



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 17 août 2006

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-S-2004-006-A

Date de l'événement	08 mars 2004
Lieu	Lac de Sainte-Croix (83)
Type d'appareil	Canadair CL 415
Immatriculation	P 41
Organisme	Direction de la défense et de la sécurité civiles
Unité	Base avions de la sécurité civile de Marignane

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits utiles à la compréhension de l'événement sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des faits de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Enfin, dans le dernier chapitre, les expertises nécessaires sont exposées afin de compléter l'enquête technique.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive 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.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	5
<i>Synopsis</i>	6
1. Renseignements de base	8
1.1. Déroulement du vol	8
1.1.1. Mission	8
1.1.2. Déroulement	8
1.1.3. Localisation.....	10
1.2. Tués et blessés	11
1.3. Dommages à l'aéronef.....	11
1.4. Autres dommages	11
1.5. Renseignements sur le personnel.....	11
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef.....	13
1.6.1. Maintenance.....	13
1.6.2. Limitations.....	13
1.6.3. Performances	13
1.6.4. Carburant	14
1.7. Conditions météorologiques	14
1.8. Aides à la navigation	15
1.9. Télécommunications.....	15
1.10. Renseignements sur l'aérodrome.....	16
1.11. Enregistreurs de bord.....	16
1.11.1. Enregistrement de la position des ailerons.....	16
1.11.2. Enregistrement de l'angle de roulis	16
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	16
1.12.1. Examen de la zone	16
1.12.2. Examen de l'épave.....	17
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.13.1. Le commandant de bord.....	18
1.13.2. Stagiaire co-pilote en place droite.....	18
1.13.3. Stagiaire co-pilote sur le siège central en place d'observateur	18
1.14. Incendie	18
1.15. Survie des occupants	18
1.15.1. Évacuation de l'appareil par le survivant.....	18
1.15.2. Récupération du copilote survivant.....	19
1.15.3. Organisation des secours	19
1.16. Essais et recherches	20
1.16.1. Photos sous-marines	20
1.16.2. Renflouement de l'aile du Canadair P 41	20
1.16.3. Expertises.....	20
1.17. Renseignements sur les organismes.....	21
1.18. Renseignements supplémentaires	21
1.18.1. Formation des stagiaires co-pilote pour la qualification de type.....	21
1.18.2. Événements précédents relatifs à une perte de ballonnet.....	21
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	22
1.19.1. Renflouement de l'aile du Canadair P41	23
2. Analyse	30
2.1. reconstitution de l'évènement	30
2.1.1. Contexte de la mission d'instruction.....	30
2.1.2. Le mécanisme de l'accident.....	31
2.2. Études des causes qui ont menées à l'accident.....	37

2.2.1. Causes environnementales	37
2.2.2. Causes techniques	38
2.2.3. Causes humaines	39
3. Conclusion	42
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	42
3.2. Causes de l'accident	43
4. Recommandations de sécurité.....	44
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement.....	44
4.1.1. Procédure en cas de perte de ballonnet	44
4.1.2. Instruction des pilotes stagiaires	44
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement.....	45
4.2.1. Enregistreur de conversation cabine	45
4.2.2. Sécurité et sauvetage.....	46
<i>Annexes</i>	<i>47</i>
1. Le marsouinage	48
2. Manuel de formation vol H2	49
3. Extrait du livret de progression : vol H2	51
4. Données extraites du FDR.....	52
4.1. L'exercice de marsouinage	52
4.2. Décollage vers l'aéroport de Marseille-Provence jusqu'au gauchissement en butée.....	55
4.3. De la butée du manche à gauche jusqu'à la fin du vol.....	57
5. Vue de la chaîne de commande	59

GLOSSAIRE

BASC	Base avions de la sécurité civile
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
CEAT	Centre d'essais aéronautiques de Toulouse
CODIS	Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours
COGIC	Centre opérationnel de gestion interministériel de crise
COS	Commandant des opérations de secours
COZ	Centre opérationnel de zone
DDSC	Direction de la défense et de la sécurité civiles
FDR	<i>Flight data record</i> Enregistreur de paramètres de vol
Ft	<i>Feet</i> Pied (1 pied \approx 0,3 m)
Kt	<i>knot</i> Nœud (1 nœud \approx 1,852 km/h)
Lb	<i>Pound</i> Livre, unité de mesure de masse (1 livre \approx 450 g)
Nm	<i>Nautical mile</i> Mille nautique (1 Nm \approx 1852 m)
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales
TRI	<i>Type rating instructor</i> Instructeur de qualification de type
TRTO	<i>Type rating training organisation</i> Etablissement agréé pour former aux qualifications de type
QT	Qualification de type

SYNOPSIS

- Date de l'événement : Lundi 08 mars 2004 vers 11h15¹ ;
- Lieu de l'événement : Lac de Sainte-Croix (83) ;
- Organisme : Direction de la défense et de la sécurité civiles (DDSC) ;
- Unité : Base d'avions de la sécurité civile de Marignane (BASC) ;
- Aéronef : Bombardier Canadair CL-415 Pélican n° 41 ;
- Nature du vol : Vol d'instruction pour une qualification de type ;
- Nombre de personnes à bord : 3.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Le lundi 8 mars 2004, un Canadair effectue une mission d'instruction sur le lac de Sainte-Croix. Après 1h30 de vol, l'hydravion percute la surface de l'eau. Deux membres d'équipages sont tués, le troisième est gravement blessé. L'avion s'abîme au fond du lac.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé enquêteur désigné ;
- un enquêteur technique adjoint du BEAD-air ;
- un enquêteur de première information (EPI) de la BASC de Marignane ;
- un expert pilote, pilote de Canadair, de la BASC de Marignane ;
- un expert mécanicien de la direction technique, de la BASC de Marignane ;
- un médecin du personnel navigant de la BASC de Marignane.

Enquête judiciaire

- Le Parquet de Draguignan s'est saisi de l'affaire ;
- Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie des transports aériens de Nice a été commis.

¹ Les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale en vigueur en France métropolitaine le jour de l'événement.

Déclenchement de l'enquête technique

Le lundi 8 mars à 11h40, le BEAD-air est prévenu par téléphone de l'accident d'un Canadair sur le lac de Sainte-Croix.

A 13h00, le groupement des moyens aériens de la DDSC notifie par télécopie l'accident.

Le déclenchement de l'enquête technique, conduite par l'enquêteur désigné, est confirmé par message du BEAD-air à 13h35.

Dans l'après-midi, l'expert mécanicien se rend au lac de Sainte-Croix.

Des prises de vues sous-marines de l'épave sont effectuées par la brigade nautique de la gendarmerie nationale de Fos-sur-Mer (13) lors de la journée du 08 mars et des jours suivants.

Le mardi 09 mars au matin, l'enquêteur désigné et le groupe d'enquête technique se rendent sur les lieux de l'accident.

L'enregistreur de paramètres de vol (FDR)² est récupéré le mardi soir. Il est dépouillé le lendemain, par le centre RESEDA³ à Brétigny-sur-Orge (91) en présence d'un enquêteur technique du BEAD-air et de l'officier de police judiciaire.

Le ballonnet⁴ de bout d'aile droite est retrouvé sur le rivage sud du lac, le lundi 15 mars.

² FDR : *Flight data recorder* (enregistreur de paramètres de vol).

³ RESEDA : Restitution des enregistreurs d'accidents.

⁴Ballonnet : Flotteur placé à l'extrémité des ailes. Il a pour fonction d'empêcher l'enfouissement de l'aile.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DEROULEMENT DU VOL

1.1.1. Mission

Indicatif mission	Pélican 41
Type de vol	VFR ⁵
Type de mission	Instruction pour une qualification de type (QT)
Dernier point de départ	Base avions de la sécurité civile Aéroport de Marseille-Provence
Heure de départ	09h30
Point d'atterrissage prévu	Base avions de la sécurité civile Aéroport de Marseille-Provence

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le lundi 08 mars, le deuxième vol de la phase « hydro⁶ » est programmé dans le cadre de l'instruction pour une qualification de type au profit de deux stagiaires co-pilotes.

Le matin du vol, les deux stagiaires co-pilotes sont briefés par l'instructeur. Les exercices et les démonstrations d'exercices sont inscrits dans le « livret de progression » et le « livret de briefing ». Parmi ceux-ci, la démonstration du phénomène de « marsouinage⁷ » est prévue.

⁵ VFR : *Visual flight rules*, règles de vol à vue.

⁶ Hydro : Vol comprenant des décollages sur plan d'eau et des amerrissages.

⁷ Marsouinage : Phénomène d'instabilité dynamique en tangage d'un hydravion sur l'eau.

1.1.2.2. Composition de l'équipage pour la mission d'instruction

Dans le poste de pilotage, le commandant de bord est installé en place gauche pour la durée complète du vol. Il instruit, tour à tour, chacun des deux stagiaires co-pilotes. Celui pour lequel l'instruction est délivrée est installé en place droite alors que le second prend place sur un siège central⁸. Au cours du vol d'instruction, les deux stagiaires co-pilotes intervertissent ensuite leur place après un amerrissage. Le stagiaire assis sur le siège central n'a aucun rôle dans la conduite du vol, il est observateur.

1.1.2.3. Description du vol

A 09h30, le Canadair décolle de l'aéroport de Marseille-Provence pour le lac de Sainte-Croix qui est un des plans d'eau habituellement utilisés par la DDSC pour les vols d'instruction.

Après une 01h20 de vol, la phase d'instruction au profit du premier stagiaire est achevée. A l'arrêt du Canadair sur le lac, les deux co-pilotes intervertissent leur place.

Le second stagiaire prend les commandes et débute sa séance d'instruction par de l'hydroplanage conformément au programme d'instruction.

Avant de débiter l'exercice suivant relatif au marsouinage, l'instructeur rappelle les actions à réaliser pour arriver à ce phénomène. Il rappelle que la vitesse doit rester inférieure à 55 kt⁹.

Le stagiaire, toujours aux commandes, effectue la sortie des volets à 10°, configuration de décollage. Il procède alors à la mise en accélération de l'appareil en avançant la manette des gaz pour obtenir un couple au moteur qui correspond à une valeur proche de celle requise pour un décollage.

Alors que le Canadair accélère, le stagiaire actionne la gouverne de profondeur pour initier le marsouinage. La vitesse continue à augmenter et le Canadair décolle sans que le phénomène de marsouinage ne se soit produit. Le stagiaire ramène les manettes de puissance au minimum.

⁸ Le Canadair étant un hydravion pour un équipage de conduite à deux pilotes, un siège central est monté dans le passage d'accès au poste de pilotage pour ce vol spécifique.

⁹ Kt : *knot* - Nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h).

L'appareil percute la surface de l'eau et l'équipage perçoit un choc. Alors que l'appareil continue d'évoluer sur l'eau en décélération, l'instructeur fait remarquer au stagiaire la perte du ballonnet droit.

L'instructeur décide d'interrompre la mission d'instruction et reprend alors les commandes pour retourner vers l'aéroport de Marseille-Provence.

L'instructeur entreprend alors de décoller après avoir mis l'hydravion sur l'axe 025. Dès le décollage, l'appareil s'incline lentement sur la droite bien que le manche soit positionné à gauche. L'instructeur positionne alors le manche en butée à gauche mais l'inclinaison continue de croître. L'instructeur annonce aux deux co-pilotes stagiaires des difficultés à contrôler l'appareil. Le stagiaire co-pilote, assis en place milieu, propose de passer les commandes en manuel¹⁰. L'instructeur ne retient pas cette option et met l'hydravion en descente. Il demande au stagiaire en place droite de mettre les volets en position 25° qui correspond à la configuration d'amerrissage. L'appareil, étant toujours incliné et en descente, vient percuter l'eau avec son aile droite.

L'instructeur et le stagiaire sur le siège central décèdent. Le stagiaire en instruction est gravement blessé.

1.1.3. Localisation

➤ Lieu :

- ⇒ pays : France ;
- ⇒ département : Var (83) ;
- ⇒ commune : Les Salles sur Verdon ;
- ⇒ coordonnées géographiques :
 - N° 43° 45' 53'' ;
 - E 006° 12' 43''.
- ⇒ altitude du lieu de l'événement : 477 mètres.

➤ Moment : jour.

¹⁰ Cette manœuvre supprime l'assistance hydraulique de la servocommande.

1.2. TUES ET BLESSES

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	2		
Graves	1		
Légères / Aucunes			

1.3. DOMMAGES A L'AERONEF

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4. AUTRES DOMMAGES

Néant.

1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL**1.5.1. Membres d'équipage de conduite***1.5.1.1. Commandant de bord*

- Age : 55 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : BASC de Marignane :
⇒ fonction dans l'unité : commandant de bord instructeur.
- Ancien pilote de chasse de l'aéronautique navale, il rentre à la DDSC en 1984 ;
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	Sur tous types	Sur CL 415	Sur CL 415	Sur CL 415
Total	6 973h00	1 482h40	48h00	12h00

- Date du dernier vol comme pilote : 05 mars 2004 ;
- Titulaire du brevet de pilote professionnel avion ;
- Date d'expiration de la licence : 31 mai 2004.

1.5.1.2. Stagiaire co-pilote¹¹ en place droite

- Age : 24 ans ;
- Unité d'affectation : BASC de Marignane :
 - ⇒ fonction dans l'unité : stagiaire co-pilote sur CL 415.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours
	Sur tous types	Sur CL 415	Sur tous types	Sur CL 415	Sur CL 415
Total	1099h40	09h18	13h18	09h18	09h18

- Date du dernier vol comme pilote : 05 mars 2004 ;
- Titulaire du brevet de pilote professionnel avion ;
- Date d'expiration de la licence : 30 septembre 2004.

1.5.1.3. Stagiaire co-pilote sur le siège central en place d'observateur

- Age : 24 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : BASC de Marignane :
 - ⇒ fonction dans l'unité : stagiaire co-pilote de CL 415.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	Sur tous types	Sur CL 415	Sur CL 415	Sur CL 415
Total	673h00	11h05	11h05	11h05

- Titulaire du brevet de pilote professionnel avion ;
- Date d'expiration de la licence : 31 juillet 2004.

¹¹ Stagiaire co-pilote en instruction au moment de l'accident.

1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

- Organisme : Ministère de l'intérieur ;
- Direction : DDSC ;
- Base aérienne de stationnement : BASC de Marignane ;
- Unité d'affectation : secteur Canadair ;
- Type d'aéronef : Bombardier CL 415 :
 - ⇒ chargement : les réservoirs d'eau sont vides lors des séances d'instruction ;
 - ⇒ masse à vide : 28 870 lbs¹².

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	CL 415	41	2484h25
Moteur droit	Pratt et Whitney	109050	2829h25
Moteur gauche	123 AF	109064	2229h10

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur. La DDSC sous-traite la maintenance de ses Canadair à une société spécialisée.

1.6.2. Limitations

Les « consignes permanentes d'opérations » de la BASC de Marignane définissent l'emploi des avions. Il est mentionné, pour le Canadair, que le décollage « hydro » est interdit si le vent de travers est supérieur ou égal à 12 kt.

1.6.3. Performances

La documentation de l'appareil ne fait état d'aucune restriction ou anomalie pouvant affecter ses performances ou son utilisation opérationnelle.

La masse est estimée à environ 32 000 lbs au moment de l'amerrissage.

¹² Lbs : *Pound* - Livre, unité de mesure de masse (1 livre ≈ 450 g).

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : JET A1 ;
- Quantité de carburant au décollage : 6 500 lbs (\approx 2 925 kg) ;
- Quantité de carburant restant estimée au moment de l'événement : 3 500 lbs (\approx 1575 kg).

1.7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

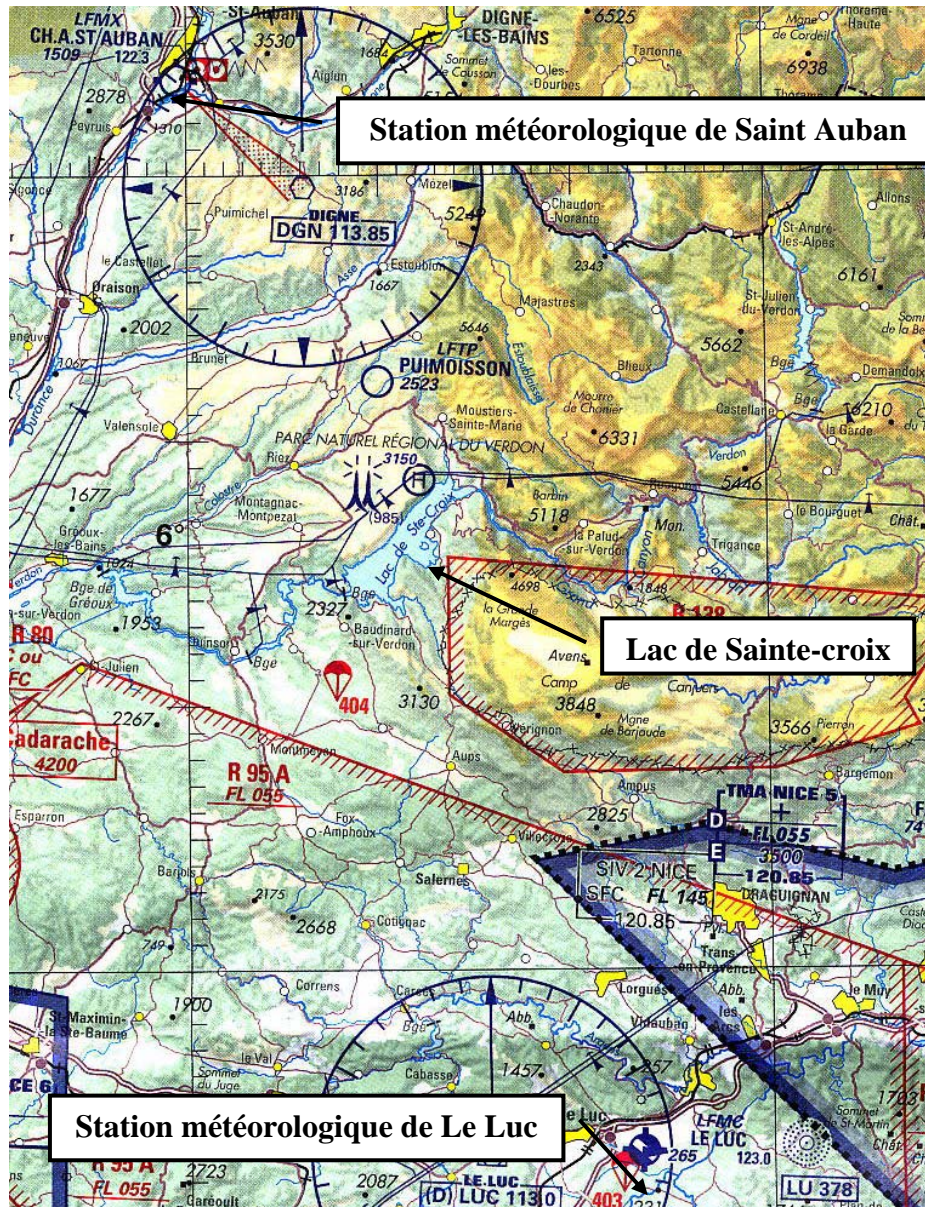
Les relevés météorologiques effectués à 11h00 sur l'aérodrome de Saint-Auban distant de 20 Nm au nord-ouest du lac de Sainte-Croix sont les suivants :

- visibilité supérieure à 10 km ;
- température : +7 °C ;
- nébulosité 1/8 à 2/8 à 3 000 ft¹³ ;
- vent du 360° pour 20 kt.

Les relevés météorologiques effectués à 11h00 sur l'aérodrome du Luc-en-Provence distant de 24 Nm au sud-est du lac de Sainte-Croix sont les suivants :

- visibilité supérieure à 10 km ;
- température : +11 °C ;
- nébulosité 1/8 à 2/8 de cumulus à 3 000 ft ;
- vent du 300° pour 16 kt.

¹³ Ft: *feet* - pied (1 ft \approx 0,3 mètre).



Carte de la région du lac de Sainte-Croix

1.8. AIDES A LA NAVIGATION

Aucun système permettant la détermination du vent (direction et vitesse) n'équipe le Canadair.

1.9. TELECOMMUNICATIONS

Le Canadair est équipé de deux postes radios. L'un est réglé sur la fréquence commune de travail des bombardiers d'eau dans la zone « Est-Rhône ».

L'autre est sur la fréquence d'approche de l'aérodrome de Le Luc.

1.10. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME

Sans objet.

1.11. ENREGISTREURS DE BORD

Le CL 415 n'est équipé que d'un enregistreur de paramètres de vol (FDR) Mini Espar 2. Cet enregistreur a été fabriqué par la Société de fabrication d'instruments et de mesure (SFIM industries).

Il est situé en soute arrière au niveau de la queue de l'appareil.

Il est en réserve de vol concernant les paramètres de remplissage des réservoirs d'eau depuis le 07 février 2004.

1.11.1. Enregistrement de la position des ailerons

L'information de position des ailerons enregistrée par le FDR est prélevée au niveau du dispositif de commande de puissance des ailerons situé au centre de l'aile et non au niveau des ailerons. En conséquence, cette information peut ne pas être représentative de la position réelle d'un ou des ailerons si la liaison entre le dispositif de commande de puissance et les ailerons est endommagée. La plage de mesure du débattement des ailerons s'étend de $-11,75^\circ$ et $+22^\circ$.

1.11.2. Enregistrement de l'angle de roulis

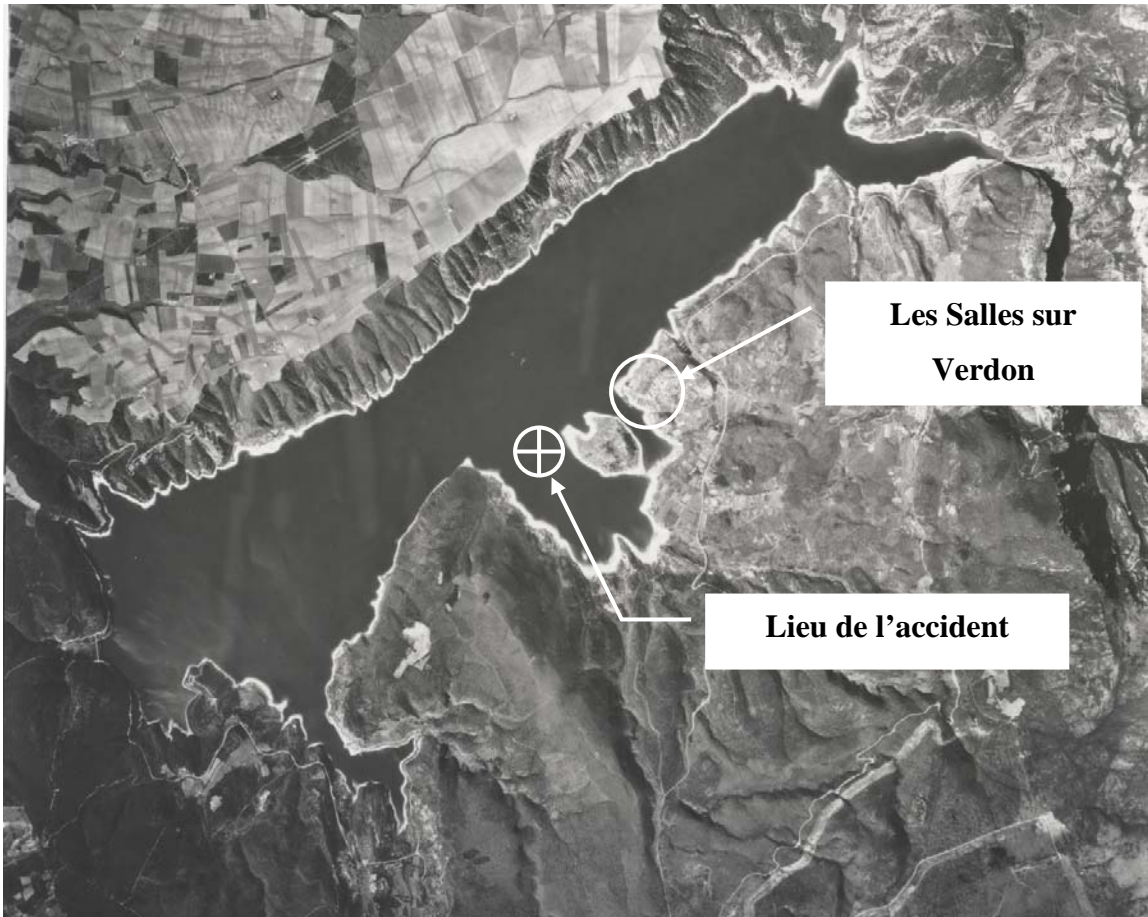
L'information de l'angle de roulis enregistré sur le FDR est prélevée sur l'un des horizons artificiels.

1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'EPAVE ET SUR L'IMPACT

1.12.1. Examen de la zone

Le lac de Sainte-Croix est situé dans la région du Verdon à une altitude de 477 m. Quelques débris de l'hydravion ainsi que du kérosène flottent sur l'eau.

L'épave repose à une trentaine de mètres de profondeur.



Vue du lac de Sainte-Croix

1.12.2. Examen de l'épave

L'examen de l'épave a été réalisé lors de différentes plongées au cours desquelles des prises de vue ont été effectuées.

Les vues sous-marines effectuées par la brigade nautique de la gendarmerie nationale de Fos-sur-mer montre que :

- l'aile, désolidarisée du fuselage, est accolée à ce dernier ;
- les deux saumons d'extrémité de l'aile sont absents ;
- l'aileron droit présente une ouverture ;
- l'intrados de l'aile droite montre une rupture de la tôle.

1.13. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

1.13.1. Le commandant de bord

Les examens et constats décrits ci-après, ont été établis lors de l'autopsie.

- Examens biologiques : effectués ;
- Blessures : traumatisme facial, pas de fracture des membres supérieurs.

Le décès est dû à la noyade.

1.13.2. Stagiaire co-pilote en place droite

- Blessures : traumatisme à la tête et fracture du bras.

Le stagiaire co-pilote en place droite survit à l'accident.

1.13.3. Stagiaire co-pilote sur le siège central en place d'observateur

Les examens et constats décrits ci-après ont été établis lors de l'autopsie.

- Examens biologiques : effectués ;
- Blessures : traumatisme facial, fractures à un bras et aux membres inférieurs.

Le décès est dû à la noyade.

1.14. INCENDIE

Néant.

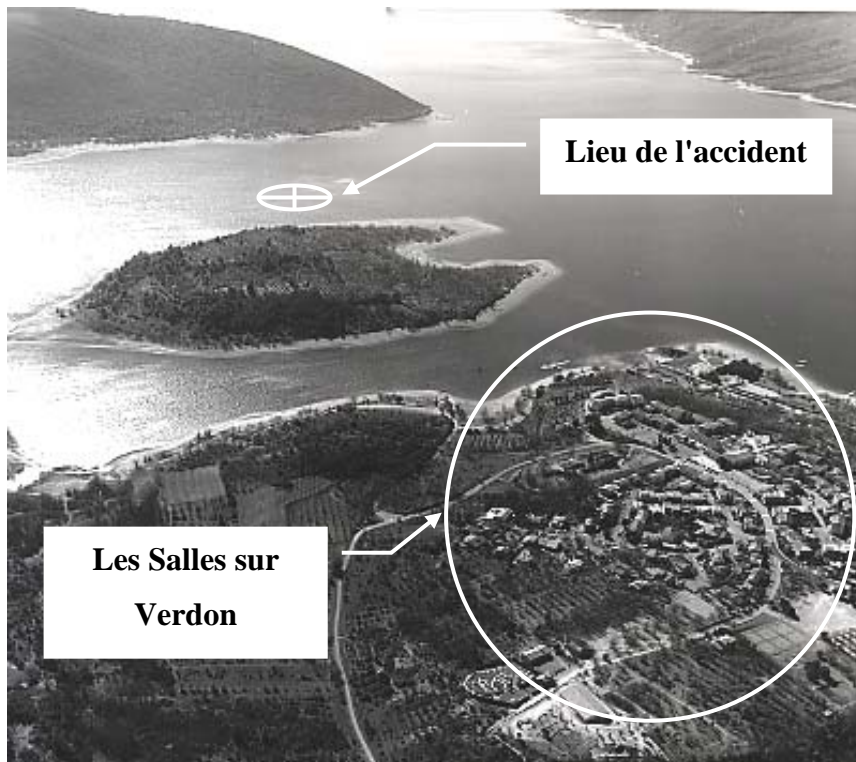
1.15. SURVIE DES OCCUPANTS

1.15.1. Évacuation de l'appareil par le survivant

Le stagiaire survivant ne se rappelle ni à quel moment et ni comment il est sorti de l'hydravion. Il s'est retrouvé à la surface de l'eau et a vu le Canadair qui flottait. Il est monté sur l'aile. Peu à peu, le Canadair a sombré. Le survivant a alors pris la décision de se jeter à l'eau et de s'agripper à un débris de l'hydravion.

1.15.2. Récupération du copilote survivant

Un témoin, situé au village de Les Salles sur Verdon, entend une explosion et voit de la fumée derrière une petite île. Aussitôt, il met à l'eau une embarcation légère afin de se rendre près de l'hydravion. Il trouve le co-pilote survivant recroquevillé sur un morceau de l'épave. Il le hisse dans l'embarcation et le ramène au village.



Vue de l'île et du village de Les Salles sur Verdon

1.15.3. Organisation des secours

Nota : les horaires inscrits dans ce paragraphe sont ceux établis par le système informatique du centre opérationnel de zone (COZ) Sud-Est.

Le déroulement des secours est basé sur le rapport du « bilan de l'événement » du COZ Sud-Est. Celui-ci est informé, par le centre opérationnel départemental d'incendie et de secours du département des Alpes-Maritimes (CODIS 04), à 11h09, qu'un Canadair a percuté la surface du lac de Sainte-Croix et s'est abîmé.

A 11h17, un hélicoptère de la DDSC est envoyé sur les lieux.

Le CODIS du Var (CODIS 83) prévient le COZ Sud-Est à 12h25 que le co-pilote survivant est évacué vers le centre hospitalier de Font-Pré à Toulon.

1.16. ESSAIS ET RECHERCHES

1.16.1. Photos sous-marines

Les plongeurs de la DDSC, en accord avec le juge d'instruction, ont fait des recherches au fond du lac afin de retrouver et de remonter les débris de taille réduite du Canadair. Lors des plongées successives, ils ont pris des photos de l'aile et des éléments de la chaîne de commande des ailerons.

Les plongeurs de la gendarmerie ont également effectué des prises de vue sous-marines de l'épave et de la commande des gouvernes de gauchissement.

1.16.2. Renflouement de l'aile du Canadair P 41

Dans le cadre des enquêtes technique et judiciaire, il a été décidé de procéder au renflouement de l'aile afin de valider les conclusions de l'analyse du FDR et de déterminer la nature des endommagements observés lors des examens sous-marins de l'épave. Pour des raisons techniques et financières, le renflouement n'a pu être réalisé qu'à la fin du mois d'octobre 2005 avec les moyens spécifiquement mis en place par la DDSC.

1.16.3. Expertises

Trois organismes étatiques ont été sollicités pour des expertises.

- L'office national d'études et de recherche aérospatiales (ONERA) afin d'estimer les conditions aérologiques subies par l'hydravion au moment de l'exercice de marsouinage ;
- L'école du personnel navigant d'essais et de réception (EPNER) du centre d'essais en vol (CEV) pour l'analyse des données du FDR ;
- Le Centre d'essais aéronautiques de Toulouse (CEAT) pour l'expertise du ballonnet droit et l'aile droite renflouée afin de déterminer les dommages subis et les modes de rupture. Les travaux d'expertises se sont déroulés de novembre 2005 à février 2006.

1.17. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES

Sans objet.

1.18. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES

1.18.1. Formation des stagiaires co-pilote pour la qualification de type

Le contenu du stage de formation des stagiaires co-pilotes est défini dans le « manuel de formation » du CL 415 de la Base avions de la sécurité civile.

Dans ce « manuel de formation » se trouve le « livret de briefing ». Il est mentionné en préambule que « *Ce livret est conçu pour aider les instructeurs et les stagiaires à préparer les différents vols terrestres et hydro de la qualification de type* ». Dans ce livret, sont précisés les exercices à effectuer dans chacune des séances d'instruction.

1.18.2. Événements précédents relatifs à une perte de ballonnet

L'analyse des incidents de perte de ballonnet répertoriés montre qu'ils se sont tous déroulés lors d'écopages dans des conditions aérologiques et aquatiques délicates. Les fiches d'incidents relatives à ces événements sont présentées en annexe. Ils se sont traduits par des endommagements du revêtement de l'aile et des ailerons consécutifs au choc avec le ballonnet. Dans un cas, il a été observé une difficulté de commande de l'aileron en raison de la déformation du bord de fuite de l'aile. Dans tous les cas les appareils ont pu retourner à leur base.

D'après les spécialistes, il semble que le CL 415 ait un mauvais comportement à la rafale du fait des plaques d'extrémités d'ailes qui diminuent l'efficacité de la commande de gauchissement. De ce fait, l'appareil devient difficile à contrôler en roulis lors de rafales de vent de travers. Les pilotes éprouvent alors des difficultés à éviter que l'appareil ne s'incline en roulis ce qui ne permet pas toujours d'éviter que le ballonnet ne vienne percuter la surface de l'eau.

1.19. TECHNIQUES SPECIFIQUES D'ENQUETE

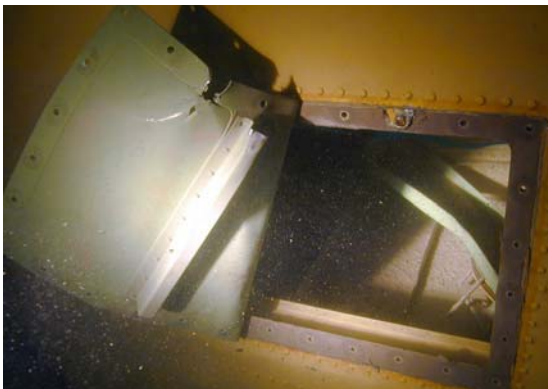
Le jour de l'accident, le Canadair a sombré à une trentaine de mètres de fond.

Le 26 mars 2004, une réunion regroupant les plongeurs démineurs de la DDSC, la BGTA¹⁴ de Nice et le groupe d'enquête étudiait la faisabilité de la remontée des débris du Canadair. Dans le mois suivant, les plongeurs démineurs de la DDSC en remontaient une grande partie à la surface.

Néanmoins, le groupe d'enquête n'avait pas à sa disposition tous les éléments techniques nécessaires pour étudier toutes les hypothèses liées au fonctionnement de l'appareil.

Dans le courant du mois de septembre 2004, les plongeurs de la gendarmerie nationale ouvrent la trappe de visite, permettant des prises de vue sur la poulie de renvoi de commandes de l'aileron droit.

Ces prises de vue qui ont été mises à la disposition du groupe d'enquête fin novembre 2004, ont permis de constater l'endommagement du système de commande.



Photos montrant la trappe de visite et le dommage sur l'intrados de l'aile droite

¹⁴ BGTA : Brigade de gendarmerie des transports aériens.

1.19.1. Renflouement de l'aile du Canadair P41

1.19.1.1. Études de faisabilité et des moyens à mettre en oeuvre

Le 14 décembre 2004, la faisabilité de la remontée de l'aile était établie lors d'une réunion à Marseille, dans les locaux de l'ESOL¹⁵ Sud, regroupant l'expert judiciaire, des personnels représentant la DDSC, le BEAD-air et la BGTA de Nice.

L'étude menée par l'ESOL Sud s'est faite grâce à une maquette montrant la disposition du fuselage et de l'aile au fond du lac.



Maquette de travail lors de l'étude de faisabilité de la remontée de l'aile

Le chef de l'ESOL Sud a été nommé par la DDSC comme le chef de projet de l'opération.

Les caractéristiques de l'aile étaient les suivantes :

- 26,5 m de longueur ;
- 3,5 m de largeur (5 m au niveau des moteurs) ;
- poids : 5,7 tonnes, les 2 moteurs en place réservoirs vides ;
- poids : 6,5 tonnes, les 2 moteurs en place réservoirs pleins ;
- surface estimée à environ 100 m² ;

¹⁵ ESOL : établissement de soutien opérationnel et logistique.

- position : aile à la verticale en appui sur le fuselage, les hélices sont au contact du fond (cf. photo de la maquette de travail).

Initialement, la période envisagée de l'opération était prévue dans le courant des mois d'avril et de mai 2005. Les contraintes calendaires étaient liées à la disponibilité des plongeurs, à l'activité touristique sur le lac de Sainte-croix débutant début juin et au plan de charge de l'ESOL Sud pendant la période estivale.

Deux groupes de travail ont été définis afin d'appréhender les difficultés de l'opération :

- la commission « plongée » ;
- la commission « implantation sur site ».

➤ **La commission « plongée »**

Les travaux sous-marins sont dirigés par le Centre de déminage de Toulon (CD 83).

Étant donnée la disposition de l'aile par rapport au fuselage, l'étude de cette commission a déterminé qu'il était nécessaire de déplacer le fuselage dans un premier temps afin de pouvoir accéder à l'aile.

La sécurisation du maintien de la position de l'aile est préalable au déplacement du fuselage. En effet, l'équilibre au repos de l'aile en appui sur le fuselage peut être modifié avec le risque de plaquer l'aile sur le fond. Cette éventualité amènerait des difficultés pour installer l'araignée¹⁶, pouvant être équipée de parachutes ascensionnels.

➤ **La commission « implantation sur site »**

Elle a la charge :

- ⇒ de l'étude et de la réalisation des plates-formes flottantes munis de treuils pour maîtriser la remontée de l'aile de sa position initiale au fond du lac jusqu'au niveau de l'eau, et ensuite pour la hisser sur un sommier de cubicubes ;

¹⁶ L'araignée est un outil en forme de cadre métallique doté de 4 points d'ancrage servant habituellement à soulever la totalité de l'avion.

- ⇒ de l'étude et de l'opération de levage de l'aile, préalablement découpée en 3 parties ;
- ⇒ du transport de ces 3 parties vers le CEAT. Le transport de l'aile en un seul bloc a été envisagé, mais les contraintes des lignes électriques et téléphoniques, ainsi que la configuration des routes (virages serrés, étroitesse des voies, etc...) aux environs du lac étaient trop importantes pour permettre à ce projet d'aboutir ;
- ⇒ de la logistique en homme et en moyens pour la restauration proche du site de renflouement.

Par ailleurs, la société chargée de la maintenance des Canadair de la DDSC assure la découpe de l'aile et des moteurs.

La société Électricité de France (EDF) a fourni les informations relatives au niveau d'eau qui peut être régulé par le barrage du lac de Sainte-Croix.

A chaque réunion de ces commissions ou toute réunion relative à la remontée de l'aile, un représentant de la BGTA de Nice était présent.

1.19.1.2. Décision du renflouement de l'aile

De ces réunions, le coût financier en moyens et en hommes pour les opérations sous-marines, terrestres et logistiques, a pu être défini.

Le 1^{er} avril 2005, le représentant de la DDSC décide, en présence de Madame le juge d'instruction et du directeur du BEAD-air, le renflouement de l'aile du Canadair sur le lac de Sainte-Croix.

La période de l'opération de renflouement a été fixée au mois d'octobre 2005.

1.19.1.3. Opérations liées au renflouement

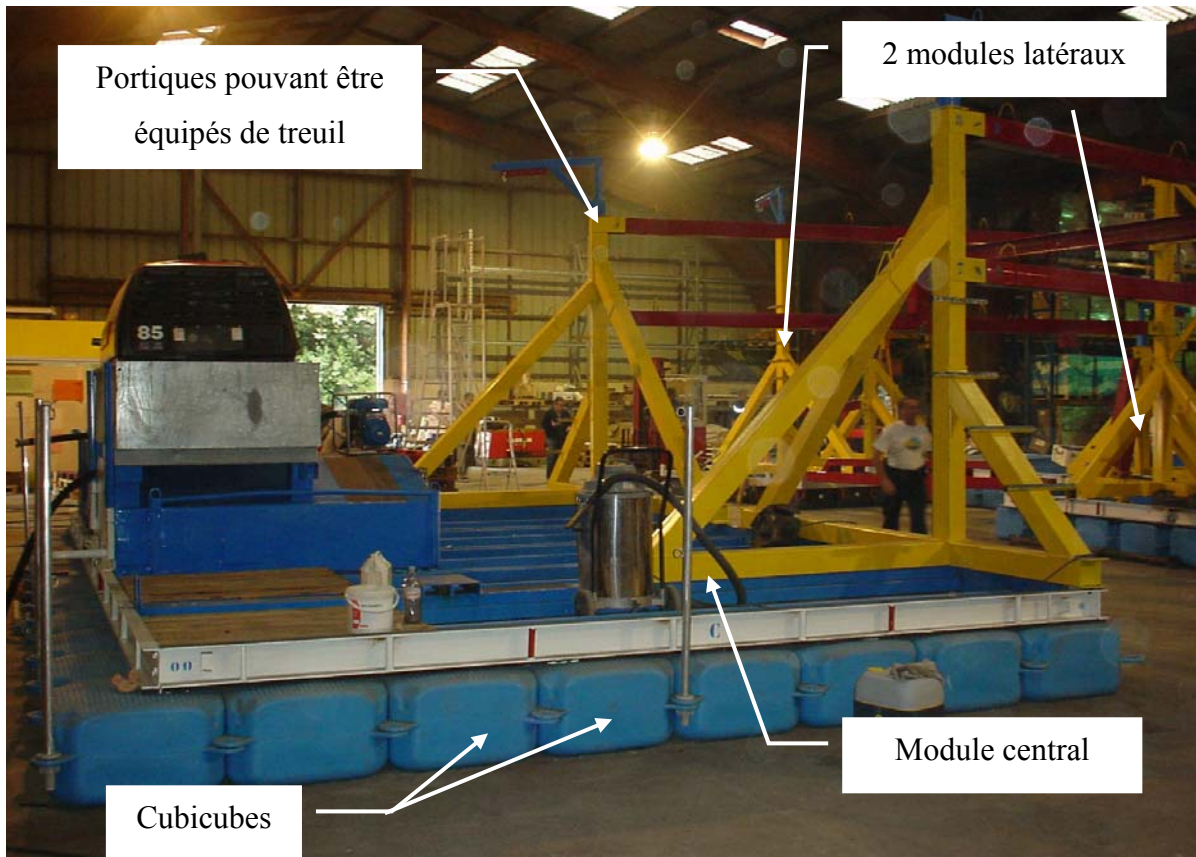
Tous les moyens de renflouement tant au niveau du matériel que du personnel ont été fournis et mis en place par la DDSC en dehors de la période estivale, pour des raisons de plan de charge.

La construction de la plateforme a été réalisée par l'ESOL Sud grâce à l'achat et la location de matériels.

L'ESOL a conçu et réalisé les portiques afin de supporter le poids estimé de l'aile avec les moteurs : entre 5,7 et 6,5 tonnes selon que les réservoirs soient pleins ou vides.

Pour soutenir les portiques et l'aile sur l'eau, ceux-ci sont placés sur des « cubis » permettant la flottabilité de l'ensemble.

La plateforme dotée des portiques a la dimension d'un carré d'une trentaine de mètre de côté. Elle est constituée de 3 modules qui ont été préalablement assemblés dans le hangar de l'ESOL afin de tester le montage.



Préassemblage de la plateforme équipée de portiques

Après démontage, les 3 modules ainsi que les équipements associés ont été acheminés par camions au début de la deuxième semaine d'octobre 2005.

L'installation de la logistique, des équipements et des matériels nécessaires à l'opération a duré environ une semaine. La plateforme a été assemblée et mise à la verticale de l'épave.

Les plongeurs démineurs ont assuré le maintien de la position de l'aile. Une fois cette opération terminée, l'ensemble de la plateforme a pu être testé grâce à l'opération du déplacement du fuselage. La DDSC n'a pas jugé utile de récupérer le fuselage.



Plate forme mise en place par la DDSC pour la remontée de l'aile sur le lac

L'aile étant accessible pour les travaux sous-marins, la plateforme a été mise à la verticale de l'aile afin de la remonter à la surface.

La remontée de l'aile s'est faite grâce à un treuil électrique.



L'aile remontée à la surface du lac grâce à la plateforme

L'aile a été placée hors de l'eau afin de glisser des cubicubes. Cette opération a permis de sécuriser l'aile en cas de rupture d'éléments soutenant l'aile.

Lors de la phase de remontée de l'aile étaient présents :

- du personnel de la DDSC ;
- du personnel militaire de l'Unité d'instruction et d'intervention de la Sécurité civile n° 7 de Brignoles ;
- des gendarmes de la BGTA de Nice ;
- des gendarmes de la brigade nautique de la gendarmerie de Fos sur mer ;
- l'expert judiciaire ;
- du personnel du BEAD-air ;
- du personnel du CEAT.



Acheminement de l'aile sur la rive par bateaux à moteur

Enfin, la plateforme et l'aile ont été acheminées par bateaux à moteurs jusque sur la rive afin d'y déposer les moteurs et d'y couper l'aile en 3 tronçons.

1.19.1.4. Découpe et convoyage de l'aile

Les 3 tronçons d'aile sans les moteurs sont acheminés vers le CEAT par camions de la DDSC.

Le 27 octobre 2005, l'aile, préalablement découpée au bord du lac, est au CEAT pour y être expertisée.



Aile au cours de la découpe et de la dépose des moteurs

2. ANALYSE

2.1. RECONSTITUTION DE L'ÉVÉNEMENT

Ce paragraphe présente le contexte de la mission ainsi que le mécanisme de l'accident.

Nota : l'analyse de l'accident est basée sur l'exploitation des paramètres du FDR (voir annexe 4, Données extraites du FDR page 52) et sur le témoignage du membre d'équipage survivant.

2.1.1. Contexte de la mission d'instruction

La mission d'instruction est effectuée dans le cadre d'une qualification de type, qualification nécessaire pour la conduite de tout avion multipilote. La formation pour l'obtention de cette qualification de type sur Canadair, comprend des séances :

- « terrestre » : décollage et atterrissage sur piste ;
- « hydro » : décollage et amerrissage sur plan d'eau.

Le jour de l'accident, les stagiaires sont à leur deuxième séance de formation sur plan d'eau dite « hydro 2 ».

Cette séance d'instruction se déroule sur le lac de Sainte-Croix qui présente l'avantage d'être un vaste plan d'eau calme adapté à la formation et à l'entraînement. De ce fait, il est régulièrement utilisé par les équipages de la sécurité civile pour l'entraînement et la formation sur Canadair.

2.1.1.1. Le marsouinage

Le marsouinage (voir annexe 1, Le marsouinage page 48) est un phénomène d'instabilité dynamique d'un hydravion sur l'eau qui se traduit par des oscillations longitudinales qui, si leur amplitude s'accroît, peuvent conduire à un accident. Le marsouinage s'amorce sous certaines conditions durant le décollage ou l'amerrissage, le plus souvent à des vitesses moyennes¹⁷ par suite d'une mauvaise position de la gouverne de profondeur.

¹⁷ Par rapport à la vitesse de décollage.

Le but de la démonstration est de faire percevoir ce phénomène au stagiaire et de lui montrer les actions à réaliser sur les commandes de gaz et de profondeur pour endiguer cette résonance :

- en deçà de 55 kt, le phénomène doit être enrayé en réduisant les gaz à fond et en plaçant le manche en secteur arrière ;
- Au delà de 55 kt, l'action à entreprendre consiste à ramener légèrement la profondeur en secteur arrière pour relever le nez de l'appareil.

2.1.2. Le mécanisme de l'accident

Pour l'exercice de marsouinage, les commandes ont été confiées au stagiaire. L'instructeur rappelle que la vitesse ne devra pas dépasser 55 kt.

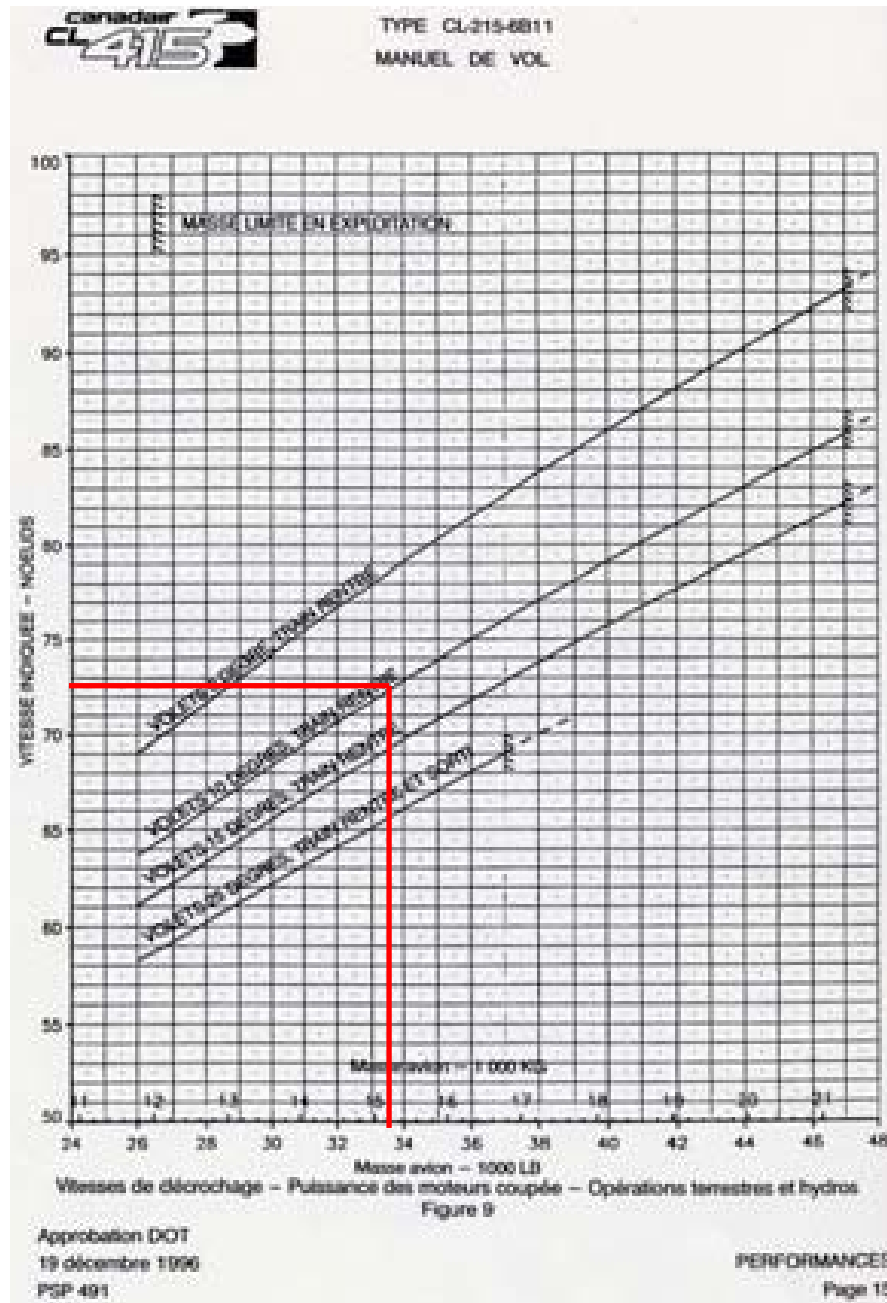
Après que le stagiaire ait placé les volets à 10° et le couple moteur à une valeur proche de celle du décollage, le Canadair accélère et atteint la vitesse de 55 kt sans que le phénomène de marsouinage n'apparaisse. Une dizaine de seconde plus tard, la vitesse dépasse la vitesse de déjàugeage¹⁸, estimée à 72 kt.

Au cours de cette phase d'accélération, le stagiaire actionne la gouverne de profondeur pour provoquer le marsouinage. Alors que l'assiette est de 13° et la profondeur en position plein cabré, l'appareil s'élève de quelques mètres sans que le phénomène ne se soit produit. La vitesse est de 76 kt et l'assiette atteint 16°. Constatant que son exercice est raté l'élève réduit l'assiette à 8° puis amène les manettes de puissance au ralenti et amorce un arrondi en prenant une assiette de 15°. La combinaison de ces deux actions a pour effet d'augmenter l'incidence au delà de l'incidence critique ce qui conduit au décrochage¹⁹. La vitesse est d'environ 72 kt.

La courbe insérée dans le manuel de vol confirme la valeur de la vitesse de décrochage selon la configuration du moment (masse de l'appareil, volets 10° et puissance réduite) à 72 kt.

¹⁸ Vitesse à partir de laquelle l'appareil s'élève de lui-même du plan d'eau. En principe le pilote ne doit permettre le décollage que lorsque la vitesse atteint la vitesse de rotation qui dans la configuration avion était proche de 84 kt.

¹⁹ Au-delà de l'incidence critique, la portance n'est plus assurée et l'appareil « s'enfonce » dans l'air.



Abaque de la vitesse de décrochage – puissance des moteurs coupés – opérations hydros

La réduction de puissance a entraîné l'interruption du soufflage de l'aile par les hélices. Ceci a conduit à une diminution de la portance. De fait, la vitesse n'est plus suffisante pour assurer la sustentation de l'appareil. Le canadair part donc en décrochage ce qui se traduit par la chute de l'appareil avec une échappée en roulis vers la droite.

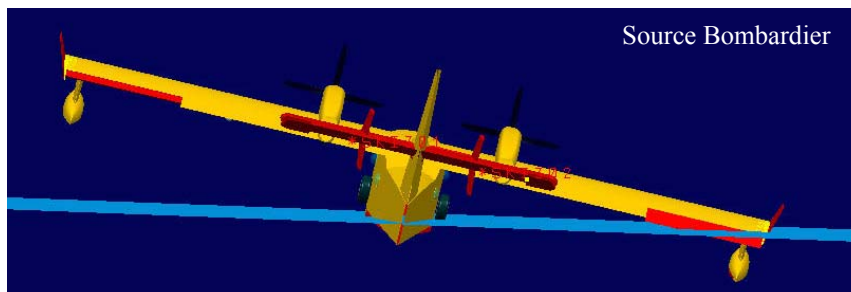
L'appareil impacte l'eau avec 11° d'inclinaison à droite avec une vitesse de 70 kt. Au moment de l'impact, l'accélération verticale est de 1,8 g²⁰. La vitesse de tangage à piquer est alors de 10°/s et la vitesse en lacet à droite de 10°/s.

Sous le choc, le ballonnet²¹ se désolidarise du mat et l'extrémité de l'aile rentre dans l'eau. La déformation du ballonnet avant sa rupture a entraîné une pointe en lacet de 16°/s. L'analyse²² des efforts appliqués sur le ballonnet montre que, de par l'inclinaison en roulis au décrochage, ceux-ci présentaient une composante latérale élevée alors que ce ballonnet est plus spécifiquement²³ conçu pour résister à des efforts longitudinaux, c'est-à-dire dans le sens de l'avancement de l'avion.

En passant sous l'aile, le ballonnet endommage l'intrados de l'aile et de l'aileron.

Les expertises menées par le CEAT suite au renflouement de l'aile ont permis de déterminer que ces endommagements étaient superficiels.

Privée de ballonnet, l'aile droite poursuit son enfournement dans l'eau ce qui provoque le pivotement du Canadair sur l'axe de lacet de 31°. Selon les différentes études menées par le constructeur, entre 30 et 50% de l'aileron est alors immergé.



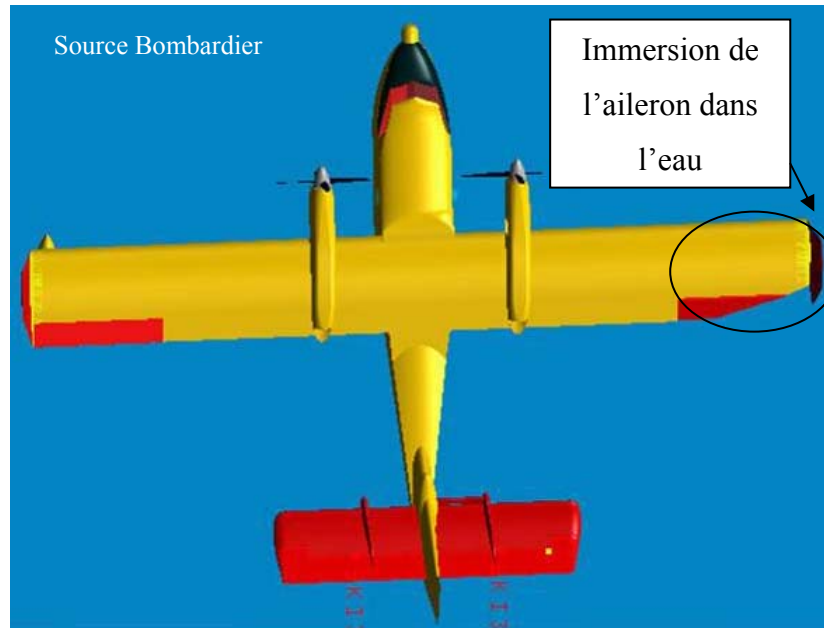
Vue arrière du Canadair avec 11° d'inclinaison à droite

²⁰ L'accélération verticale moyenne des amerrissages précédents est de 1,2 g.

²¹ Le ballonnet entre en contact avec l'eau pour des roulis d'environ 3°.

²² Rapport d'expertise CEAT n° S-02/3002238-A.

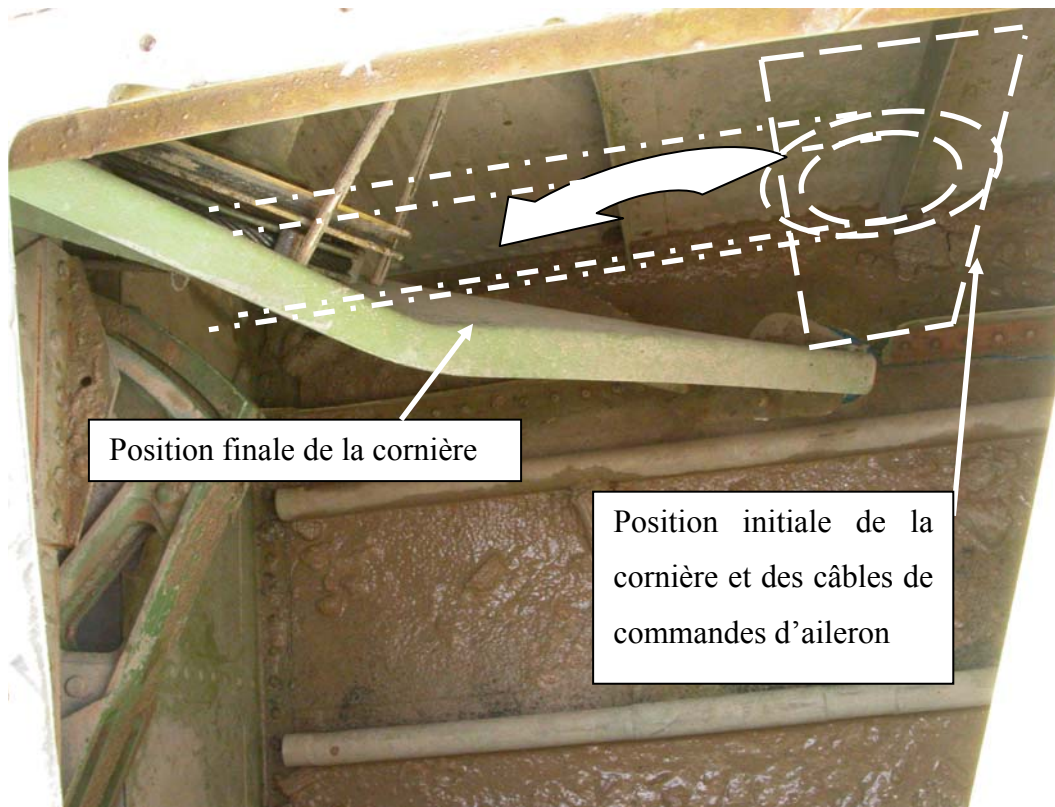
²³ Le dispositif de fixation du ballonnet est doté d'une zone de rupture dans le cas où les efforts longitudinaux dépassent une valeur susceptible d'engendrer des dommages à l'aile. La rupture ne s'est pas produite dans cette zone probablement du fait que les efforts lors du choc présentaient majoritairement une composante latérale.



Vue de dessus avec 11° d'inclinaison à droite

Les expertises du CEAT ont mis en évidence un endommagement du système de commande en gauchissement au niveau de la cornière²⁴ supportant la poulie de commande de l'aileron droit. Le CEAT estime que cet endommagement s'est produit en une seule fois au choc dans l'eau lors de l'enfournement pendant l'exercice de marsouinage. L'étude de la chaîne de commande en gauchissement montre que les dommages conduisent à l'impossibilité d'actionner l'aileron droit vers le bas, c'est-à-dire à entraîner une inclinaison en roulis sur la gauche.

²⁴ L'expertise montre que la fixation de la cornière de la poulie de l'aileron droit a fait l'objet d'une réparation à la fabrication de l'appareil. Cette réparation, approuvée par le bureau d'études Bombardier était légèrement moins résistante que la définition d'origine. Néanmoins, les spécialistes s'accordent à penser que la définition d'origine n'aurait pas pu, elle aussi, supporter le choc à l'enfournement.



Endommagement subi par la cornière supportant la poulie de commande de l'aileron droit. La cornière a basculé de 75° ce qui correspond à un déplacement de 18 cm.

Alors que l'appareil évolue sur l'eau, l'instructeur fait observer à son élève la perte du ballonnet. Il décide alors d'arrêter la séance d'instruction, prend les commandes de l'appareil et annonce qu'il décolle pour retourner vers Marseille. Il ne fait pas d'essai des commandes afin d'en vérifier le débattement complet.

Le temps entre l'impact avec l'eau et le début de la mise en puissance pour décoller est de 19 secondes. Pendant cette période, l'appareil a évolué à une vitesse comprise entre 70 et 40 kt²⁵.

²⁵ Dans son témoignage, le pilote survivant a indiqué que l'appareil s'était immobilisé ce qui n'est pas confirmé par les données de l'enregistreur.

L'instructeur procède au décollage. Dès que l'appareil quitte la surface de l'eau vers 81 kt, celui-ci s'incline lentement à droite malgré la position du manche à gauche à 50% de son débattement. 20 secondes après le décollage le roulis atteint 12° à droite. L'ordre en gauchissement est accentué à 70% à gauche puis ramené à 50% ce qui permet de réduire le roulis à 6° à droite. 4 secondes plus tard, le roulis atteint 36° à droite. La vitesse est de 129 kt et la hauteur de l'ordre de 170 ft.

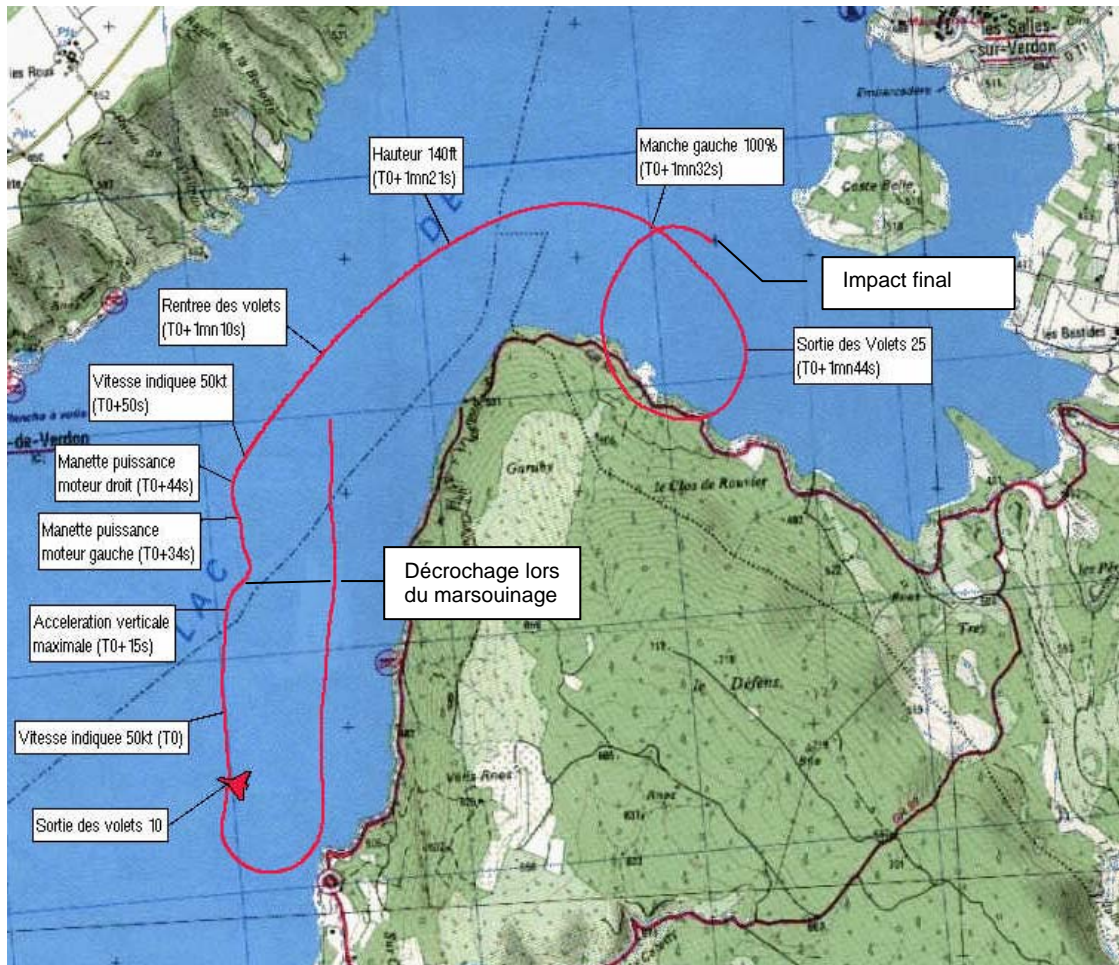
18 secondes plus tard, le pilote place le manche en butée gauche sans que le roulis ne soit modifié. La commande en gauchissement est totalement inefficace. L'inclinaison continue à croître à 49°. La vitesse est de 131 kt et la hauteur de 200 ft.

Par la suite, le pilote entreprend de multiples actions sur toutes les commandes de vol (gauchissement, profondeur, palonniers, sortie des volets) ainsi que sur les commandes de gaz (commandes dissymétriques sur les gaz) sans parvenir à réduire le roulis.

L'endommagement du mécanisme de la chaîne commande en gauchissement (description en annexe 5, Vue de la chaîne de commande page 59) est tel que les actions sur le manche ne permettent plus au pilote de contrôler l'appareil en roulis.

Les travaux d'expertises sur les données du FDR, effectués par le CEV, montrent que l'aileron droit était en position haute alors qu'il aurait dû être en position basse lorsque le manche était à gauche. Des travaux complémentaires réalisés par Bombardier ont conclu que la liaison entre l'aileron et sa commande avait vraisemblablement été rompue. De ce fait, l'aileron et son compensateur se plaçaient eux même vers le haut dans une position d'équilibre aérodynamique fonction de l'incidence de l'appareil. Ces conclusions sont cohérentes avec les endommagements observés sur la commande en gauchissement par le CEAT.

L'accident a lieu 1 minute et 10 secondes après le décollage. Le Canadair impacte l'eau à une vitesse de 85 kt et une inclinaison à droite de 58°.



*Reconstitution de la trajectoire du Canadair
incluant l'exercice de marsouinage, le décollage et la fin du vol*

2.2. ÉTUDES DES CAUSES QUI ONT MENEES A L'ACCIDENT

L'analyse des causes possibles ayant conduit à l'impossibilité de contrôler l'appareil en roulis envisagera successivement les causes environnementales, techniques, et humaines.

2.2.1. Causes environnementales

2.2.1.1. Météorologie

Les données météorologiques recueillies montrent que les conditions de **visibilité, de nébulosité et de houle sur le plan d'eau de Sainte-Croix, étaient favorables à l'accomplissement de la mission.** Ces éléments ont été confirmés par le témoignage du survivant.

2.2.1.2. Études des phénomènes aérologiques sur le lac au moment de l'accident

A la demande du BEAD-air, l'ONERA²⁶ a effectué une étude de la situation aérologique sur le lac de Sainte-Croix.

Le résultat de la simulation à 11h15, le 08 mars 2004, donne un vent à la surface orienté au Nord-Nord-Ouest. A l'endroit de l'amerrissage, le vent calculé est du 330 pour 8 kt. **Ainsi, la composante vent de travers subi par le Canadair au moment de l'exercice de marsouinage est d'environ 4 kt, c'est-à-dire bien inférieure à la limitation à 12 kt pour un amerrissage en Canadair CL 415.**

2.2.1.3. Conclusion

Les causes environnementales ne sont pas retenues comme concourant à l'accident.

2.2.2. Causes techniques

L'enquête a mis en évidence que les commandes de vol en gauchissement avaient été irrémédiablement endommagées lors du choc de l'appareil avec l'eau pendant l'exercice de marsouinage. Le contrôle en roulis n'était alors plus possible après le redécollage de l'appareil.

L'analyse des données du FDR montre que le choc de l'appareil avec l'eau résulte d'un décrochage aérodynamique et que jusqu'à cet instant,

- l'appareil répondait normalement aux sollicitations des commandes de vol ;
- la motorisation fonctionnait correctement.

Les endommagements sur les commandes de vol se sont produits alors que l'appareil était :

- ni dans son domaine de vol car en régime de décrochage ;
- ni dans son domaine de conception. Les commandes de vol ont été conçues pour faire face aux phénomènes aérologiques²⁷ et non à un enfournement.

²⁶ONERA : office national d'études et de recherches aérospatiales.

²⁷ Comme précisé dans *l'Airframe/powerplant training guide – Flight control* page 13A-12.

2.2.2.1. Conclusion

En conséquence, une défaillance technique du CL 415 n'est pas retenue comme cause préalable à l'accident. Les dommages constatés sur la chaîne de gauchissement résultent d'un choc avec l'eau consécutif à une sortie du domaine de vol lors de l'exercice de marsouinage.

2.2.3. Causes humaines

2.2.3.1. Conduite de l'instruction

Le contenu général du vol réalisé le jour de l'accident est défini dans la fiche H2 du manuel de formation CL 415 (voir annexe 2, Manuel de formation vol H2, page 49). Le contenu détaillé de ce vol est décrit dans la fiche vol H2 du livret de progression du stagiaire (voir annexe 3, Extrait du livret de progression : vol H2, page 51). Cette fiche stipule que le marsouinage fait uniquement l'objet d'une démonstration²⁸ avec le moniteur aux commandes.

L'instructeur décide néanmoins de faire exécuter l'exercice de marsouinage par le stagiaire, sans démonstration préalable. Le stagiaire, a donc les commandes pour un exercice qu'il n'a jamais réalisé. Les commandes avaient également été confiées au stagiaire précédent sans démonstration préalable. Dans son témoignage, le pilote survivant a indiqué que lui-même et l'autre stagiaire avaient, à la lecture du livret de progression, compris qu'il leur appartenait de réaliser l'exercice de démonstration du marsouinage. Ce point ne semble pas avoir été abordé lors du briefing.

La réalisation de l'exercice de marsouinage a été confiée au stagiaire alors que les documents d'instruction prévoient que cet exercice fasse uniquement l'objet d'une démonstration avec le moniteur aux commandes.

²⁸ Au cours de la formation des co-pilotes, le marsouinage n'est abordé que lors du vol H2.

La vitesse d'évolution maximale pour l'exercice de marsouinage a été fixée par le moniteur à 55 kt. Or cette vitesse a été dépassée de plus de 20 kt par l'élève aux commandes sans que le moniteur n'intervienne. Lors de cette phase, ni l'élève ni le moniteur ne surveillent la vitesse.

Lorsque l'appareil décolle au cours de la recherche du marsouinage, l'élève réduit les gaz et amorce une action à cabrer dans le but d'amerrir. Cette action, réalisée à une vitesse insuffisante, a amené l'appareil au décrochage et donc à sa chute. L'instructeur n'est pas intervenu pour empêcher la réduction des gaz.

Dans son témoignage, le pilote survivant a indiqué que c'était la première fois qu'il réalisait un amerrissage avec les volets à 10° et qu'il avait eu des difficultés à maîtriser le roulis²⁹. Il n'avait donc pas acquis les repères associés à cette configuration. Le stagiaire réalisait son deuxième vol hydro. Il totalisait moins de 10 heures de vol sur Canadair dont environ 1h30 en hydro.

Lors de l'exercice de marsouinage, l'instructeur n'est pas intervenu pour contrôler la vitesse, pour rattraper le décollage intempestif ou pour empêcher le stagiaire de réduire les gaz.

2.2.3.2. Décision de décoller

Après l'impact avec l'eau, et alors que l'appareil est en décélération, l'instructeur constate la perte du ballonnet droit. Dans son témoignage, le pilote survivant a indiqué que l'instructeur n'avait pas paru inquiet au constat de la perte du ballonnet. L'instructeur annule la mission d'instruction, reprend les commandes et décide de décoller. Il n'effectue pas de contrôle des commandes et procède au décollage de l'appareil dans la foulée.

²⁹ Dans la configuration d'amerrissage avec les volets à 25°, la vitesse de décrochage aurait été de 65 kt et le décrochage ne se serait théoriquement pas produit.

L'examen des fiches d'incident relatives aux pertes de ballonnet³⁰ montre qu'elles se sont toutes produites lors d'écopages dans des conditions aérologiques et d'état de mer difficiles. Au constat de la perte de ballonnet dans cette phase qui peut être assimilée à une phase de vol, les pilotes choisissent de se dégager au plus vite en décollant.

Dans le cas présent, en décidant de décoller, il est possible que l'instructeur ait assimilé le cas de perte de ballonnet auquel il est confronté à ceux déjà rencontrés. Or, ce cas est différent puisqu'il s'est produit lors d'un décrochage de l'appareil avec une prise de roulis de 11° environ et une vitesse verticale liée à la chute de l'appareil. Le ballonnet arraché, l'aile n'est plus protégée de l'enfournement.

Le constat d'une perte de ballonnet alors que l'appareil évolue sur l'eau, assimilable à la découverte d'une panne au roulage, aurait dû conduire à l'arrêt de l'appareil pour en assurer son contrôle.

A l'évidence, cet événement montre qu'une perte de ballonnet à l'écopage doit conduire les équipages à se reposer le plus tôt possible afin de contrôler l'appareil.

L'instructeur n'a pas analysé les causes exactes de la perte de ballonnet et en a sous estimé les conséquences. Il procède au décollage sans contrôler le débattement des commandes.

2.2.3.3. Conclusion

Les causes humaines sont retenues comme concourant à l'accident.

³⁰ Dans un cas (22 juin 1996), l'endommagement de l'aileron était tel que le contrôle de l'appareil n'aurait pas été possible en mode manuel. En cas de panne hydraulique, l'avion n'aurait pas été pilotable.

3. CONCLUSION

3.1. ÉLÉMENTS ÉTABLIS UTILES A LA COMPREHENSION DE L'ÉVÉNEMENT

- Le vol d'instruction s'inscrit dans le cadre de la formation à une qualification de type pour deux stagiaires copilotes ;
- La mission d'instruction est le vol « hydro » n° 2 (H2) sur le lac de Sainte-Croix ;
- Le jour de l'événement, les conditions météorologiques sont favorables à la réalisation de la séance d'instruction ;
- La maintenance de l'appareil est conforme aux documents en vigueur ;
- Une démonstration du phénomène de marsouinage par l'instructeur est prévue dans le programme d'instruction ;
- L'instructeur laisse les commandes de vol au stagiaire pour l'exercice de marsouinage sans démonstration préalable ;
- L'instructeur n'intervient pas au moment où :
 - ⇒ l'appareil dépasse la vitesse fixée (55 kt) pour la réalisation de l'exercice ;
 - ⇒ l'appareil décolle intempestivement ;
 - ⇒ le stagiaire réduit totalement la puissance des moteurs.
- Le Canadair décroche et percute l'eau à une vitesse de 70 kt avec une inclinaison à droite de 11 ;
- L'aile droite enfourne dans l'eau provoquant l'arrachement du ballonnet, l'immersion partielle de l'aileron et l'endommagement du système de commandes des ailerons ;
- L'instructeur constate que le ballonnet droit a été arraché et décide d'interrompre la séance d'instruction ;
- Il prend les commandes et décide de décoller vers l'aéroport de Marseille-Provence sans vérifier le débattement et l'intégrité des commandes de vol ;
- Dès que le Canadair décolle du plan d'eau, il s'incline à droite ;
- Malgré les actions en gauchissement à gauche de l'instructeur pour contrer le roulis, l'inclinaison s'accroît ;
- Le Canadair fait un virage complet par la droite et touche l'eau à 85 kt, avec 58° d'inclinaison à droite.

3.2. CAUSES DE L'ACCIDENT

L'accident est la conséquence d'un enchaînement de causes d'origine humaine qui conduisent à la perte de contrôle en roulis de l'appareil :

L'accident peut se décomposer en 2 phases :

- **Une première phase qui conduit à l'endommagement des commandes de vol** lors de l'impact avec l'eau suite au décrochage de l'appareil. Le décrochage résulte d'un raté d'exécution du stagiaire, qui n'a pas été contrôlé par l'instructeur. Ce raté d'exécution d'un stagiaire en tout début de formation sur Canadair s'inscrit dans un contexte :
 - ⇒ de non respect du cadre de la formation :
Contrairement à ce que prévoit le livret de progression, l'instructeur ne réalise pas de démonstration du marsouinage. Il confie les commandes au stagiaire.
 - ⇒ d'erreur pédagogique :
L'instructeur ne suit pas aux commandes un stagiaire qui réalise pour la première fois un exercice.
 - ⇒ d'absence de contrôle des paramètres (vitesse) par l'équipage.

- **Un seconde phase qui conduit à la perte de l'appareil et d'une partie de son équipage.** Elle résulte d'une sous estimation des dommages à l'appareil lors de l'impact avec l'eau et de la décision du commandant de bord de décoller sans contrôle des commandes.

L'habitude des équipages est de poursuivre le vol après une perte de ballonnet lors d'écopage. L'instructeur assimile les circonstances de la perte du ballonnet à laquelle il est confronté à celles déjà rencontrées lors d'opérations d'écopage. Il procède au décollage sans contrôler les commandes de vol qui ont été endommagées lors du décrochage de l'appareil.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. MESURES DE PREVENTION AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'ÉVENEMENT

4.1.1. Procédure en cas de perte de ballonnet

Cet accident illustre qu'une perte de ballonnet lors d'un choc avec le plan d'eau peut entraîner un endommagement conduisant à l'impossibilité de contrôler l'appareil dès le décollage.

L'enquête a montré qu'il n'existait pas de procédure en cas de perte de ballonnet.

Les expertises menées sur l'aile indiquent qu'un contrôle des commandes aurait pu permettre de détecter l'endommagement des commandes de vol.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à la DDSC :

de définir des consignes opérationnelles relatives à la conduite à tenir en cas de perte de ballonnet. Ces consignes devront privilégier le contrôle des commandes de vol lorsque les conditions environnementales le permettent.

4.1.2. Instruction des pilotes stagiaires

L'enquête technique a mis en évidence des déficiences pédagogiques dans l'instruction des pilotes stagiaires. Tout nouvel exercice nécessite un briefing complet et une démonstration de la part de l'instructeur préalablement à la réalisation par le stagiaire. L'instructeur doit ensuite assurer un suivi aux commandes de l'élève lorsque ce dernier réalise l'exercice.

Les documents relatifs à l'instruction montrent un manque de précision dans la description des exercices à réaliser, des buts à atteindre et de la répartition des tâches dans le cockpit.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à la DDSC :

- **d'adopter et de formaliser un standard pédagogique se rapprochant des méthodes habituellement en vigueur dans les écoles de pilotage ;**
- **de mettre en place une structure de contrôle de la formation des équipages afin de s'assurer de l'absence de dérive par rapport au standard pédagogique ;**
- **de revoir le contenu des documents d'instruction afin que soient formalisés en détail les exercices à réaliser ainsi que les fonctions de chaque membre d'équipage.**

4.2. MESURES DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT

4.2.1. Enregistreur de conversation cabine

Un enregistrement des conversations au sein de l'équipage pendant le vol aurait permis de faciliter la compréhension de l'évènement et des raisons qui ont amené à l'enchaînement des causes humaines à l'origine de l'accident.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à la DDSC :

d'équiper ses appareils d'un système d'enregistrement des conversations dans la cabine de pilotage ainsi que des conversations radio.

4.2.2. Sécurité et sauvetage

Le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à la DDSC :

- **de doter les équipages d'un gilet de sauvetage adapté à son port aux commandes et de rendre ce port³¹ obligatoire pour tous les vols hydro ;**
- **d'étudier la possibilité de doter les personnels navigants d'un dispositif individuel de respiration autonome de courte durée afin d'augmenter leur probabilité de survie en cas d'accidents sur plan d'eau et d'en fixer les règles et modalités d'emport.**

³¹ La DDSC pourra prendre contact avec le SPAé afin de déterminer le modèle le plus adapté à ses besoins

ANNEXES

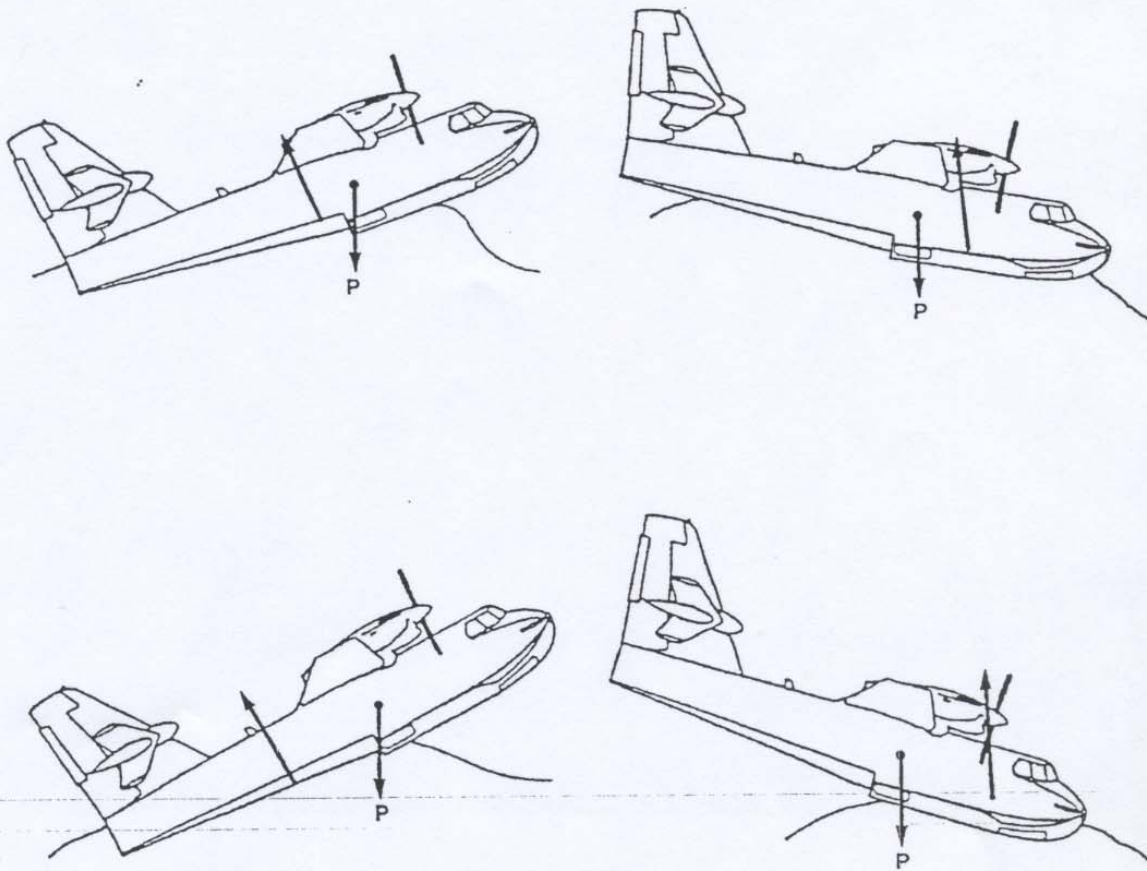
1-Le marsouinage.....	page 48
2-Manuel de formation vol H2.....	page 49
3-Extrait du livret de progression : vol H2	page 51
4-Données extraites du FDR.....	page 52
5-Vue de la chaîne de commande	page 59

1. LE MARSOUINAGE

 BASC	MANUEL de FORMATION	PAGE 143
CL 415	LIVRET DE BRIEFING	Amend. N° 0 – 15/10/01

MARSOUINAGE

Instabilité dynamique sur l'eau




- S'amorce souvent au passage sur le redan
- Dû à une mauvaise position de la profondeur ou à une mauvaise manœuvre
- Favorisé par un plan d'eau calme et la houle.

ACTION :

- réduire franchement les gaz
- prendre une assiette cabrée, profondeur secteur arrière
- Eviter les trop grandes corrections à la profondeur.
- A plus fortes vitesses pour stabiliser les oscillations, effectuer une légère action à tirer sur la profondeur quand le nez commence à retomber.

2. MANUEL DE FORMATION VOL H2

 BASC	MANUEL DE FORMATION	PAGE 113
CL 415	LIVRET DE BRIEFING	Amend. N°0 – 15/10/01

H2

Toutes les phases de vol jusqu'à l'hydro planage faible vitesse sont identiques au vol précédent.

H2.1 - MARSOUINAGE

Il est possible d'arriver au décollage avec la commande de profondeur plein arrière, dans ce cas il faut rendre la main dès la sortie de l'eau pour retrouver une assiette normale.

Avec la commande de profondeur située plein avant l'avion a tendance à enfourner et par réaction d'augmenter les forces aérodynamiques en avant du centre de gravité de l'avion, des corrections de fortes amplitudes à ce moment là, emmène au marsouinage.

Pour arrêter ce phénomène :

À $V_i < 55$ Kts il suffit de réduire les gaz à fond et de maintenir la profondeur en secteur arrière.

À $V_i > 55$ Kts Il s'agit là d'un mauvais positionnement de la gouverne de profondeur qui fait que le nez de l'avion est trop bas, ramenez légèrement la gouverne de profondeur en secteur arrière.

H2.2 - DECOLLAGE STANDARD

Déjà vu dans le vol précédent

H2.3 - AMERRISSAGE STANDARD

Déjà vu dans le vol précédent

H2.4 - AMERRISSAGE « TOUT REDUIT »

Ne peut s'effectuer que s'il y a du vent et est interdit par mirage.


Au-dessus du plan d'eau, l'instructeur réduit les gaz des deux moteurs au maximum.

Il faut prendre une V_i de 105 Kts (avion lisse), puis en finale une V_i de 95 Kts avec 25° de volets.

Le toucher s'effectue au stall warning.

Cet exercice ne pose en général aucune difficulté. Il est impératif de ne pas arrondir trop haut.

H2.5 - AMERRISSAGE DE PRECISION (Jaugé travers repères)

PAGE 114	MANUEL DE FORMATION	 BASC
d. N°0 -15/10/01	LIVRET DE BRIEFING	CL 415

Trouver un repère où l'avion devra être arrêté.
 Visualiser le point de toucher en fonction du repère .
 Il s'agit ici d'effectuer un amerrissage de précision et de s'arrêter le plus près possible du repère.
 (Voir courbes manuel pilote P 43 Chapitre performances pour les distances d'amerrissages).
 Pas de problème majeur, il faut poser l'avion avec du moteur, et interdire de se servir des reverses ce qui serait trop facile.


H2.6 - DECOLLAGE ET AMERRISSAGE VENT TRAVERSIER

Rappel : vent de travers max. 12 Kts
 Maintenir les ailes horizontales à l'aide de la commande de gauchissement, le risque ici est de détériorer un ballonnet notamment celui sous le vent, (limite de débattement des gouvernes)
 L'avion à tendance à s'écarter du lit du vent quand il est sur le redan, tenir l'axe à l'aide de la commande de direction.
 La limite de débattement de gouverne de direction est atteinte à 12 Kts de vent traversier.
 On peut s'aider du gauchissement en inclinant légèrement l'avion dans le vent.
 Cet exercice sera effectué plusieurs fois et dans les séances qui suivent quand la météo le permettra.

H2.7 - RETOUR AU TERRAIN

Atterrissage normal, retour au parking, procédure arrêt moteur, déjà vu et traité dans les vols précédents.

3. EXTRAIT DU LIVRET DE PROGRESSION³² : VOL H2

PAGE 18	LIVRET DE PROGRESSION	 BASC
Amend. N°1 – 23/03/05	PHASE HYDRO	CL 415

VOL H2

Date :	Instructeur :	Durée séance :	Durée cumulée :
--------	---------------	----------------	-----------------

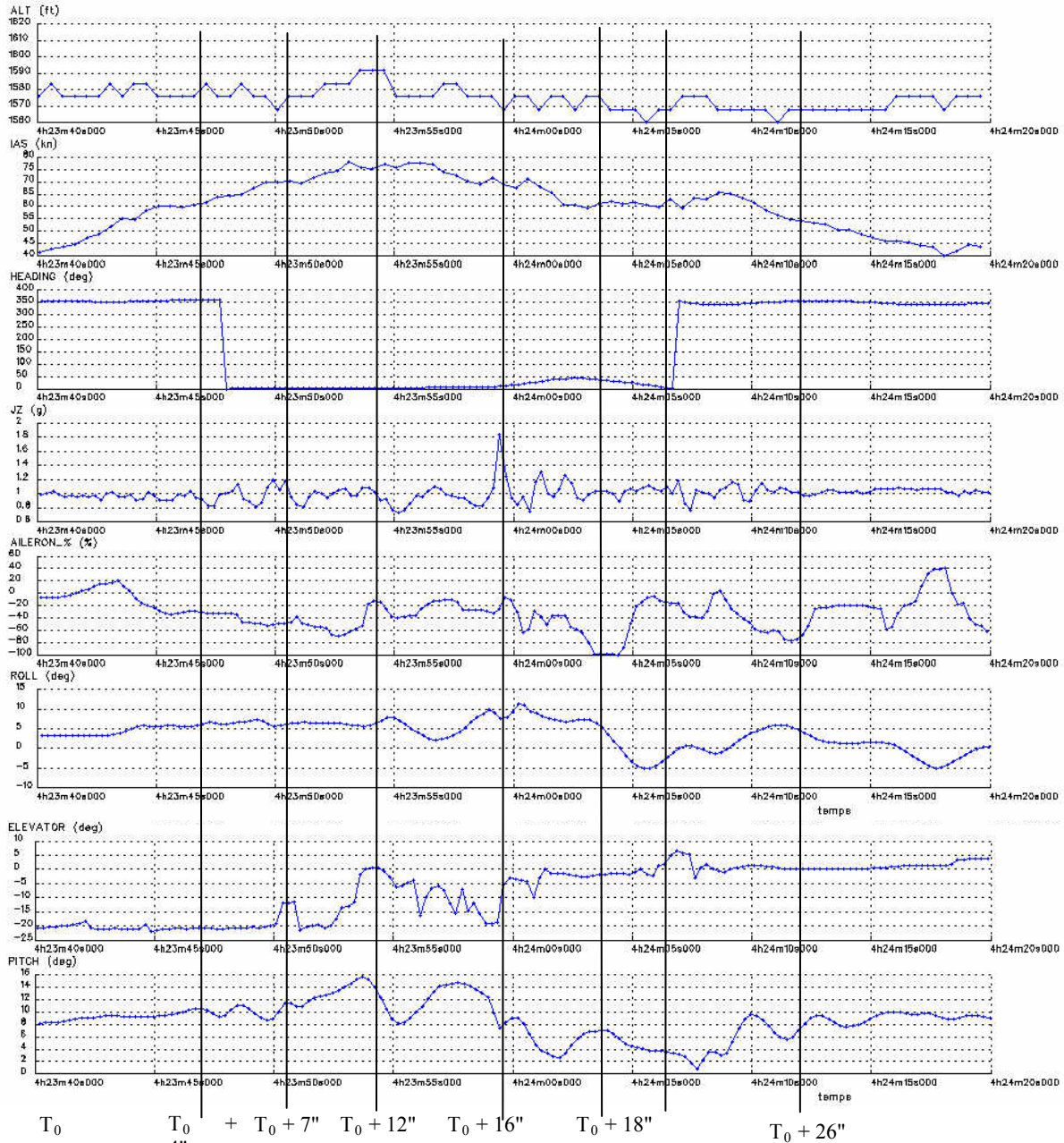
N° AVION	G	D
----------	---	---

Séance	PF	PNF	N	S	Notation générale	N	S
Décollage du terrain					Travail personnel		
Evaluation du plan d'eau					- Préparation séance		
Hydro-planage faible vitesse toutes allures					- Connaissance des procédures		
					- Connaissance des données avion		
					- Connaissance de la documentation		
Démonstration du décollage à diverses positions de la profondeur					- Examen critique du vol		
Démonstration de marsouinage					Qualités techniques		
					- Souplesse de pilotage		
Décollage standards					- Précision de pilotage		
Amerrissages standards					- Respect des séquences de travail		
					- Annonces poste et phraséologie		
Amerrissages tout réduit					Comportement général		
Amerrissage de précision					- Assimilation et restitution		
					- Rigueur		
Mise en dérive (effet du vent relatif sur les gouvernes)					- Combativité		
					- Professionnalisme		
					Comportement en équipage		
Décollages avec composante vent traversier					- Aptitude à la décision		
					- Vigilance et surveillance équipage		
					- Cross-checks		
Procédure retour terrain					Niveau en fin de séance		
					Indice de progression		
Facteur Humain : charge de travail (Manuel Formation page 170)							
Exercices à reporter :							
L' instructeur,				Le stagiaire,			

³² Nota : le stagiaire est considéré comme « PF » (pilote en fonction, c'est-à-dire aux commandes). La case noircie indique que l'action n'est pas à réaliser par le pilote correspondant à la colonne considérée.

4. DONNEES EXTRAITES DU FDR

4.1. L'EXERCICE DE MARSOUINAGE



Courbes de données issues du FDR pendant l'exercice de marsouinage

Les données représentées de haut en bas sont : l'altitude (ALT) en pied (ft), la vitesse indiquée (IAS) en nœud (kt), le cap (HEADING) en degré (°), le gauchissement (AILERON) en %, le roulis (ROLL) en degré (°), la profondeur (ELEVATOR) en (°) et le tangage (PITCH) en (°).

Il débute par une prise au cap 350 et par une configuration décollage.

- De T_0 à $T_0 + 4''$: le Canadair est au contact de l'eau alors que la vitesse indiquée augmente régulièrement de 50 kt à 70 kt. Le cap est au 355. La position du gauchissement augmente d'une manière continue jusqu'à 60% à gauche. L'inclinaison passe en une seconde de 3° à 6° puis reste constante. La puissance est symétrique sur les deux moteurs. La direction est 25% à gauche³³ ;
- A $T_0 + 7''$: la vitesse indiquée étant à 70kt, des oscillations longitudinales sont initiées par action sur la gouverne de profondeur ;
- À $T_0 + 11''$: la vitesse indiquée atteint 76 kts et l'assiette augmente franchement jusqu'à 15,6° ;
- A $T_0 + 12''$: le Canadair décolle et la vitesse reste constante à environ 76 kt. L'assiette diminue jusqu'à 8,1°. L'inclinaison est de 2,1°. Le manche est engagé à 10% à gauche ;
- À $T_0 + 14''$: la vitesse indiquée diminue jusqu'à 74 kt. Le roulis indique une augmentation de l'inclinaison jusqu'à 9,9° à droite. Les manettes de puissance sont amenées en butées arrière. Le manche est engagé à 30% à gauche ;
- À $T_0 + 16''$: la vitesse indiquée diminue jusqu'à 72 kt. Les manettes de puissance sont mises en avant subitement. Le Canadair se repose et l'accélération verticale indique 1,84 g³⁴. L'inclinaison est de 11°. L'angle de lacet augmente à droite avec une vitesse angulaire de 9,9°/s. Les manettes de puissances sont ramenées en arrière progressivement ;
- À $T_0 + 17''$: la vitesse indiquée reste aux environs de 72 kt alors qu'un deuxième à coup apparaît en lacet avec une vitesse angulaire qui augmente jusqu'à 15,9°/s. La direction est mise à gauche ;
- De $T_0 + 18''$ à $T_0 + 20''$: la vitesse atteint 60 kt. Le lacet s'annule après une altération au cap de 35° ;

³³ Le stagiaire co-pilote compense la traînée engendrée par le ballonnet droit dans l'eau.

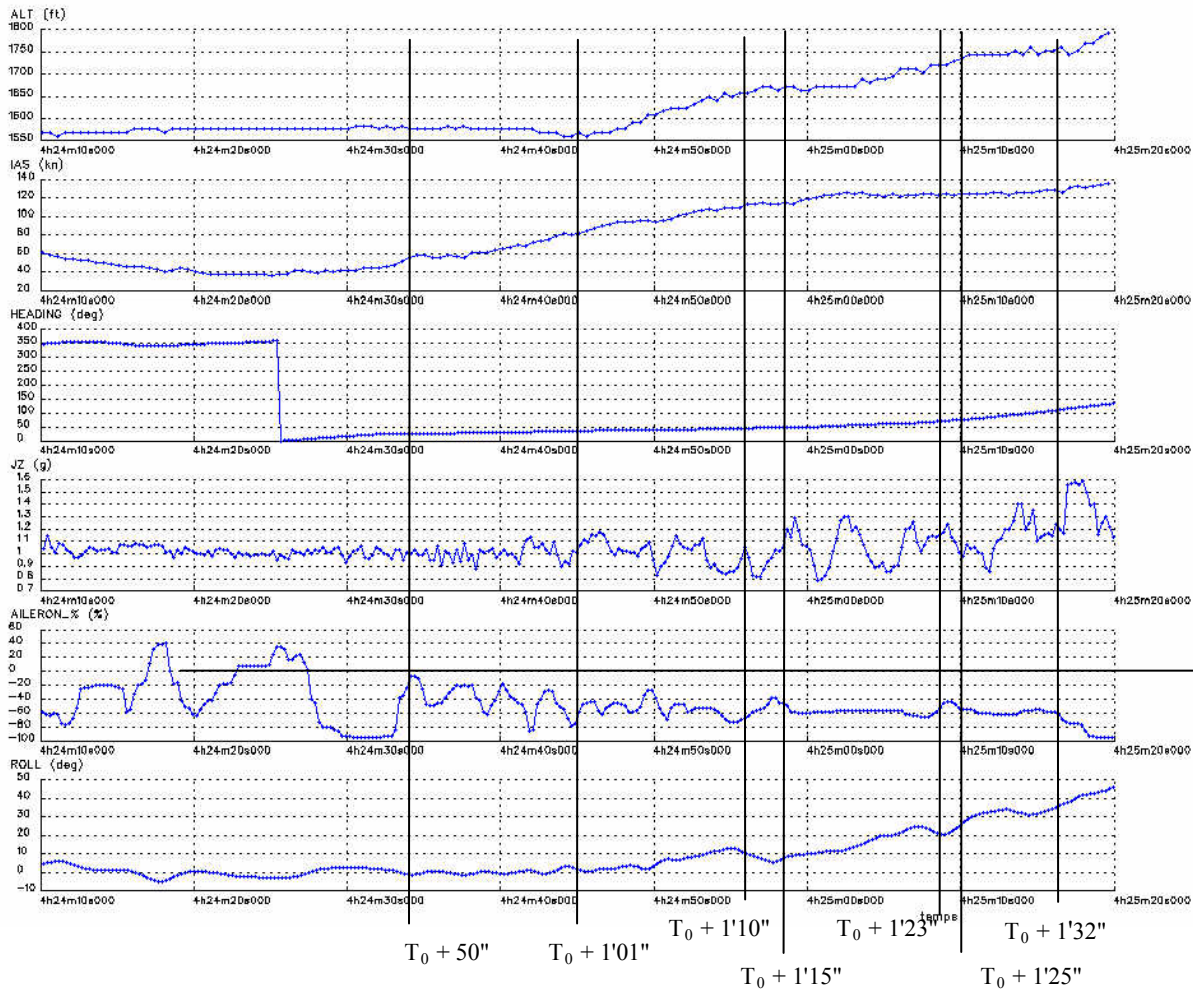
³⁴ Lors des amerrissages précédents, l'accélération verticale indique en moyenne 1,2 g.

- De $T_0 + 21''$ à $T_0 + 26''$: la vitesse augmente à 66 kt. L'angle de lacet part à droite pour revenir au cap initial. Les manettes de puissance sont mises en butée arrière.

Ce retour au cap initial et l'annulation de la puissance marquent la fin de l'exercice de marsouinage.

A titre indicatif, le temps entre la sortie des volets pour débiter l'exercice jusqu'à la réduction complète de la puissance pour arrêter le Canadair, est d'environ une minute trente.

4.2. DECOLLAGE VERS L'AEROPORT DE MARSEILLE-PROVENCE JUSQU'AU GAUCHISSEMENT EN BUTEE

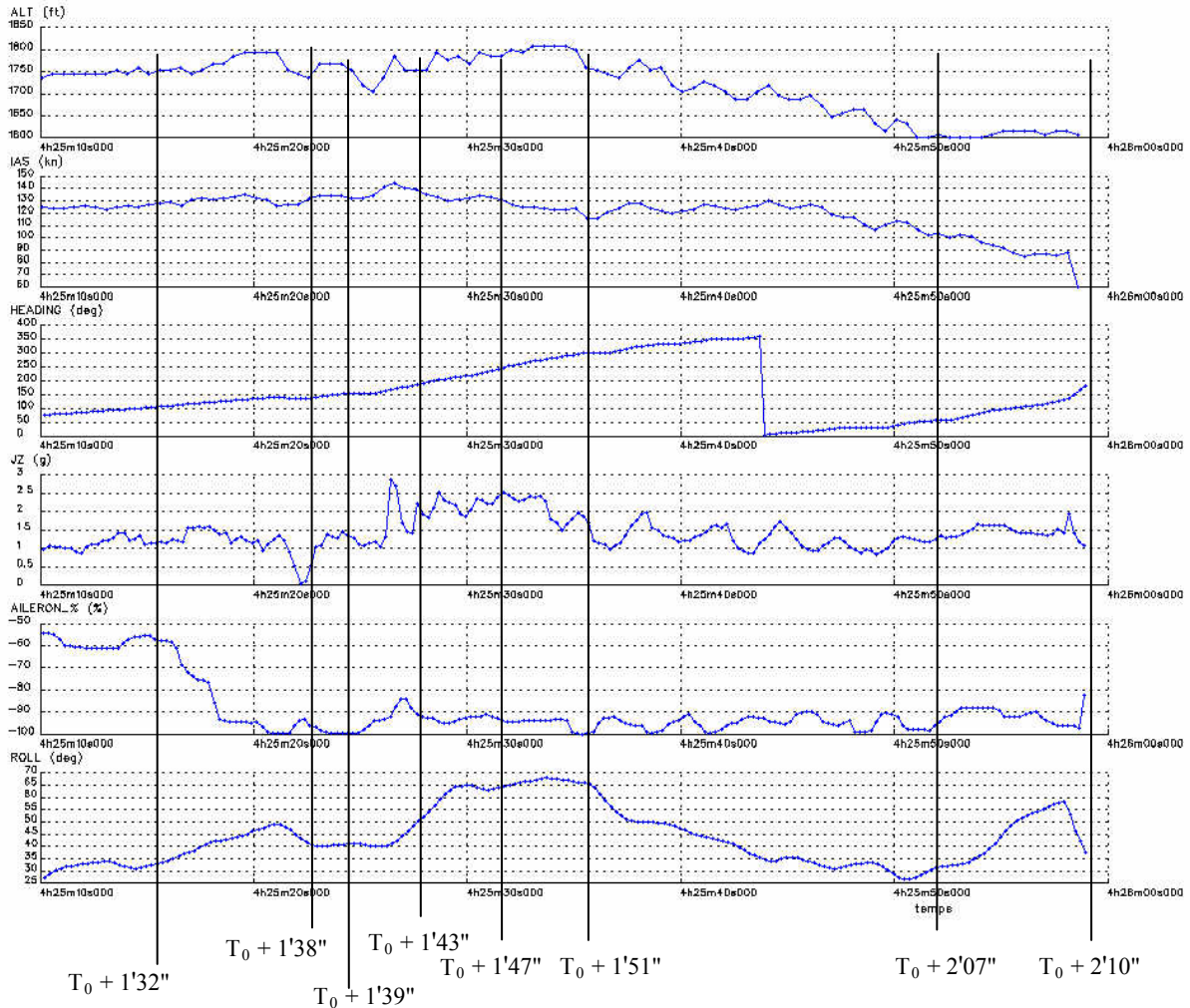


- A $T_0 + 34''$: la manette de puissance du moteur gauche est mis en avant. Celle du moteur gauche est maintenue en arrière. Par cette manœuvre, le ballonnet gauche reste en appui afin d'éviter le chavirage ;
- A $T_0 + 45''$: la manette de puissance du moteur droit est également mise en avant ;
- A $T_0 + 50''$: la vitesse indiquée est de 50 kt, avec un cap de 030. Les deux manettes de puissance sont en avant. La position du gauchissement est de 40% à gauche. La position de direction est de 25% à droite³⁵ ;
- A $T_0 + 1'01''$: la vitesse indiquée est de 81 kt et le Canadair décolle. L'inclinaison est de 1° à droite. La position moyenne du gauchissement est de 50% à gauche ;

- A $T_0 + 1'10''$: La hauteur est de 80 ft. La vitesse indiquée est de 107 kt. L'inclinaison est de 12° à droite. Les volets sont rentrés. La position du gauchissement est de 70% à gauche ;
- De $T_0 + 1'10''$ à $T_0 + 1'15''$: La hauteur augmente de 80 ft à 100 ft. La vitesse indiquée reste à environ 114 kt. La position de gauchissement est ramenée à 40% gauche. L'inclinaison diminue de 12° jusqu'à 6° droite ;
- De $T_0 + 1'15''$ à $T_0 + 1'16''$: La hauteur est constante à environ 100 ft. La vitesse indiquée est de 114 kt. Le gauchissement augmente de 40% à 60% à gauche et l'inclinaison augmente de 6° jusqu'à 9° droite. Le couple des moteurs est réduit vers 65% ;
- De $T_0 + 1'16''$ à $T_0 + 1'23''$: La hauteur augmente de 100 ft à 130 ft. La vitesse indiquée est de 125 kt. Le gauchissement est constant à 55% à gauche et l'inclinaison augmente de 9° jusqu'à 25° droite. Le couple des moteurs est réduit vers 65% ;
- De $T_0 + 1'23''$ à $T_0 + 1'25''$: La hauteur augmente de 130 à 150 ft. La vitesse indiquée reste à environ 125 kt. La position de gauchissement augmente de 55% à 65% gauche. L'inclinaison diminue de 25° à 20° droite ;
- De $T_0 + 1'25''$ à $T_0 + 1'27''$: La hauteur augmente de 150 ft à 180 ft. La vitesse indiquée reste à environ 125 kt. La position de gauchissement est ramenée de 65% à 45% gauche. L'inclinaison augmente de 20° à 27° droite ;
- De $T_0 + 1'27''$ à $T_0 + 1'32''$: La hauteur reste constante à environ 200ft. La vitesse indiquée est de 125 kt. Le gauchissement est constant à 60% à gauche et l'inclinaison augmente de 27° jusqu'à 34° droite ;
- De $T_0 + 1'32''$ à $T_0 + 1'37''$: La hauteur augmente de 200 ft à 230 ft. La vitesse indiquée est de 129 kt. L'inclinaison augmente de 34° à 47° droite. L'ordre en gauchissement passe de 60% à 100% en butée gauche. Le taux de roulis n'est pas modifié.

³⁵ L'instructeur compense la traînée engendrée par le ballonnet gauche dans l'eau

4.3. DE LA BUTEE DU MANCHE A GAUCHE JUSQU'A LA FIN DU VOL

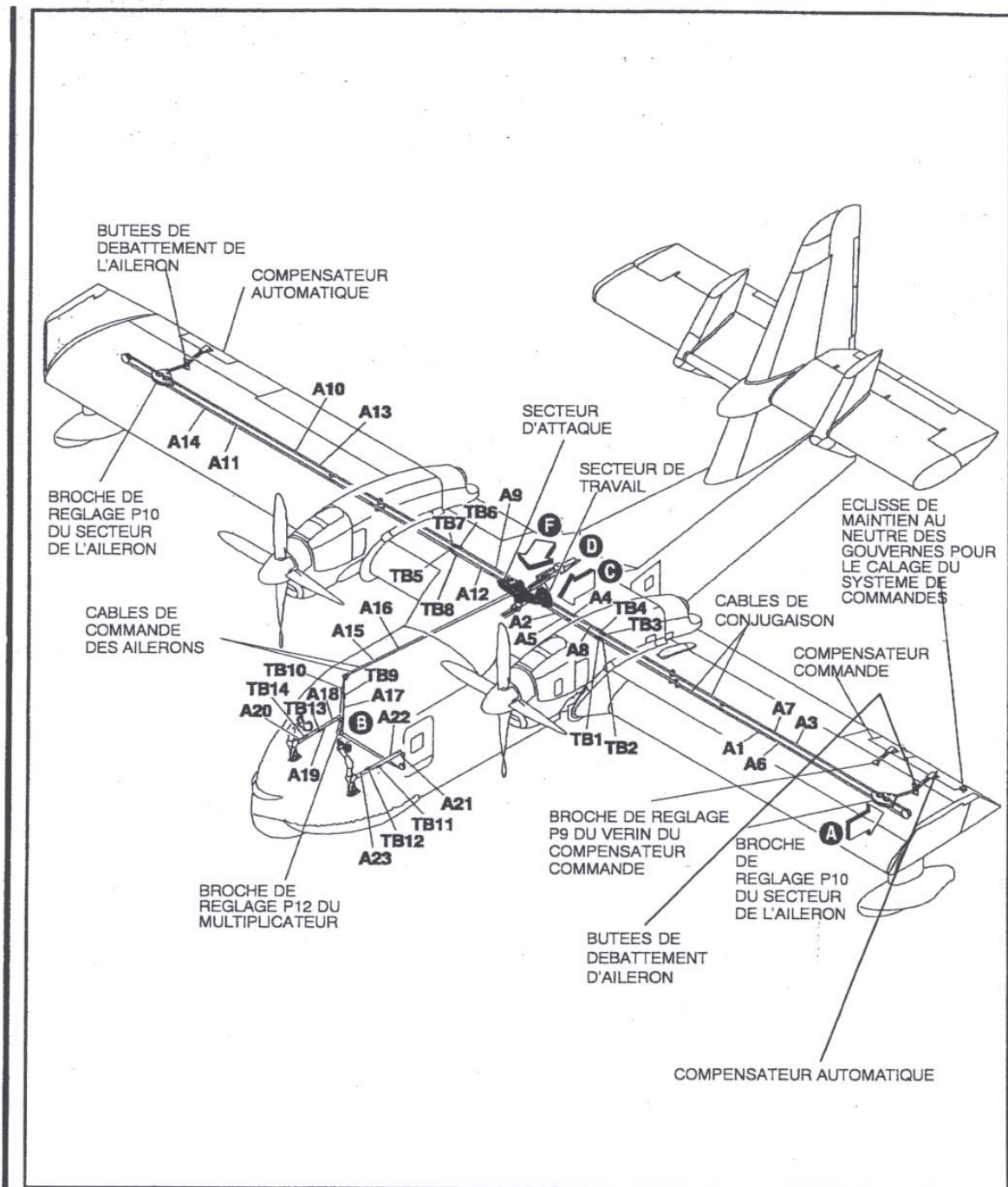


Dans cette dernière partie du vol, la commande en gauchissement reste à gauche entre 85% et 100%.

- De $T_0 + 1'37''$ à $T_0 + 1'38''$: la hauteur diminue de 230 ft à 200 ft. La vitesse indiquée est à environ 129 kt. L'inclinaison augmente de 47° à 49° droite. L'ordre en gauchissement est en butée gauche ;
- De $T_0 + 1'38''$ à $T_0 + 1'39''$: application franche sur le palonnier gauche, pendant 1" puis relaché. L'avion réagit naturellement en lacet, puis en roulis (roulis induit par le dérapage). L'inclinaison diminue de 49° à 41° ;

- De $T_0 + 1'39''$ à $T_0 + 1'43''$: la direction est mise à gauche par un à-coup. L'avion réagit naturellement en lacet. L'inclinaison reste constante aux environs de 41° à droite ;
- De $T_0 + 1'43''$ à $T_0 + 1'47''$: la vitesse indiquée est de 125 kt. Le couple du moteur gauche est mis à 70 % tandis que celui de droite est ajusté à 90%. L'inclinaison augmente jusqu'à 63° ;
- De $T_0 + 1'47''$ à $T_0 + 1'51''$: les volets sont sortis. L'inclinaison augmente de 63° à 67° . La direction est mise à gauche par un à-coup ;
- De $T_0 + 1'51''$ à $T_0 + 2'03''$: la hauteur décroît de 200 à 100 ft. La vitesse reste constante aux environs de 125 kt. L'inclinaison diminue de 67° à 34° . La direction est mise à gauche par des à-coups aux palonniers ;
- De $T_0 + 2'03''$ à $T_0 + 2'07''$: la hauteur décroît de 100 à 50 ft. La vitesse diminue de 125 kt à 110 kt. L'inclinaison diminue de 34° à 27° . La direction est mise à gauche par des à-coups aux palonniers ;
- De $T_0 + 2'07''$ à $T_0 + 2'10''$: la hauteur décroît de 50 ft à 0. La vitesse diminue de 110 kt à 85 kt. La direction est mise à droite par à-coups. Cette action est incohérente et inexplicée, puisque l'inclinaison augmente de 27° à 58° ;
- A $T_0 + 2'10''$: L'hydravion impacte l'eau.

5. VUE DE LA CHAÎNE DE COMMANDE



Chaîne de commande des ailerons - Réglage/Essai
Figure 501 (feuille 1/5)