bureau des moyens aériens.

Après notification de l'événement, le message de déclenchement d'enquête de sécurité du BEAD-air est émis vers 19h. Un EPI est désigné sur la BASC.

Dans la matinée du 14 mars, l'EPI et l'expert pilote se rendent sur l'aérodrome d'Aix les Milles pour situer et photographier la trace de frottement du fuselage sur la piste.

Le groupe d'enquête se réunit sur la BASC le 14 mars en début d'après-midi.

Enquête judiciaire

Néant.

¹ L'heure enregistrée sur le *flight data recorder* (FDR - enregistreur de paramètres de vol) est prise comme référence dans ce rapport.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Contexte du vol

Indicatif : Pélican 35

Type de vol : CAG² VFR³

Nature du vol : entraînement procédures (ENT PROC)

Le vol est la séance semestrielle d'entraînement aux pannes (exercices et procédures relatifs à la QT⁴).

D'une durée d'une heure, le vol du P35 est réalisé au profit d'un pilote qualifié commandant de bord, pilote en fonction en place gauche. Un instructeur *TRI* (*type rating instructor*), en place droite, est responsable du vol.

La séance se décompose en une partie « hydro » (travail sur plan d'eau) sur l'étang de Vaine et une partie terrestre sur l'aérodrome d'Aix les Milles.

1.1.2. Description du vol avant le dernier tour de piste à Aix Les Milles

Le ciel est clair, la visibilité est supérieure à 10 km à Marignane. Le vent est de 310°/18kt. L'appareil décolle de la piste 31 droite à 14h02.

Les exercices suivants sont successivement réalisés sur l'étang : un amerrissage normal, un décollage de l'eau avec panne avant V1w⁵ et amerrissage, un décollage de l'eau avec panne après V1w, un circuit monomoteur avec amerrissage, un décollage de l'eau suivi d'un amerrissage de type «mirage», un décollage de l'eau suivi d'un amerrissage de type «mauvaise mer».

Cette phase « hydro » dure environ 20 minutes puis l'appareil rejoint Aix pour des manœuvres terrestres. Sur instruction du contrôle, il intègre la branche vent arrière piste 33 circuit main gauche. Le P35 est numéro trois à l'atterrissage. Le vent moyen annoncé à Aix est de 310°/12 kt. Le train est sorti en branche vent arrière. L'appareil se pose en configuration standard (volets 25°) puis remet les gaz.

Un exercice de panne moteur est réalisé après décollage (panne après V1w, moteur gauche). L'appareil se reporte en branche vent arrière main droite en monomoteur simulé. L'équipage recherche puis acquiert le visuel d'un avion en finale. Le P35 est numéro deux à l'atterrissage. Le train est sorti en début de descente. Une remise de gaz est réalisée en monomoteur simulé.

L'appareil se reporte ensuite en branche vent arrière basse hauteur main gauche en configuration standard. Le train est sorti en branche vent arrière. Le P35 est numéro un en finale devant un appareil en circuit main droite.

² CAG : circulation aérienne générale

³ VFR : *visual flight rules*, règles de vol à vue

⁴ C'est-à-dire figurant au programme d'instruction et de contrôle avion multipilote

⁵ V1w : vitesse de décision

1.1.3. Description du tour de piste à l'issue duquel se produit l'incident

Autorisé au toucher en finale, l'instructeur répond au contrôleur aérien que l'appareil se reportera ensuite en circuit main droite pour un atterrissage sans volets. Il l'indique également au commandant de bord (CDB) à l'entraînement.

Après le poser décoller, l'appareil se reporte en vent arrière main droite.

Durant ce premier virage, l'instructeur présente au CDB le fonctionnement d'un *breaker* du circuit électrique des volets (*breaker D7 «flap control»*) et une discussion s'engage sur ce sujet durant environ 2 minutes.

Alors que le P35 arrive en fin de branche vent arrière, cette discussion est momentanément interrompue par un message de la tour de contrôle annonçant l'avion précédent (DR400) en courte finale pour un atterrissage complet. L'instructeur répond qu'ils prolongent la branche vent arrière pour une longue finale 33.

En finale, le CDB à l'entraînement annonce la vitesse minimale (105 kt) et le rallongement de la distance d'atterrissage (+25 %). Une discussion s'engage alors au sujet du rallongement des distances d'atterrissage en fonction des configurations avion.

Le CDB à l'entraînement note une vitesse élevée. L'instructeur rappelle alors la vitesse maximale train sorti (129 kt) puis s'interroge sur la vitesse maximale lue précédemment par chacun d'eux, et conclut que cette vitesse maximale n'a pas été dépassée.

La tour autorise l'appareil au touché et annonce le vent (320°/13 kt).

Le pilote d'un appareil de type DR 400 au point d'arrêt A annonce à la radio « *attention au train* ».

Le CDB à l'entraînement remet les gaz puis il constate que la commande de train est haute.

L'instructeur annonce dans un premier temps au contrôle une remise de gaz et un report en branche vent arrière.

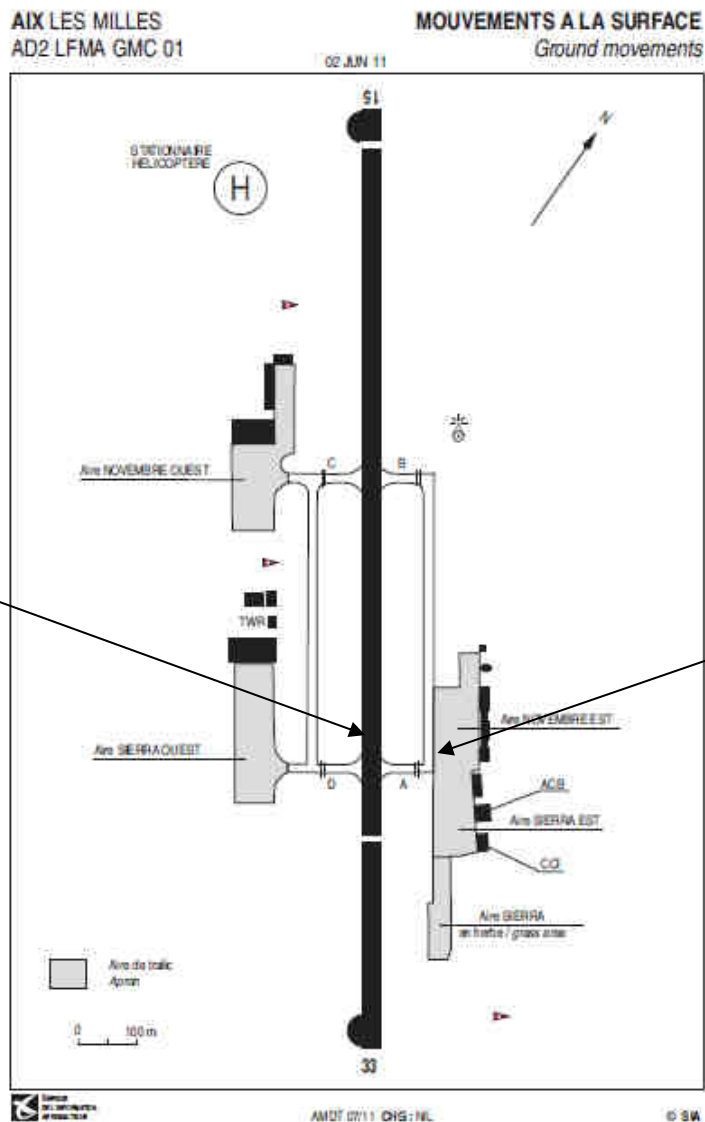
L'équipage échange au sujet du touché de la queue. Le train est alors sorti. L'équipage décide de rejoindre Marignane. L'instructeur l'annonce au contrôle puis contacte « Provence ».

Le CDB à l'entraînement annonce sur la fréquence opérations BASC (*redan*) son retour avec un avion indisponible (*rouge*).

L'appareil rejoint Marignane train sorti et volets 10° et se pose sur la piste 31 à 14h45.



Positionnement de la zone de touché sur le fuselage (cf. photos au chapitre 1.12.1)



Positionnement du point de touché sur la piste et de l'appareil qui annonce « attention au train »

1.1.4. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Bouches du Rhône
 - piste 33 de l'aérodrome d'Aix les Milles
- Moment : jour

1.2. Tués et blessés

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
CL415 P35			X	

1.4. Autres dommages

Légère trace d'abrasion de la piste d'Aix les Milles (cf. chapitre 1.12.2).

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Instructeur

- Age : 53 ans
- Sexe : masculin
- qualifications : CDB, chef de Noria, instructeur
- origine marine nationale (Alizé)
- carrière BASC :
 - entré à la BASC décembre 1995
 - 3 ans copilote CL415
 - 7 ans au secteur Tracker, a acquis les qualifications CDB et instructeur CRI Tracker
 - Retour secteur CL415 en janvier 2006
 - Qualifié CDB opérationnel sur CL415 en septembre 2006
 - Instructeur *TRI* depuis mars 2010
 - 1^{er} vol *TRI* en août 2011
- renouvellement qualification de type CL415 le 30 janvier 2013

- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont CL415	sur tous types	dont CL415	sur tous types	dont CL415
Total	8 763 ⁶	1 707 ⁷	35	35	4.50	4.50
Dont en tant que TRI	105	105	19	19	3	3

- Précédents vols effectués sur CL415 :

- en tant que CDB : 11 mars 2013
- en tant que TRI : 20 février 2013

- Précédent vol ENT PROC en tant que TRI : 20 février 2013 (le vol de l'incident est son 7ème vol ENT PROC depuis le 9 janvier 2013)

- Carte de circulation aérienne : licence FCL CPL/IR

- Fin de validité QT et IR : 31 mars 2014

1.5.2. CDB à l'entraînement

- Age : 45 ans

- Sexe : masculin

- qualification : CDB

- origine armée de l'air (Transall)

- carrière BASC :

- entré à la BASC en mars 2008
- copilote CL415 jusqu'à l'été 2012
- vols d'aptitude CDB CL415 débutés en mars 2011
- Qualifié CDB opérationnel sur CL415 en juillet 2012

- renouvellement qualification de type CL415 le 16 mars 2012

- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont CL415	sur tous types	dont CL415	sur tous types	dont CL415
Total	8 718	578	30	30	2.50	2.50
Dont en tant que CDB	4 443	112	27	27	2.50	2.50

⁶ Dont 6 523h en tant que CDB.

⁷ Dont 1 150h en tant que CDB.

- Précédents vols effectués sur CL415 :
 - le 20 février 2013 (exercice feux de forêt, 1 heure)
 - le 14 février 2013 (ENT OPS, 1 heure 30 minutes)
- Date de la dernière séance ENT PROC : 13 novembre 2012
- Carte de circulation aérienne : licence FCL CPL/IR
 - Fin de validité QT et IR : 30 avril 2013

1.5.3. Précédents vols de l'équipage constitué

Les deux pilotes ont effectué 4 vols ensemble entre 2008 et 2011 (2 missions feux puis 2 vols ENT OPS), les fonctions à bord étant différentes durant ces vols de celles du vol de l'incident (le CDB était alors copilote, n'étant pas encore qualifié CDB).

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Commandement organique d'appartenance : DGSCGC, sous-direction des moyens nationaux, bureau des moyens aériens.

	Type	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	CL215-6B11 (CL415 Variant)	2010	5 020,30	VA3 ⁸ : 18,80
Moteurs	Pratt & Whitney PW123AF	Gauche n° 109 074 Droit n° 109 066	4 306.20 4 565.20	RG ⁹ : 1 626.20 RG : 1 765.20

1.6.1. Contrôle de bon fonctionnement du système d'alarme de train sur l'appareil P35

Le fonctionnement du système est décrit au chapitre 1.18.1

1.6.1.1. Conditions et seuils de déclenchement

Le dernier contrôle avant l'incident date du 16 juin 2007 (application carte de travail CT 32-30-501 couvrant le PSP 492 32-30-00 pages 501 à 510 de test des alarmes de train, périodicité requise 72 mois).

Un contrôle a été effectué suite à l'incident le 25 mars 2013 (fonctionnement conforme suite à l'application de la CT, référence : ordre d'exécution Sabena Technics FNI N°SC 12258614).

Un historique des opérations correctives sur l'ATA 32 concernant le P35 a été établi, sur 5 ans. Un défaut de fonctionnement de l'alarme de train est recensé en novembre 2011 : émission du klaxon durant les manœuvres de train (remplacement du switch manette moteur gauche).

⁸ VA3 = visite annuelle de niveau 3 du protocole CL415.

⁹ RG : révision générale

1.6.1.2. Niveau sonore de l'alarme train

Le contrôle du volume sonore est effectué suivant la carte CT 23-51-502, en cas de remplacement d'un des 3 ACP (*audio control panel*) et lors de certaines VA.

Les derniers contrôles réalisés sur le P35 datent de juin (remplacements des ACP) puis décembre 2012 (VA).

Le réglage du volume s'effectue en cabine à l'aide d'un décibel mètre, celui-ci étant plaqué contre le haut-parleur (places pilote/copilote) ; le niveau requis est alors de 123 dB +/- 1.

1.6.2. Performances

- Masse et quantité de carburant au décollage : 36 081 lb – 6 600 lb.
- Masse estimée au moment de l'événement : 35 187 lb.

La vitesse d'approche à adopter lors de la finale à l'issue de laquelle se produit l'incident est de 105 kt (masse ci-dessus, volets 0°, source MAP).

1.7. Conditions météorologiques

Un régime de mistral rhodanien est présent avec des conditions de vol à vue et de bonnes visibilité sur la zone concernée.

Relevés de la station automatique d'Aix à 14h locale :

- Vent moyen 310°/14 kt.
- Température 10°C.
- QNH 995 hPa.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Pélican 35 est en contact avec le service de contrôle à Aix les Milles (fréquence tour) lors de l'ensemble des évolutions sur ce terrain.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'Aix les Milles est équipé d'une piste revêtue orientée 15/33 de dimensions 1 600x30 mètres.

Un seuil décalé est présent piste 33.

1.11. Enregistreurs de bord

1.11.1. Équipement des CL415 de la BASC

La DGSCGC a achevé en 2012 l'équipement de l'ensemble de sa flotte CL415 en enregistreurs de vol FDR (L3COM P/N 2202-2000-000) et d'enregistreurs de voix CVR (L3COM P/N 2100-1020-02), à mémoires statiques.

43 paramètres sont enregistrés sur le FDR, à des fréquences de 1 à 8 Hz.

Quatre pistes¹⁰ sont enregistrées en boucle de 2 heures sur le CVR.

1.11.2. Extraction des données

Concernant le FDR :

- le P35 est équipé du FDR S/N 000387914.
- Les données ont été extraites le 13 mars sans dépose (via le *quick access recorder (QAR)*), par la division recueil des données de vol de la sécurité civile (BASC/DRDV).
- L'ensemble des données a été fourni au groupe d'enquête.
- Ces données sont complètes et valides.

Concernant le CVR :

- Le P35 est équipé du CVR S/N 000-568-686.
- Il a été déposé de l'appareil le 13 mars par le service DVDR, afin de permettre l'exécution d'une opération de rinçage des moteurs sans perte de données.
- Le groupe d'enquête technique a procédé à une première écoute le 14 mars dans les locaux de la DRDV, à l'aide d'un boîtier d'interface.
- Les données sont complètes et la qualité sonore est très bonne.

1.11.3. Exploitation – Animation vidéo du vol

Le CVR a été prélevé par le BEAD-air le 15 mars 2013 et fourni à DGA Ep/Reseda le 16 mars pour exploitation.

Afin de servir d'outil d'analyse du vol lors du tour de piste sans volets, DGA Ep/Reseda a établi une animation vidéo à partir des données du FDR, sur laquelle la bande son issue du CVR a été synchronisée. Le point de synchronisation est l'apparition de l'alarme train (donnée CVR) en cohérence avec la position manette (donnée FDR).

1.12. Renseignements sur l'appareil incidenté et l'impact

1.12.1. Constats sur l'appareil

L'extrémité arrière inférieure du fuselage est abrasée sur une longueur de 50 cm et une profondeur maximale de quelques millimètres. Quelques petites déformations de tôles sont constatées dans la zone.

L'inspection préliminaire interne de la zone réalisée à Marignane n'a pas montré de déformation de lisse ou de cadre.

¹⁰ Sources sonores : casques CDB-copilote-siège milieu, radios VHF, téléphone de bord, microphone poste de pilotage.



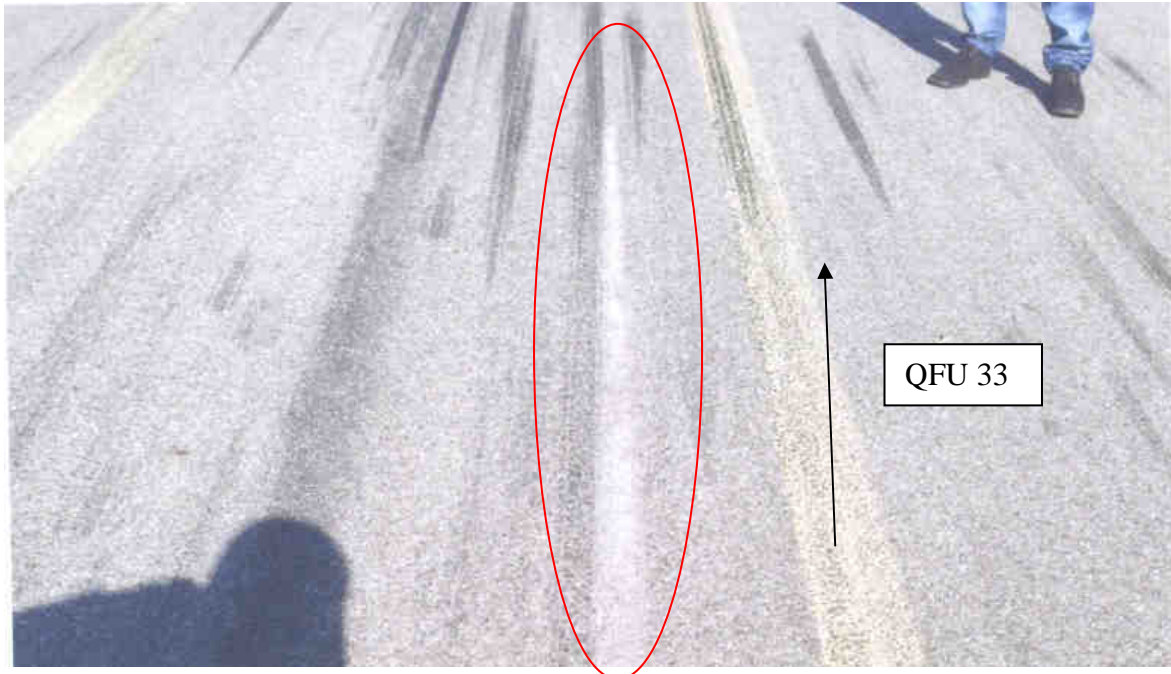
Endommagement du fuselage CL415 P35



Détail de l'endommagement du fuselage

1.12.2. Constats sur la piste d'Aix les Milles

La trace du frottement du fuselage sur la piste d'Aix est proche de l'axe de piste 33 et à 42 mètres au-delà du taxiway sud (cf. plan au chapitre 1.1.2). Elle est longue de 3,50 mètres et large de 8 centimètres.



Trace de frottement du fuselage sur la piste 33 d'Aix les Milles

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Instructeur

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN Toulon Ste Anne
 - date : 11 décembre 2012
 - résultat : apte sans restriction
 - validité : 31 décembre 2013

1.13.2. CDB à l'entraînement

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN Hôpital Percy
 - date : 19 octobre 2012
 - résultat : apte sans restriction
 - validité : 31 octobre 2013

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16. Essais et recherches

L'IRBA a été sollicité afin de conduire l'analyse facteurs humains de cet incident.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Fonction des membres d'équipage sur CL415 dans la BASC

Source MAP :

L'équipage réglementaire se compose d'un pilote commandant de bord et d'un copilote.

Seuls les commandants de bord et les instructeurs possèdent les qualifications écopage et largage.

Lors de ces phases de vol spécifiques, dites « opérationnelles » :

- Le CDB est obligatoirement PF (fonctions pilotage, navigation) ; il assure également les fonctions de communication sur la FM (Coz, Codis, etc.) ainsi que sur la VHF1, fréquence Air/Air (veillée par les aéronefs intervenant sur le sinistre).*
- Le copilote est obligatoirement PNF ; il doit tout particulièrement s'attacher durant ces phases de vol à l'accomplissement de la fonction mécanique (changement de masse, sortie et rentrée des écopes, etc.) ; il assure également la fonction de communication avec les organismes de contrôle sur la VHF2.*

Le copilote peut être PF lors des phases de vol non opérationnelles.

En vol d'instruction, l'instructeur est commandant de bord et peut assurer la fonction de PF ou PNF.

En mission d'entraînement et de mise en place, les deux membres d'équipage peuvent être PF ou PNF à la diligence du CDB.

Concernant le vol ENT PROC :

- Le cadre d'exécution de ce vol figure aux consignes permanentes d'entraînement et de contrôle CL415 (CPFEC).*
- Ce vol est réalisé au profit d'un CDB pilote en fonction en place gauche.*
- La présence à bord d'un instructeur TRI est requise pour la réalisation des exercices de pannes moteur simulées ; il est responsable du vol et assure la fonction de copilote.*

1.17.2. Formation-entraînement-contrôle au travail en équipage sur CL415

La qualification *MCC (multi crew coordination)* est un prérequis pour la sélection des pilotes.

Les pilotes effectuent des mini-stages *MCC* en hiver.

Le secteur CL415 a mis en place une méthode de travail décrite dans le MAP section 4 :

- chap. 1-1 : travail en équipage : généralités, rappel facteur humain ;
- chap. 1-2 : fonctions des membres d'équipage ;
- chap. 2 : réalisation des check-lists (C/L) ;
- chap. 3 : présentation de la C/L normale ;
- chap. 4 : profils de vol (rédaction non finalisée).

Les annonces figurant au chapitre 4 sont regroupées dans un mémento (*annonces standard équipage*).

Cette méthode est enseignée lors de la qualification de type CL415. Elle est contrôlée 2 fois par an, lors du vol de renouvellement de QT et lors du vol de standardisation effectué avant la saison feu.

Une cellule CRM a été créée début 2013, dans laquelle un pilote de la BASC dispense une formation CRM. Il est prévu qu'un adjoint rejoigne cette cellule.

La BASC ne dispose pas de simulateur CL415.

1.17.3. Annonces équipage en tour de piste standard

Un mémento d'annonces standard équipage a été mis en place fin 2011 au sein du secteur CL415. Il concerne 16 procédures normales et secours, dont le tour de piste terrestre standard. Les annonces en branche vent arrière, étape de base et finale lors d'un tour de piste standard sont les suivantes :

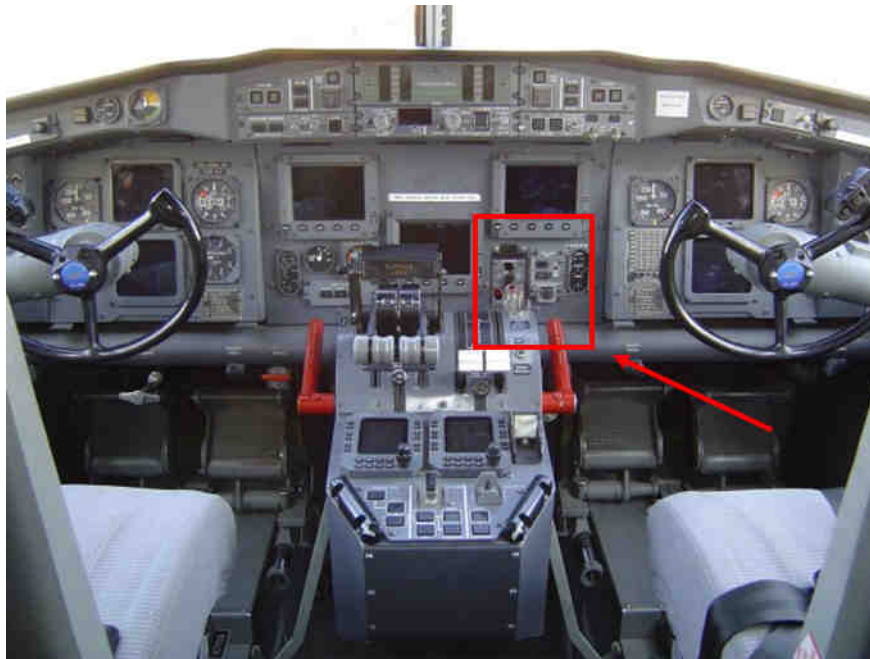
CDB PF	COPILOTE PNF
Vi ≤ 138 kt « volets 10° »	Vérifie Vi ≤ 138 kt, sort les volets 10° « les volets vont vers 10° »
	« les volets sont à 10° »
Vi ≤ 129 kt « le train sur sorti »	Vérifie Vi ≤ 129 kt, sort le train « le train sort »
	« train sorti verrouillé »
« C.L avant atterrissage »	Effectue la C/L « C/L avant atterrissage terminée »
Vi ≤ 119 kt « volets 25° »	Vérifie Vi ≤ 119 kt, sort les volets 25° « les volets vont vers 25° »
« C/L finale »	Effectue la C/L en finale « C/L finale terminée, paré atterrissage »

L'atterrissage sans volets n'est pas traité : implicitement, pour les équipages, les annonces lors d'un tour de piste sans volets sont déduites du tableau ci-dessus.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Description synthétique du système de train d'atterrissage CL415

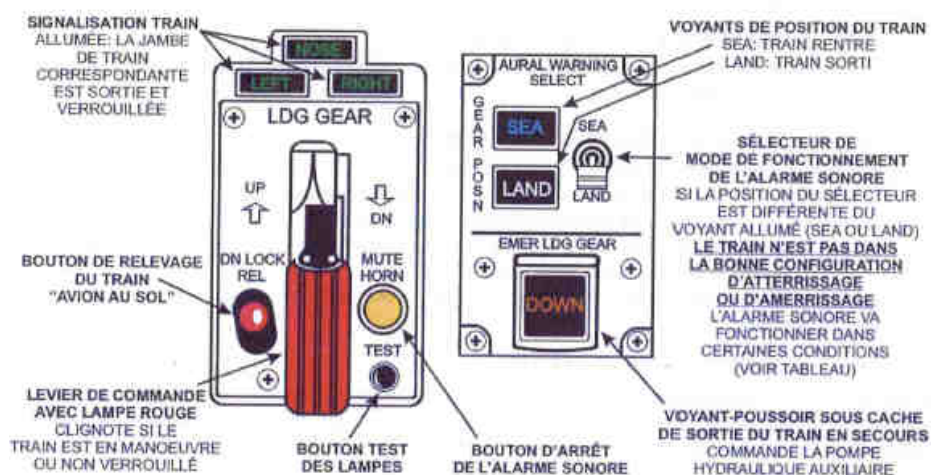
Les commandes et indicateurs, ainsi que le panneau de sélection d'alarme sonore, sont sur le côté droit du panneau central avant.



Position des boîtiers de commande-signalisation et de sélection d'alarme sonore train



Vue des boîtiers de commande-signalisation et de sélection d'alarme sonore train



Fonctionnalités des boîtiers de commande-signalisation et de sélection d'alarme sonore train


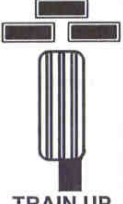




















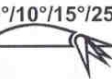






Le boîtier de commande et de signalisation comprend notamment :

- le levier de commande avec lampe rouge (clignote si le train est en manœuvre ou non verrouillé) ;
- les 3 lampes de signalisation (allumage jambe sortie et verrouillée) ;
- un bouton d'arrêt de l'alarme sonore (*MUTE HORN*).


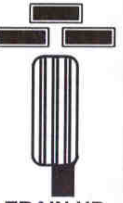
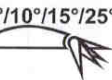








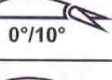









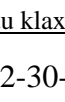



Le panneau de sélection (« *aural warning select* ») situé à droite du boîtier de commande, comprend :

- un sélecteur de mode de fonctionnement de l'alarme de train, positions *SEA* (train rentré) ou *LAND* (train sorti) ;
- deux voyants *SEA* (lampe bleue) ou *LAND* (lampe blanche).

Si la position du sélecteur est différente du voyant allumé, le train n'est pas dans la bonne configuration d'atterrissage ou d'amerrissage et l'alarme sonore va fonctionner dans les conditions mentionnées au tableau ci-dessous.

	 TRAIN UP	 0°/10°		 	PAS DE KLAXON		
		 15°/25°		 		MUTE	INOP
		 0°/10°		 		MUTE	OK
		 15°/25°		 		MUTE	INOP
	 TRAIN DOWN	 0°/10°/15°/25°		 	PAS DE KLAXON		
				 			

Conditions de fonctionnement du klaxon, sélecteur sur LAND

	 TRAIN UP	 0°/10°/15°/25°		 	PAS DE KLAXON		
				 			
	 TRAIN DOWN	 0°/10°	 0°/10°/15°/25°		 	PAS DE KLAXON	
					 	MUTE	INOP
					 	MUTE	OK
					 		MUTE

Conditions de fonctionnement du klaxon, sélecteur sur SEA

Dans la documentation de maintenance (AMM 32-30-00, réglage/essai du train), il est indiqué que le seuil de réglage des manettes de puissance correspondant aux 2 situations mentionnées dans le tableau ci-dessus est situé à moins d'un pouce (2,5 cm) au-dessus de la position plein réduit.

La centrale d'alarme sonore émet quatre tonalités d'alarme amplifiées et envoyées aux casques pilote et copilote ainsi qu'aux haut-parleurs du poste de pilotage :

- incendie : sonnerie (son continu, fort niveau sonore) ;
- survitesse : claquette (son intermittent) ;
- décrochage : hululement (son continu avec modulations) ;
- train d'atterrissage : klaxon (son continu).

Le panneau d'essai d'alarmes sonores situé sur le panneau supérieur pilote permet de tester ces différentes alarmes (*switch TONE TEST*), notamment lors de la C/L « page 5 - inspection du cockpit avant vol - item 23 ». Il permet également de régler, en maintenance, le volume des alarmes (bouton de réglage *VOLUME CONTROL*).

Seule l'alarme incendie peut être mise sous silence à partir de ce panneau (bouton *TONE MUTE*).

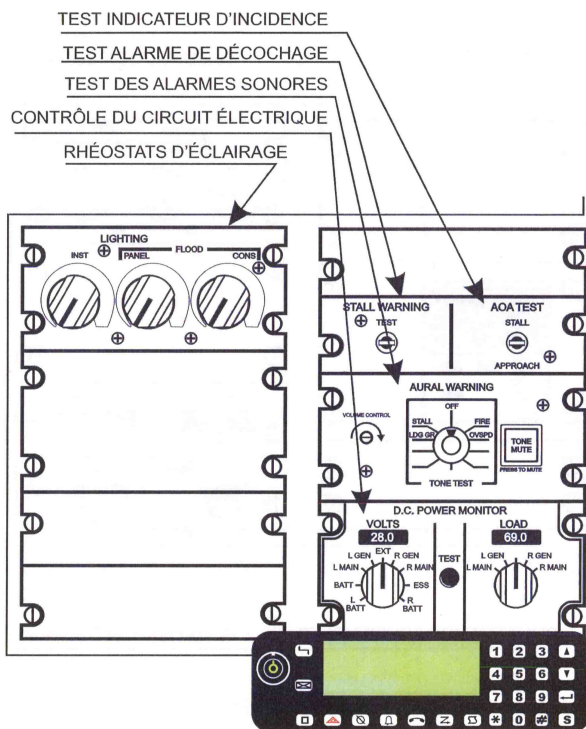


Schéma du panneau d'essais des alarmes sonores



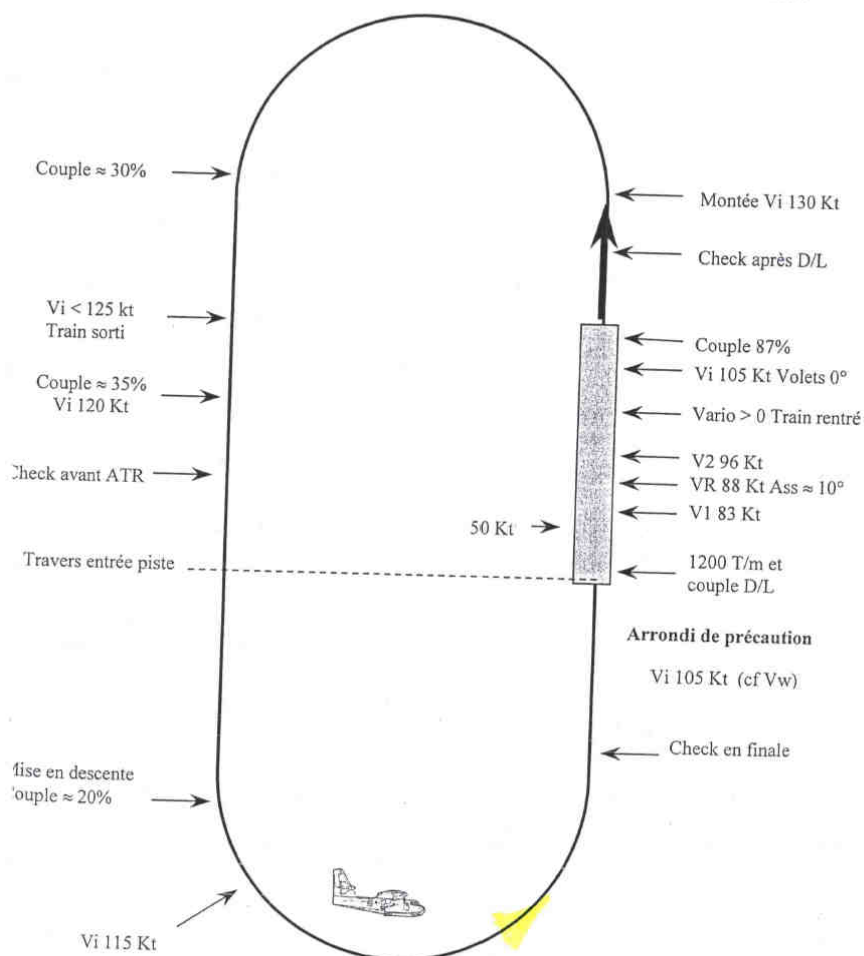
Vue du panneau d'essais des alarmes sonores

1.18.2. Procédure en cas de panne de volets sur CL415

La procédure standard d'atterrissage (utilisations terrestre et hydravion, hors écopage) prévoit une sortie des volets à 10° en branche vent arrière et à 25° en début de finale.
Le manuel de formation CL415 (livret de briefing BASC, amendement n° 5, novembre 2007) décrit le tour de piste sans les volets.


	MANUEL de FORMATION	PAGE 149
CL 415	LIVRET DE BRIEFING	Amendement n° 5 - 16/11/07

TOUR DE PISTE SANS LES VOILETS



Tour de piste sans volets

Le manuel de sécurité de l'instructeur et de l'examineur (version février 2013, édité par la cellule instruction du secteur CL415) contient une fiche de l'exercice d'atterrissage sans volets. La technique d'atterrissage sans volets prévoit d'effectuer l'arrondi « aux moteurs » (la réduction prématurée des gaz et la recherche de l'arrondi sont à éviter).

 MANUEL DE SECURITE DE L'INSTRUCTEUR	
CL 415	
Version février 2013	
5.4 Atterrissage sans volets	
Références	Check-list U/Onglet 3 FCL.240 appendice 2
Minima	VFR/Conditions météo permettant le pilotage par référence extérieure
Mise en situation	-A la demande des volets l'instructeur annonce : « Panne volets »
Arrêt de l'exercice	L'instructeur annonce : « Fin d'exercice »
Consignes de sécurité	-VS 81 kts train rentré, moteurs réduits à 36000lbs, attention à l'inclinaison -DA augmentée de 25% -Pas de changement de configuration en finale -Possibilité d'utiliser l'AOA
Erreurs et situations critiques	-Non respect des Vi en dernier virage et finale -Assiette trop forte -Réduction des gaz prématurée -Recherche de l'arrondi

18

Fiche d'exercice d'atterrissage sans volets

Le manuel de vol Bombardier (au chapitre 4-A, édition du 30 septembre 2004) et la C/L pilote (document Sécurité civile, édition d'avril 2012) mentionnent dans la section « procédures d'urgences » la procédure en cas de sortie dissymétrique des volets.

Sont notamment indiquées dans cette procédure les majorations des distances d'atterrissage en cas de configuration d'atterrissage non standard (volets 0°, 10° ou 15°).

Le manuel de vol Bombardier mentionne en section « procédures anormales » :

- 5) panne du circuit des commandes vol – N) panne des volets

Indication : les volets ne réagissent plus à la sélection

Si la panne de volets survient alors qu'ils sont en position intermédiaire, ne pas dépasser en vol la V_{FE} correspondant à la position des volets immédiatement supérieure. Se reporter aux « Limitations – Limitations de vitesse ».

En approche finale à l'atterrissage, afficher la vitesse correspond à la position des volets immédiatement inférieure. Se reporter aux « Performances – Vitesses d'approche (V_{REF}) – Position anormale des volets.

Cette procédure n'est pas reprise en C/L pilote.

1.18.3. Casques utilisés par les équipages CL415

Type AVP 68 840 K, sans atténuateur de bruit.

1.18.4. Témoignages

- Eléments relatifs au témoignage de l'équipage :

- L'annonce du pilote de l'avion au point d'arrêt « *attention au train* » a été entendue par le CDB à l'entraînement ; l'instructeur n'a pas de souvenir de l'avoir entendue.
- Aucun n'a de souvenir d'avoir entendu l'alarme de train.

- Contrôleuse en poste à la tour d'Aix les Milles

En synthèse de son témoignage :

- la fréquence sol est active, elle contrôle sur les fréquences sol et tour ;
- elle a bien intégré la nature de l'exercice en cours (atterrissage sans volets) ;
- elle constate une arrivée assez rapide ;
- elle autorise au toucher ;
- elle voit que le train est rentré lorsque l'appareil se rapproche, elle a un doute sur le fait que ce soit volontaire de la part de l'équipage, le doute grandit de plus en plus puis « *le pilote du DR400 parle avant elle* » ;
- elle voit l'avion qui reste longtemps près du sol, de façon anormale pour elle ;
- elle n'a pas vu le touché du fuselage sur la piste.

- Pilote de l'avion DR400 (qui annonce à la radio « *attention au train* »)

En synthèse de son témoignage :

- instructeur bénévole, ancien contrôleur ;
- il est en instruction avec un élève-pilote ;
- se trouvant alors au point d'arrêt A côté Est, sur la fréquence tour, il regarde le P35 approcher et constate que le train est rentré ;
- il se demande : « *est-ce un simulacre d'amerrissage ?* », « *personne ne dit rien* », « *va-t-il remettre les gaz ?* » ;
- lorsqu'il estime l'appareil trop bas pour que l'exercice puisse être une remise de gaz, il annonce « *attention au train* » alors que le P35 est au-dessus du seuil ;
- il n'a pas vu le touché du fuselage (il n'a pas vu d'étincelle) ;
- il pense qu'il aurait fait l'annonce plus tôt s'il ne s'était pas agi d'un hydravion.

1.18.5. Enquêtes BEAD-air suite à des posés sans train

Quatre autres enquêtes ont été conduites par le BEAD-air suite à des atterrissages sans train¹¹ :

- il s'est agi de 2 vols d'instruction, d'un vol d'entraînement aux pannes avec moniteur et d'un vol d'essai ;
- pour 3 d'entre eux (vols d'instruction et d'entraînement), l'incident se produit à l'issue d'une succession d'exercices en tours de piste, et la commande de train n'est pas actionnée¹² ;
- les phases de vol en cours étaient : exercice d'atterrissage monomoteur, atterrissage en panne volets, exercice d'atterrissage sans volets, atterrissage normal ;
- il s'est agi d'équipages à 2 minimum (1 équipage à 3), expérimentés (total pour les 2 pilotes : de 6 500 à 9 000 HDV).

Lors de 2 événements, l'alarme de train a sonné pendant l'approche.

S'agissant des 2 autres cas :

- l'alarme ne se déclenche pas car le seuil de déclenchement sur la manette des gaz n'est pas atteint (exercice d'atterrissage sans volets) ;
- l'alarme ne se déclenche pas suite à un dysfonctionnement du système (avarie et/ou défaut de réglage d'un contacteur).

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

¹¹ Enquêtes T-2003-025-I (Puma) ; C-2007-019-I (CASA CN235) ; T-2008-007-I (TBM700) ; A-2012-004-I (GROB 120A-F).

¹² Pour le 4ème, la palette est abaissée mais les pompes hydrauliques laissées sur OFF interdisent la sortie du train et des volets.

2. ANALYSE

2.1. Chronologie

L'animation vidéo créée à partir des paramètres FDR et CVR synchronisés permet d'établir une séquence d'événements. Le tour de piste à l'issue duquel l'appareil se présente sans train dure environ 4 minutes.

- T0-30sec : annonce du CDB à l'entraînement « train volet frein pression » en finale du tour de piste précédent
- **T0 : remise de gaz lors du *touch and go***
- T0+30sec : fin de la C/L après décollage et début de virage ; l'instructeur initie une discussion au sujet du circuit électrique des volets (*si un jour tu as une panne de volets...*)
- T0+1min : début de la branche vent arrière
- T0 + 1min50sec : échange avec le contrôle (présence d'un DR400 en courte finale, le P35 est n° 2 à l'atterrissage, prolongement de la branche vent arrière du P35)
- T0+2min 10sec : début du dernier virage
- T0+2min30sec : fin de la discussion concernant le circuit électrique des volets
- T0+2min42 sec : fin de dernier virage ; l'alarme train retentit durant moins d'une seconde
- Le CDB à l'entraînement annonce la vitesse minimale en finale et le rallongement de la distance d'atterrissage puis l'équipage échange sur le rallongement des distances d'atterrissage en fonction des configurations avion
- T0+3min20sec : le CDB à l'entraînement dit «...*on est un peu vite...*» puis l'instructeur s'interroge sur les vitesses lues pour vérifier que la vitesse limite train sorti n'a pas été dépassée ; il conclut que la limite n'a pas été dépassée
- T0+3min45sec : le P35 est autorisé au touché par le contrôle, l'instructeur accuse réception
- T0+3min58sec : début d'apparition de l'alarme train, de façon intermittente
- T0+4min02sec : annonce du pilote du DR400 au point d'arrêt « *attention au train* »
- T0+4min05sec : les manettes sont légèrement repoussées (vers PLA=50°) fin de l'alarme train (5 bips ont retenti)
- T0+4min07sec : début de la remise de gaz
- T0+4min09sec : impact du fuselage sur la piste (audible sur l'enregistrement issu du microphone d'ambiance cabine)
- T0+4min12sec : le CDB à l'entraînement réalise que le train n'est pas sorti ; le contrôle questionne « *c'était volontaire 35 ?* » ; l'instructeur annonce une remise de gaz et un report vent arrière
- Sortie du train ; l'équipage échange sur le touché de la queue puis décide le retour vers Marignane
- T0+5min : l'instructeur annonce au contrôle d'Aix le retour vers Marignane.

2.2. Fonctionnement de l'alarme train

2.2.1. Conditions et seuil de déclenchement

Étant donné les conditions dans lesquelles s'est présenté l'appareil lors de l'incident (sélecteur sur *LAND*, commande train sur UP, volets rentrés), le klaxon :

- ne doit pas retentir (et le voyant SEA être éteint) lorsque les deux manettes de puissance sont positionnées à un pouce au-dessus de la position plein réduit (*flight idle*, ralenti vol) ;
- doit retentir et le voyant SEA s'allumer lorsqu'une des 2 manettes de puissance est positionnée sur la position plein réduit.

Les paramètres enregistrés sur le FDR (position des volets et des manettes des gaz) et sur le CVR montrent :

- que l'alarme sonore de train a retenti conformément à cette conception du système ;
- qu'en pratique le seuil de déclenchement est situé légèrement au-dessus de la position plein réduit (PLA de l'ordre de 45°, couple moteur entre 5 et 10 %) ;
- que lorsque l'avion survole le seuil de piste, la position des manettes varie autour du point de réglage et qu'en conséquence l'alarme sonne de façon intermittente.

Le fonctionnement a été vérifié après l'incident, il est conforme à la carte de travail (conditions de déclenchement, seuil de position manettes des gaz).

Le voyant SEA a clignoté en phase avec les apparitions de l'alarme sonore.

2.2.2. Niveau sonore du klaxon

Le réglage du système audio du P35 est conforme (cf. chapitres 1.6.1.1 et 1.6.1.2).

D'après les témoignages recueillis, le niveau sonore de l'alarme train audible sur l'enregistrement CVR reflète ce qui est audible par l'équipage dans cette phase de vol.

Aucune anomalie technique n'a été identifiée sur le système d'alarme.

L'alarme sonore du train, enregistrée sur le CVR, a retenti en 2 séquences lorsque les manettes des gaz sont ramenées vers la position ralenti vol : en fin de dernier virage (durant moins d'une seconde) puis au seuil de piste de façon intermittente (durée totale 7 secondes).

2.3. Analyse globale de l'incident

Aucune anomalie technique n'est rapportée par l'équipage. La sortie du train effectuée après l'incident est nominale.

Les alarmes sonore et visuelle de train n'ont pas été perçues par l'équipage.

L'écoute du CVR met en évidence que l'équipage est persuadé que le train est sorti : seule l'alerte émise à la radio par un pilote au point d'arrêt interrompt la séquence qui menait probablement à un atterrissage sans train.

L'appareil a une trajectoire tangente à la piste lors du touché, ce qui limite l'endommagement du fuselage.

Le frottement du fuselage, effectué autour de 95 kt, n'est pas décelé sur l'enregistrement du facteur de charge vertical.

Les enregistrements FDR et CVR montrent que l'appareil se présente sans train consécutivement à :

- l'absence d'action de sortie du train ;
- l'absence de vérification de la position du train ;
- l'absence de réaction de l'équipage aux alarmes de train.

L'incident résulte de l'absence d'action de sortie du train et de l'absence de vérification de la position du train (barrière procédurale permettant le rattrapage d'erreur). Il résulte également de l'inefficacité des alarmes sonore et visuelle (barrières techniques visant à alerter l'équipage).

2.4. Analyse des causes relevant du domaine des facteurs humains

2.4.1. Attendus concernant la mise en configuration d'atterrissage

La sortie du train lors d'un exercice d'atterrissage sans volets est effectuée suivant la même procédure que pour atterrissage en configuration standard, c'est-à-dire en branche vent arrière. En pratique, la régression de vitesse sous 129 kt est plus ou moins rapide en fonction des conditions d'arrivée de l'appareil en branche vent arrière et en tout état de cause, le train doit être en position sortie en fin de branche vent arrière. La C/L avant atterrissage est prévue en fin de branche vent arrière.

Les annonces équipage attendues en branche vent arrière, étape de base et finale lors d'un tour de piste terrestre sans volets sont les suivantes (cf. chapitre 1.17.3) :

CDB PF	COPILOTE PNF
Vi ≤ 129 kt « le train sur sorti »	Vérifie Vi ≤ 129 kt, sort le train « le train sort »
	« train sorti verrouillé »
« C/L avant atterrissage »	Effectue la C/L « C/L avant atterrissage terminée »
« C/L finale »	Effectue la C/L en finale « C/L finale terminée, paré atterrissage »

Ces C/L prévoient notamment les items :

- avant atterrissage : *Train* *sorti*
- en finale : *Train* *3 vertes vérifiées*

2.4.2. Absence d'action de sortie du train - nature et conditions de survenue de l'erreur

Nature de l'erreur

L'annonce du PF et l'action du PNF sur le train d'atterrissage sont inclus au sein d'une séquence d'actions qui débute par la demande des volets par le PF. Pour un équipage expert, cette séquence est fortement routinisée.

Lors de cet événement, l'oubli humain par rupture de la séquence d'actions est patent.

L'hypothèse la plus probable est celle d'une erreur de routine (écart involontaire).

Cet oubli est d'autant plus problématique qu'après le moment de réalisation habituel d'une action par un opérateur, celle-ci est « réputée faite ». L'opérateur aura tendance à ne pas y revenir et à passer aux séquences d'actions suivantes de la tâche puis aux tâches suivantes.

Ainsi, l'équipage s'est construit un modèle de la configuration de l'aéronef : un appareil dans la bonne configuration pour atterrir.

Ce type d'erreur peut être induit par deux mécanismes :

- une interruption de la tâche qui reporterait l'action du pilote à un moment ultérieur, l'action étant ensuite oubliée ;
- une focalisation de l'attention de l'équipage sur des éléments autres que la sortie du train, par distraction.

Conditions de survenue de l'erreur

Lors de cet événement, aucune interruption de la séquence de mise en configuration de l'appareil en branche vent arrière ne se produit : celle-ci n'est en fait jamais initiée.

L'hypothèse d'un report de la demande de sortie du train, non verbalisé de la part du CDB à l'entraînement, a été envisagée. En effet, l'appareil accélère en début de branche vent arrière jusqu'à 146 kt, soit au-delà de la vitesse limite de manœuvre des volets (129 kt), puis retrouve 125 kt en fin de branche. Cette hypothèse n'est finalement pas retenue suite au témoignage de l'équipage (pas de report volontaire de la tâche).

En revanche, au moment habituel d'initiation de la séquence de sortie des volets et du train d'atterrissage, une discussion est en cours concernant le circuit électrique de contrôle-commande des volets (*breaker D7*). Cette discussion initiée par l'instructeur, mobilise l'attention de l'équipage pendant la totalité de la branche vent arrière et la moitié de la durée du tour de piste.

Quel que soit l'intérêt pédagogique de cette discussion, elle pose le problème de la gestion du temps par l'équipage lors d'un exercice où la contrainte temporelle et la charge de travail sont relativement importantes (4 minutes pour une reconfiguration de l'avion après décollage et sa préparation pour l'atterrissage).

Comme indiqué ci-dessus, la séquence de sortie des éléments en branche vent arrière est fortement routinisée et la sortie des volets constitue un indice d'appel de la sortie du train :

le tour de piste sans volets est donc une situation de vulnérabilité (risque d'absence d'initialisation de la séquence).

Le mode de mise en situation utilisé par l'instructeur pour les exercices, dont celui de panne volets (le CDB à l'entraînement est informé de la nature de l'exercice à venir en finale du tour de piste précédent) a pu également contribuer à l'absence d'initiation de la séquence de sortie des éléments.

La mise en situation préconisée au manuel de sécurité de l'instructeur¹³ (*à la demande des volets, l'instructeur annonce « panne volets »*) est, en revanche, de nature à permettre au CDB à l'entraînement de conserver sa méthode de travail et donc de limiter le risque d'oubli.

Elle a par ailleurs un intérêt pédagogique :

- l'annonce de la panne aurait appelé naturellement la procédure de traitement de la panne par le CDB à l'entraînement ;
- de plus, il est souhaitable, autant que possible, que la découverte de la panne ou de la défaillance soit faite dans des circonstances proches de celles rencontrées lors de la survenue d'une panne ou d'un dysfonctionnement réel.

2.4.3. Conditions de non-rattrapage de l'erreur - absence d'exécution des C/L avant atterrissage et finale

Différentes barrières de prévention (éviter la survenue de l'erreur) et de protection (éviter les conséquences de l'erreur par leur récupération ou leur atténuation) ont été mises en place pour éviter qu'un événement redouté tel qu'un poser train non sorti ne survienne.

La suite de cette analyse s'attachera à comprendre pourquoi ces diverses barrières organisationnelles (procédures, C/L, travail en équipage) et techniques (alarmes) n'ont pas permis d'éviter cet événement redouté.

Analyse des tours de piste précédents, concernant la mise en configuration de l'appareil avant l'atterrissage

Lors des 3 premiers tours de piste à Aix :

- les volets puis le train sont toujours sortis par l'instructeur suite à l'appel par le CDB à l'entraînement ;
- aucune C/L *avant atterrissage et finale* n'est appelée par le CDB à l'entraînement ;
- des annonces *3 vertes* sont effectuées par l'instructeur en branche vent arrière, en continuité de l'action de sortie du train ;
- des annonces *3 vertes* ou *train volets pression* sont effectuées en finale par le CDB à l'entraînement (sauf lors du premier atterrissage) ;
- des annonces *3 vertes* ou *je confirme* (après l'annonce *3 vertes* par le CDB à l'entraînement) sont effectuées en finale par l'instructeur.

L'analyse de ces constats est la suivante :

- pour la phase de sortie des éléments en branche vent arrière, l'équipage travaille suivant la méthode prévue ;

¹³ Version février 2013.

- la barrière constituée par la C/L avant atterrissage n'est pas utilisée ;
- une vérification 3 vertes est réalisée en fin de manœuvre du train en branche vent arrière ou en début de descente (exercice monomoteur) : elle est effectuée par l'instructeur dans la continuité de l'abaissement de la palette et constitue de fait une vérification du bon fonctionnement du système suite à l'action sur la commande, dans le cadre d'une routine (*action > contrôle du résultat*) : en tant que telle, il y a un risque que cette vérification 3 vertes en branche vent arrière ne soit pas effectuée si la sortie du train n'est pas commandée ;
- la vérification de la position du train repose donc sur les vérifications 3 vertes effectuées en finale par le CDB à l'entraînement et l'instructeur ; cette vérification relève de routines développées par chacun des membres d'équipage ; elle n'est pas effectuée dans le cadre d'une C/L finale appelée et exécutée en commun.

Méthode d'utilisation des C/L

Lors du tour de piste sans volets, aucune annonce relative au train n'est effectuée et aucune C/L n'est verbalisée.

Le travail en *do-list* fait l'objet d'un accord explicite entre les membres d'équipage à l'arrivée à Aix, concernant les C/L *mise en descente* et *en vue du terrain*.

Ensuite, aucune C/L *avant atterrissage* (liste de vérifications) n'est appelée par le CDB à l'entraînement. Ceci relève non de l'oubli mais de la méthode employée.

Cette méthode supprime la double redondance associée à la méthode « demande-réponse » :

- étape de vérification qui suit celle de réalisation des actions de configuration de l'aéronef ;
- contrôle croisé entre membre d'équipage.

Cet écart volontaire de l'équipage peut relever de l'écart routinier aux normes. Dans cet événement, la méthode (travail en *do-list* en branche vent arrière) est adoptée par l'équipage pour les avantages qu'elle procure (gain de temps, simplification du travail). Cela se produit tout particulièrement lorsque l'équipage pense pouvoir accomplir la tâche sans appliquer la règle (écart non perçu comme une prise de risque par l'équipage, en particulier pour des tâches répétitives et routinières pour des pilotes experts).

Ce type d'incident montre la vulnérabilité de tout équipage en l'absence de liste de vérifications, lors d'une séance dense de tours de piste effectués dans différentes configurations : sans C/L, l'équipage travaille essentiellement sous le contrôle de sa mémoire, de ses automatismes comportementaux et des interactions au sein de l'équipage. Il est alors pratiquement sans défense interne face à une élévation importante de la demande attentionnelle, à une interruption ou à une dérive de ses préoccupations.

Focalisation de l'attention

Plusieurs discussions se succèdent entre la fin de branche vent arrière et l'incident.

De plus, cela est perçu à l'écoute du CVR et confirmé par le témoignage du CDB à l'entraînement : celui-ci est focalisé en finale par la vitesse qui ne régresse pas ; il « *n'est pas à l'aise* » mais ne parvient pas à comprendre pourquoi.

Un même phénomène de focalisation de l'attention a donc pu contribuer à l'oubli de vérification 3 vertes en finale.

Contexte du vol ENT PROC – Répartition des rôles dans le cockpit

Il apparaît dans ce vol une superposition entre une répartition des rôles de type *vol opérationnel* sur CL415 (CDB PF, copilote PNF) et une répartition de type *vol d'instruction* (pilote PF, instructeur).

En effet, l'application de la méthode de travail en équipage préconisée à la BASC suppose :

- que l'instructeur, qui est le responsable du vol, « joue » pourtant le rôle de copilote ;
- et que le CDB à l'entraînement assure sa fonction de commandant de bord ; à ce titre, il doit appeler les C/L, et notamment les insérer à propos dans le vol en fonction de l'évolution de la charge de travail, alors qu'il n'est pas en charge de la conduite du vol.

Une bonne synergie de l'équipage est nécessaire, à fortiori lors d'une séance dense d'entraînement aux procédures de panne.

Or, ce contexte particulier peut constituer une situation de vulnérabilité par rapport aux pré-requis nécessaires à un travail en équipage efficient (exercice du leadership, responsabilité en terme de conduite du vol, répartition des rôles).

2.4.4. Conditions de non-rattrapage de l'erreur - absence de réaction de l'équipage aux alarmes de train

Plusieurs facteurs ont pu contribuer à l'absence de réaction de l'équipage à l'alarme train.

Conscience de la situation erronée

En finale, le CDB à l'entraînement mentionne à deux reprises que la vitesse est trop élevée. En réaction, l'instructeur se pose la question de savoir si la vitesse limite train sorti a été dépassée. Chacun annonce la vitesse maximum qu'il a lue, puis l'instructeur conclut que la vitesse limite n'a pas été dépassée : ceci illustre la robustesse du modèle de configuration de l'aéronef que l'équipage s'est construit dès la fin de la branche vent arrière.

La perception de l'alarme de train est d'autant plus difficile pour l'équipage qu'elle vient remettre en cause ce modèle.

Une autre conséquence de ce phénomène est perceptible lors de la remise de gaz : même après avoir entendu l'annonce du pilote du DR400 puis constaté que la palette de train est haute, le CDB à l'entraînement a besoin quelques secondes pour remettre en cause sa vision de la configuration de l'appareil : ceci l'amène à effectuer une remise de gaz progressive.

Surdité attentionnelle

L'atterrissage est à la base une phase de vol critique associée à une forte charge de travail. De plus, lors de cet incident, l'attention de l'équipage est très probablement portée sur les différents paramètres d'une approche non standard : plan d'approche, vitesse et arrondi particuliers, intérêt porté à la précision du point d'aboutissement.

Une surdité attentionnelle liée à une focalisation sur autre chose que l'alarme a donc probablement contribué à l'absence de perception de l'alarme train par l'équipage.

Moindre saillance de l'alarme train lors d'un atterrissage sans volets

Lors d'un atterrissage sans volets, l'alarme sonore se déclenche à la réduction des gaz et donc principalement quelques secondes avant l'arrondi.

Par rapport à une présentation pour un atterrissage standard :

- elle sonne quatre à cinq fois moins longtemps ;
- elle sonne uniquement dans une phase de vol pendant laquelle la charge de travail de l'équipage est élevée ;
- elle peut sonner de façon intermittente (cf. chapitre 2.2).

Concernant l'alarme visuelle (voyant SEA) :

- d'après les témoignages recueillis, il apparaît que les conditions d'éclairage influent fortement sur la visibilité de ce voyant ;
- en tout état de cause, lors de cet incident, la saillance de cette alarme est amoindrie car le voyant s'allume dans une phase de vol pendant laquelle le regard de l'équipage est principalement porté vers l'extérieur.

Confusion avec l'alarme de décrochage

Bien que les caractéristiques des sons soient différents (cf. chapitre 1.18.1), il est possible que l'équipage n'ait pas réagi à un son fréquemment entendu dans cette phase de vol (arrondi), et qui ne nécessite pas dans ce cas de réaction immédiate. Le fait que le klaxon normalement continu de l'alarme train ait retenti de façon intermittente (pour les raisons évoquées au chapitre 2.2), a pu participer à cette confusion.

2.5. Analyse de la gestion de l'incident par l'équipage

Après le touché du fuselage, un ensemble de décisions traduit une sous-estimation de l'incident par l'équipage. L'exposition habituelle à des chocs plus ou moins importants lors des amerrissages a pu y contribuer.

L'équipage est tout de suite préoccupé par le fait de savoir si le train va sortir normalement : cela l'amène à commander rapidement la sortie du train, alors qu'il est établi en montée suite à la remise de gaz.

La contrôleuse questionne Pélican 35 (*c'était volontaire 35 ?*) car elle a vu l'appareil tangenter longuement la piste. L'instructeur ne répond pas à ce questionnement. L'équipage est alors seul à savoir que l'appareil a touché la piste. La contrôleuse ne déclenchera donc ni pré-alerte des secours, ni inspection de piste.

La possibilité d'un posé à Aix ne semble pas avoir été envisagée.

L'équipage n'annonce l'incident ni à la tour de Marignane, ni sur la fréquence BASC *redan* qu'il contacte pour déclarer un avion *rouge*.

3. CONCLUSION

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

L'équipage (CDB à l'entraînement en place gauche, instructeur responsable du vol en place droite) réalise la séance semestrielle d'entraînement aux procédures de pannes (vol ENT PROC). Pélican 35 effectue d'abord 6 amerrissages durant environ 20 minutes sur l'étang de Vaine, puis rejoint Aix Les Milles.

Au début du quatrième tour de piste, effectué en configuration sans volets, l'instructeur présente au CDB à l'entraînement le fonctionnement d'un *breaker* du circuit électrique des volets (*breaker D7 « flap control »*) et une discussion s'engage sur ce sujet durant environ 2 minutes.

La commande de sortie du train n'est pas actionnée en branche vent arrière.

En phase d'atterrissage, l'appareil survole le seuil 33 lorsqu'un pilote d'un appareil DR 400 au point d'arrêt A annonce à la radio « *attention au train* ». Le CDB à l'entraînement perçoit cette annonce et remet les gaz. L'appareil rejoint Marignane train sorti et se pose normalement.

Aucune anomalie technique n'a été identifiée sur l'appareil et son système d'alarme de train. L'alarme sonore du train, enregistrée sur le CVR, a retenti en 2 séquences lorsque les manettes des gaz sont ramenées vers la position ralenti vol : en fin de dernier virage (un bip) puis au seuil de piste (durée 7 secondes, 5 bips).

3.2. Causes de l'événement

L'incident résulte de l'absence d'action de sortie du train et de l'absence de vérification de la position du train (barrière procédurale). Il résulte également de l'inefficacité des alarmes sonore et visuelle (barrières techniques visant à alerter l'équipage).

L'oubli de commander la sortie du train est la conséquence d'une erreur de routine favorisée par une focalisation de l'attention de l'équipage sur une autre tâche que la configuration à court-terme de l'aéronef (distraction).

La nature de l'exercice en cours et le mode de mise en situation utilisé pour cet exercice de panne ont pu contribuer à la survenue de cette erreur, en favorisant l'absence d'initialisation de la séquence de sortie des éléments en branche vent arrière.

La barrière procédurale constituée par l'exécution des C/L avant atterrissage et finale n'a pas été utilisée, en conséquence de la méthode utilisée de façon générale lors du vol : mise en configuration de l'appareil en *do-list*, pas d'appel de ces C/L.

Les facteurs suivants ont également pu contribuer à l'absence de récupération de l'erreur :

- une focalisation de l'attention de l'équipage en finale (distraction et focalisation sur les paramètres de vol spécifiques à l'exercice en cours) ;
- le contexte du cockpit lors du vol d'entraînement aux procédures (fragilisation du leadership et de la répartition des rôles).

La barrière technique constituée par les alarmes train (sonore et visuelle) n'a pas été efficace, probablement par l'effet cumulé :

- de la nécessité d'une forte saillance de ces alarmes, pour qu'elles puissent remettre en cause le modèle erroné de la configuration de l'appareil que l'équipage s'est construit dès la fin de la branche vent arrière (un appareil dans la bonne configuration pour atterrir) ;
- de la moindre saillance de ces alarmes en configuration sans volets.

Les facteurs suivants ont également pu contribuer à l'absence de réaction de l'équipage à l'alarme sonore :

- un phénomène de surdité attentionnelle ;
- une confusion avec l'alarme décrochage.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Consolidation du travail en équipage sur CL415 au sein de la BASC

Lors de cet incident, le travail en équipage n'a pas permis la récupération d'erreur.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de clarifier et standardiser la mise en œuvre des C/L.

à la DGSCGC, de mettre en cohérence les documentations existantes (MAP, manuel de formation, mémento d'annonces standard).

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de finaliser la mise en place d'une structure CRM.

à la DGSCGC, de mettre en place une formation CRM homologuée et pérenne, incluant un volet CRM instructeur.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de consolider le contrôle en vol du travail en équipage (mise en place d'un vol dédié avec un 3^{ème} homme, séances en simulateur,...).

4.1.2. Risque de posé sans train lors d'atterrissages sans volets

L'analyse montre que l'exercice d'atterrissage sans volets est une situation de vulnérabilité par rapport au risque de posé sans train.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de compléter la fiche « atterrissage sans volets » du manuel de sécurité de l'instructeur en mentionnant la moindre efficacité de la barrière technique constituée par l'alarme train dans cette configuration.

à la DGSCGC, d'introduire le cas de panne (blocage) des volets dans la C/L pilote CL415.

4.1.3. Consolidation des briefings des vols d'entraînement

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la DGSCGC, de formaliser le programme du vol d'entraînement aux procédures (notamment la répartition des rôles à bord).

à la DGSCGC, de développer un contenu pédagogique des vols d'entraînements, qui distinguerait d'une part les rappels qui doivent être abordés lors du briefing avant vol, et d'autre part, ceux pouvant être abordé lors du vol réel, sous pression temporelle et charge de travail élevée.

4.1.4. Efficacité des alarmes sonores

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'IRBA, de poursuivre les recherches sur la conception des alarmes sonores dans les environnements à risques.

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

Néant.