



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 30 avril 2008

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2007-012-A

Date de l'événement	06 mai 2007
Lieu	Péninsule du Sinaï - Egypte
Type d'appareil	DHC-6 Twin Otter
Immatriculation	n° 742 FRACB
Organisme	Armée de l'Air
Unité	Détachement français au Sinaï – Force Multinationale et Observateurs.

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.

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.

CREDITS PHOTOS

Toutes photos : BEAD-air.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	6
<i>Synopsis</i>	8
1 Renseignements de base	12
1.1 Déroulement du vol.....	12
1.1.1 Mission	12
1.1.2 Contexte	12
1.1.3 Déroulement	12
1.1.3.1 Préparation du vol.....	12
1.1.3.2 Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement.....	13
1.1.3.3 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol	14
1.1.4 Localisation	15
1.2 Tués et blessés.....	18
1.3 Dommages à l'aéronef	18
1.4 Autres dommages.....	18
1.5 Renseignements sur le personnel	18
1.5.1 Membres d'équipage de conduite.....	18
1.5.1.1 Commandant de bord.....	18
1.5.1.2 Pilote.....	20
1.5.2 Autres personnes présentes à bord de l'appareil.....	21
Personnes présentes à bord en qualité de complément d'équipage.....	21
1.6 Renseignements sur l'aéronef	23
1.6.1 Maintenance	24
1.6.2 Performances	24
1.6.3 Masse et centrage	24
1.6.4 Carburant	25
1.6.5 Autres fluides	25
1.7 Conditions météorologiques.....	25
1.8 Aides à la navigation.....	25
1.9 Télécommunications	26
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	27
1.11 Enregistreurs de bord	27
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	27
1.12.1 Examen de la zone.....	28
1.12.1.1 Examen du site de la collision avec le véhicule.....	28
1.12.1.2 Examen du site du crash et de l'épave	35
1.12.2 Examen de l'épave	35
1.12.2.1 Constatations effectuées sur le site :	36
1.12.2.2 Principales constatations effectuées sur les éléments de l'épave dans les locaux du BEAD-air	37
1.12.2.3 Repositionnement des constituants de l'épave.....	44
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	46
1.13.1 Membres d'équipage de conduite.....	47
1.13.1.1 Commandant de bord.....	47
1.13.1.2 Pilote.....	47
1.13.2 Autres personnels	47
1.14 Incendie	48
1.15 Organisation des secours.....	48
1.16 Essais et recherches.....	49
1.17 Renseignements sur les organismes	50
1.18 Techniques spécifiques d'enquête.....	50
1.19 Renseignements supplémentaires.....	51

1.19.1 Points particuliers d'organisation du groupement de transport au Sinaï.....	51
1.19.1.1 Organisation des vols au Sinaï.....	52
2 Analyse	53
2.1 Synthèse des témoignages et résultats des expertises et de l'étude du comportement de l'avion endommagé.....	54
2.1.1 Synthèse des témoignages.....	54
2.1.2 Résultats des expertises.....	54
2.1.2.1 Expertises des moteurs et analyse des prélèvements de carburant au CEPr.....	54
2.1.2.2 Expertise des éléments d'épave par le CEAT.....	54
2.1.2.3 Expertise des câbles de commandes de vol par le CEPr et le CEAT.....	55
2.1.2.4 Détermination de la surface et de la masse perdues par l'aile gauche lors de la collision.....	55
2.1.2.5 Résultats de l'étude menée par l'EPNER du comportement de l'avion endommagé.....	57
2.2 Analyse des conditions de la collision, de la trajectoire, de la vitesse de l'appareil et détermination de sa configuration.....	59
2.2.1 Conditions de la collision.....	59
2.2.1.1 Position latérale des mobiles l'un par rapport à l'autre lors de la collision.....	59
2.2.1.2 Position de l'avion par rapport au camion de tête.....	60
2.2.1.3 Position de l'avion par rapport au sol lors de la collision.....	61
2.2.2 Trajectoire probable de l'appareil en amont de la collision.....	61
2.2.2.1 Topographie du terrain sur les lieux de la collision et position de l'avion en approche.....	61
2.2.2.2 Vitesse de l'appareil lors de la collision.....	63
2.2.2.3 Positions relatives des mobiles en rapprochement et perception des camions depuis l'avion.....	63
2.2.2.4 Perception des camions depuis l'avion.....	64
2.2.2.5 Séparation temporelle des camions selon la vitesse de l'avion.....	65
2.2.3 Configuration de l'appareil lors de la collision.....	65
2.2.4 Trajectoire de l'appareil après la collision et perte de contrôle.....	65
2.2.4.1 Trajectoire de l'appareil après la collision.....	65
2.2.4.2 Perte de contrôle.....	66
2.2.5 Synthèse des éléments retenus du chapitre 2.2.....	67
2.2.5.1 Positionnement de l'appareil.....	67
2.2.5.2 Trajectoire probable de l'appareil.....	67
2.3 Causes de la collision.....	68
2.3.1 Hypothèse : la collision survient lors d'une tentative d'atterrissage sur la route.....	68
2.3.1.1 Problèmes majeurs de nature à imposer un atterrissage immédiat.....	68
2.3.1.2 Problèmes d'une autre nature.....	69
2.3.1.3 Conclusion sur l'hypothèse d'une tentative d'atterrissage.....	71
2.3.2 Hypothèse : la collision survient lors d'un survol délibéré de la route et des camions à très basse hauteur.....	71
2.3.3 Conclusions sur les causes de la collision.....	74
2.4 Aspects liés au facteur humain.....	74
2.4.1 Faits remarquables au cours de la mission.....	74
2.4.1.1 Départ du vol :.....	74
2.4.1.2 Phase de vol détectée au radar.....	75
2.4.1.3 Phase de vol non observée.....	75
2.4.1.4 Conclusion de l'analyse des faits remarquables au cours de la mission.....	76
2.4.2 Facteurs ayant pu influencer le comportement de l'équipage.....	76
2.4.2.1 Constitution d'un cockpit particulier.....	76
2.4.2.2 Phénomène de groupe et effet public.....	77
2.4.2.3 Facteurs contextuels.....	78
2.4.2.4 Facteurs organisationnels.....	79
2.4.3 Conclusion sur les aspects liés au facteur humain.....	81
3 Conclusion	82
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement.....	82
3.1.1 Contexte du détachement.....	82
3.1.2 Contexte de la mission.....	82
3.1.3 Composition de l'équipage.....	82
3.1.4 Domaine technique.....	83
3.1.5 Conditions environnementales.....	83
3.1.6 Éléments importants et principales constatations.....	83
3.1.7 Éléments établis par études et expertises.....	83

3.2 Causes de l'évènement.....	84
4 Recommandations de sécurité	86
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	86
4.1.1 Encadrement et contrôle du détachement.....	86
4.1.2 Missions de familiarisation.....	87
4.1.3 Moyens d'enregistrement	88
Annexes	90
1 Phase de vol détectée par radar	91
2 Procédure d'atterrissage forcé	93
3 Extrait du manuel de vol (chapitre 3.2.1) : vitesses associées à l'atterrissage selon la masse	94

GLOSSAIRE

BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
BLU	Bande latérale unique
CDB	Commandant de bord
CEAT	Centre d'essais aéronautiques de Toulouse
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
CGT	Commandant du groupement transport
COU	<i>Civilian observation unit</i> – unité d'observateurs civils
CRM	<i>Crew resources management</i> - gestion des ressources de l'équipage
EAT	Ecole d'aviation de transport
EETRDC	Equipe d'études techniques des réparations des dommages de combat
EPNER	Ecole du personnel navigant d'essais et de réception
ft	<i>Feet</i> - pied (1 ft \approx 0,30 mètre)
GPS	<i>Global positioning system</i> - Système mondial de positionnement par satellite
GTP	Groupe turbo propulseur
HF	<i>High frequency</i> – haute fréquence
MEDEVAC	Evacuation médicale
MFO	<i>Multinational force and observers</i> Force multinationale et observateurs
Nm	<i>Nautical mile</i> - mille nautique (1 Nm = 1852 mètres)
PCB	Pilote commandant de bord

PF	Pilote en fonction
VIA	Visite intermédiaire de type « A »
VHF	<i>Very high frequency</i> - très haute fréquence (30 à 300 Mhz)

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 06 mai 2007, 08h30 environ¹.
- Lieu de l'événement : Centre-Ouest de la péninsule du Sinaï, Egypte, près du village d'Al Thamad.
- Organisme : Armée de l'Air.
- Commandement organique : Force multinationale et observateurs (*multinational force and observers* – MFO).
- Unité : Détachement français au Sinaï.
- Aéronef : DHC-6 Twin Otter n°742 FRACB.
- Nature du vol : vol de familiarisation.
- Nombre de personnes à bord : 09.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'un vol de familiarisation, l'appareil entre en collision avec un camion circulant sur un axe routier, puis s'écrase à plusieurs kilomètres du lieu de la collision.

Les neufs occupants de l'appareil sont décédés. L'aéronef est détruit.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du Bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé directeur d'enquête technique.
- Un officier pilote du groupement aérien militaire (GAM) sur Twin Otter.
- Un mécanicien du GAM ayant une expertise sur Twin Otter.
- Un mécanicien vecteur de la Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques de la défense (SIMMAD) spécialisé sur Twin Otter
- Un mécanicien motoriste de l'Equipe d'études techniques et d'instruction spécialisée (EETIS) spécialisé sur Twin Otter
- Un mécanicien avionique de l'EETIS spécialisé sur Twin Otter
- Un mécanicien « structures » de l'Equipe d'études techniques des réparations des dommages de combat (EETRDC)
- Un mécanicien « électricien de bord » de l'EETRDC.
- Un médecin de l'armée de l'air, spécialisé en médecine aérospatiale.

Autres experts consultés

- Centre d'essais des propulseurs (CEPr) de Saclay pour expertise des moteurs, hélices, câbles de commandes de vol, et analyse de prélèvements.
- Centre d'essais aéronautiques de Toulouse (CEAT) pour expertise des commandes de vol et des gouvernes.
- Ecole du personnel navigant d'essais et de réception (EPNER) pour étude du comportement de l'appareil en fonction des endommagements subis par sa voilure.
- Institut de médecine aéronautique du service de santé des armées (IMASSA) pour étude des facteurs humains.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu téléphoniquement de l'évènement par l'armée de l'air le 06 mai 2007 vers 11h00.

Le groupe d'enquête technique, composé initialement du directeur d'enquête technique et des experts pilote, mécanicien et médecin, s'est rendu à El Gorah, camp Nord de la MFO au Sinaï le 08 mai 2007 dans la matinée et a été acheminé immédiatement sur le site de l'évènement par un hélicoptère du détachement américain de la MFO, afin de procéder aux constatations et recueillir les témoignages disponibles.

La police locale est rapidement intervenue sur les sites de la collision et du crash. Au cours de leur intervention, certains fragments de l'appareil (fragments de gouvernes), éparpillés sur une route, furent déplacés et rassemblés près de l'épave de l'avion sans traçage précis.

Les premières constatations effectuées le jour de l'accident par les éléments américains, ainsi que par la *Force military police unit* (FMPU) de la MFO ont été communiquées au groupe d'enquête.

L'épave et l'ensemble des débris retrouvés sur les sites ont été enlevés et rapatriés vers El-Gorah par la MFO sous supervision de l'expert mécanicien du groupe d'enquête, puis rapatriés ultérieurement vers la métropole par avion C160 « Transall ».

Le groupe d'enquête a quitté le Sinaï le 12 mai 2007, après avoir recueilli des témoignages auprès des membres des détachements français et des autres nationalités de la MFO.

D'autres experts mécaniciens ont rejoint ultérieurement le groupe d'enquête afin d'apporter une expertise spécifique lors des travaux effectués sur les éléments de l'épave dans les locaux du BEAD-air.

Enquête judiciaire

- Le Tribunal aux armées de Paris s'est saisi de l'affaire.
- Un officier de police judiciaire de la section judiciaire de Paris a été commis.

- Le concours de l'Institut de recherche criminelle de la gendarmerie nationale (IRCGN) a été apporté aux fins d'identification des victimes.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	MFO 690
Type de vol	Type CAM ² V
Type de mission	Familiarisation – Reconnaissance terrain
Point de départ	El Gorah
Heure de départ	07h46
Point d'atterrissage prévu	Sainte Catherine

1.1.2 Contexte

Les autorités égyptiennes n'avaient pas accordé d'autorisation pour les missions de reconnaissance avec observateurs (COU – *Civilian observation unit* – unité d'observateurs civils) en avril 2007. Depuis le début de son séjour³, le 17 avril 2007, l'équipage a effectué des liaisons exclusivement entre les camps Nord et Sud (El Gorah - Sharm-El-Sheikh) en moyenne altitude et deux missions COU début mai.

Le vol du 06 mai 2007 était le premier vol de familiarisation au profit de l'équipage depuis le début du séjour. L'équipage en avait exprimé le besoin, évoquant la routine des missions de liaison.

1.1.3 Déroulement

1.1.3.1 Préparation du vol

Ce vol de familiarisation avait été demandé par le commandant du groupement de transport (CGT) une semaine auparavant via la cellule de planification et a été approuvée par le *Force commander*⁴ de la MFO, selon la procédure habituelle.

² CAM : circulation aérienne militaire de type *Victor* – règles de vol à vue.

³ La durée du séjour est de deux mois pour les personnels du groupement de transport.

⁴ Commandant des forces.

Le vol consistait en la reconnaissance du terrain de Sainte Catherine, terrain peu pratiqué, mais pouvant être utilisé en cas d'évacuation de personnel, avec atterrissage et retour dans la journée sans ravitaillement en carburant.

Le CGT a arrêté la liste des passagers parmi les volontaires pour participer au vol.

Cahier d'ordres

Six personnes, soient les deux membres d'équipage et les quatre mécaniciens de l'escadron « Ventoux » participaient au vol et sont mentionnés sur le cahier d'ordres. Les noms de trois passagers extérieurs au « Ventoux », dont un passager de nationalité canadienne, devant également participer au vol sont inscrits sur un document séparé, inséré dans le cahier d'ordres.

Selon l'ordre de vol, la mission est prévue en vol à vue avec une hauteur minimale de survol de 1500 ft⁵. La durée mentionnée est de 4 heures pour l'aller-retour.

Enfin, l'ordre de vol mentionne uniquement le terrain de destination, Sainte Catherine, sans précision sur l'itinéraire.

Manifeste

Le manifeste est établi par la section air des opérations de la MFO au vu du cahier d'ordres et selon la liste des personnes embarquées comme passagers établie préalablement par le CGT.

Aucun autre document relatif à la préparation n'a été retrouvé.

1.1.3.2 Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement

Départ d'El Gorah

Selon des témoignages, le commandant de bord (CDB) s'est entretenu quelques minutes avec les trois passagers extérieurs au « Ventoux » près de l'avion avant le vol.

⁵ Ft: *feet* – pied (1ft ≈ 0,304 m).

Le témoignage d'un responsable des pompiers souligne que l'avion a été mis en route de manière autonome, sans qu'un mécanicien ne soit présent à l'extérieur de l'appareil. Le CDB a été observé en place droite avant le départ.

Toujours selon ce témoignage, l'avion s'est aligné en piste 26 au niveau de la première bretelle puis a décollé. Après avoir décollé, l'appareil est redescendu et a survolé la longueur de piste restante, les roues près du sol, avant de remonter et de s'éloigner vers le Sud.

Contacts radar

L'aérodrome d'El Arish (situé à une quinzaine de nautiques à l'Ouest d'El Gorah) a confirmé avoir eu un contact radar sur l'aéronef lors du décollage à 07h46, puis dans la zone immédiate d'El Gorah à une hauteur de 700 ft. Le code transpondeur perçu correspondait à celui utilisé habituellement par l'avion de la MFO⁶.

Une source étrangère a également confirmé avoir eu un contact radar intermittent sur l'appareil durant les 15 premières minutes du vol. Le contact radar a ensuite été perdu définitivement. Le code transpondeur perçu correspondait à celui utilisé habituellement par l'avion de la MFO.

1.1.3.3 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

L'appareil a heurté un camion vers 08h30, soit approximativement 45 minutes après décollage, à un endroit situé sur le trajet direct entre El-Gorah et Sainte Catherine.

La collision a eu lieu sur la route principale reliant Suez à Aqaba, axe transversal fréquenté du Sinaï.

Deux camions, lourdement chargés, se suivent à une cinquantaine de mètres environ dans une côte, à faible vitesse.

Selon les témoignages recueillis auprès des conducteurs des deux camions impliqués et circulant vers l'Est, l'avion a été aperçu arrivant face à eux, volant sensiblement dans l'axe et au dessus de la route vers l'Ouest, les roues près du sol, et faisant de légers mouvements en roulis.

⁶ 5500.

Parvenu au sommet de la côte, le conducteur du premier camion aperçoit l'avion selon les conditions décrites supra, et fait une manœuvre d'évitement vers le bas côté droit avant de revenir sur la route. L'avion ne touche pas ce véhicule.

Dans le même temps, le chauffeur du camion suivant amorce une manœuvre semblable à celle du précédent, et découvre ensuite l'avion, les roues près du sol, et dont l'aile gauche vient heurter la partie supérieure de sa cabine. Le choc a lieu alors que le camion se trouve au sommet de la côte, sur le bas côté droit, et presque arrêté contre un talus. Le véhicule s'embrase aussitôt et ses deux occupants l'évacuent en se dirigeant vers le camion de tête, arrêté.

L'avion est ensuite aperçu une dernière fois se dirigeant vers le Nord, selon une trajectoire ascendante et incliné à droite, par les deux témoins observant leur camion en flammes.

L'épave de l'appareil sera localisée à une douzaine de kilomètres au nord de cette position.

1.1.4 Localisation

➤ Lieu :

⇒ pays : Egypte - péninsule du Sinaï ;

⇒ commune : environs d'Al Thamad ;

⇒ coordonnées géographiques (relevés GPS⁷) :

Site de collision avec le véhicule : N 29°42'52"; E 34°08'11"; altitude 578 m ;

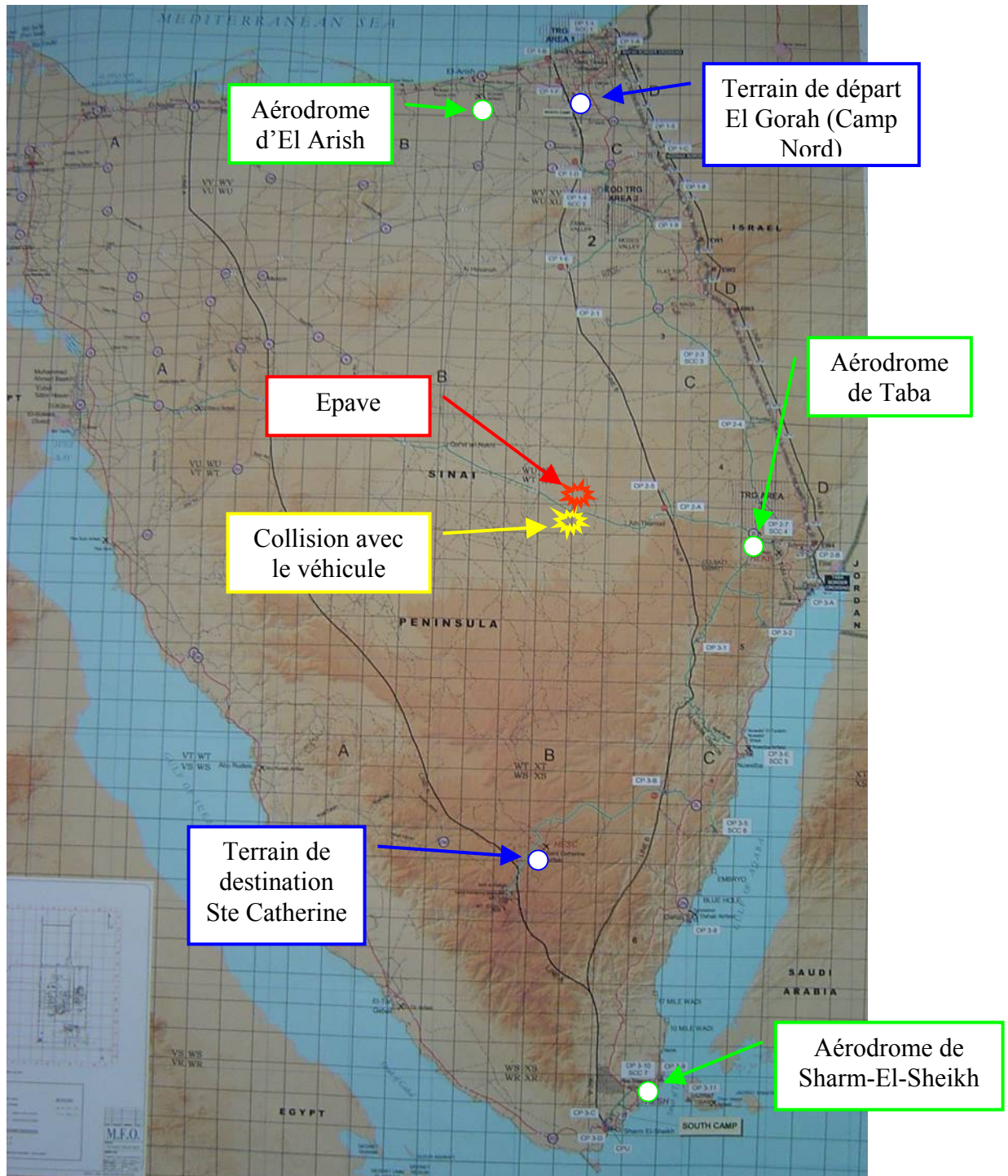
Position de l'épave : N 29° 49' 04"; E 34°10'58"; altitude 504 m.

➤ Moment : jour.

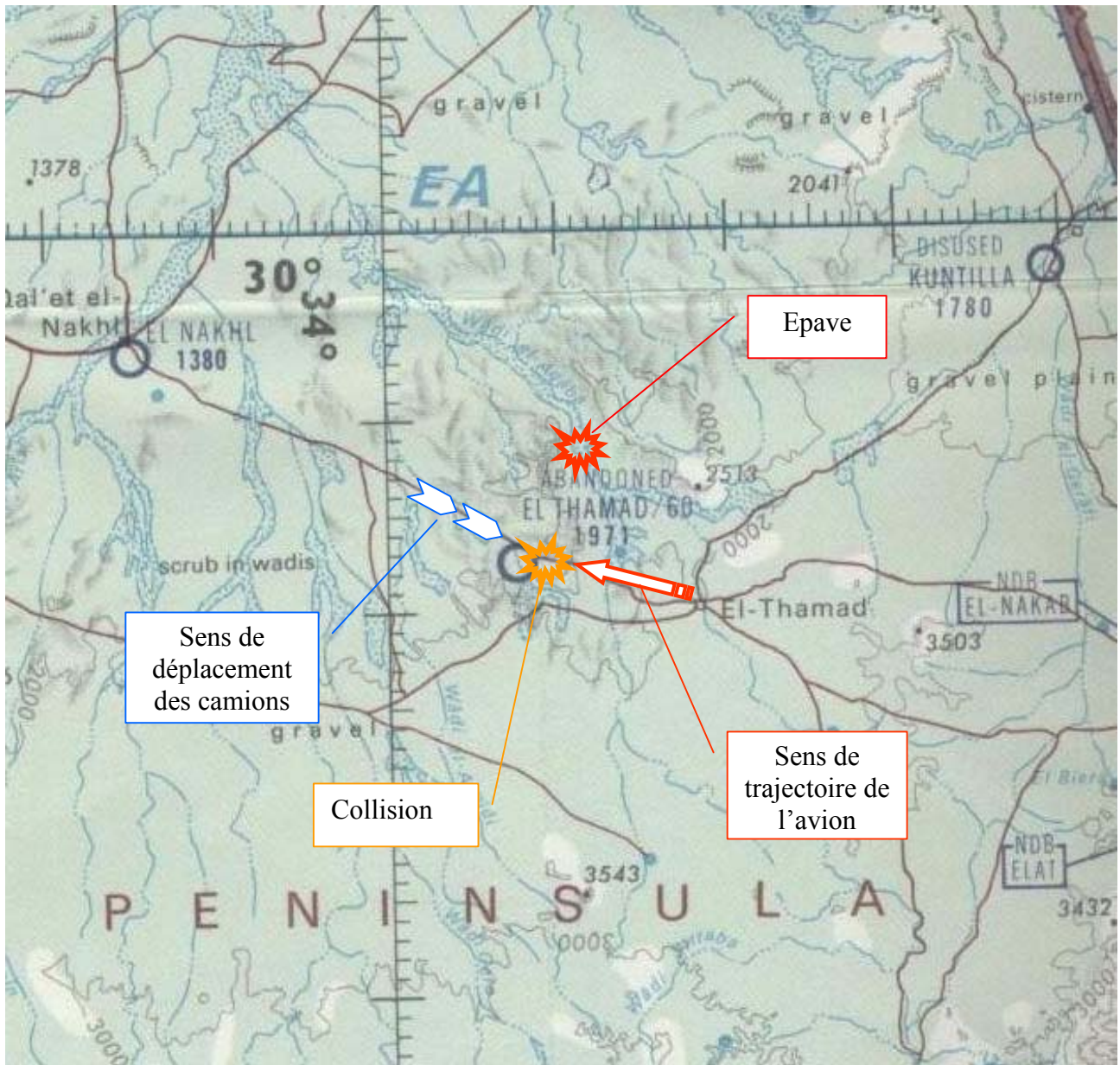
➤ Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Taba (HETB) à 35 Nm⁸ dans le 100° du lieu de la collision avec le véhicule.

⁷ GPS : *global positioning system* - système mondial de positionnement par satellite.

⁸ Nm : *nautical mile* - mille nautique (1 Nm = 1852 mètres).



Localisation des différents aérodromes et du lieu de l'accident



Localisation des sites et représentation des sens de trajectoires sur carte au 1/200 000^{ème}

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	2	7	
Graves			
Légères / Aucunes			

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4 Autres dommages

Le camion heurté par l'appareil a été entièrement détruit par un incendie, ainsi que son chargement de pare-brises.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1 Commandant de bord

- Age : 31 ans.
- Sexe : féminin.
- Unité d'affectation : Escadron de transport 03. 062 « Ventoux » - Mont de Marsan ;
- Formation :
 - ⇒ école de spécialisation : école de l'aviation de transport (EAT) Avord ; sortie d'école 1997 ;

⇒ qualification :

- CDB (repère en 8 sur CN235 « CASA »): 1^{er} juillet 2001.
- CDB / Chef moniteur : 30 septembre 2004 sur EMB121 Xingu (moniteur à l'EAT de 2004 à 2006).
- Affectation à Mont de Marsan en juin 2006.
- CDB sur CN235 : 14 mars 2007.
- CDB sur DHC-6 : 04 avril 2007.

⇒ Stage de qualification DHC-6 : octobre 2006.

⇒ Dernier cours CRM⁹ : septembre 2006.

⇒ Stage pilote opérationnel CN235 en juin 2000 comprenant un module tactique (dont des missions d'accoutumance aux vols à 330 ft).

➤ Fonction dans le détachement : Commandant du groupement de transport.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur DHC6	Sur tous types	Dont sur DHC6	Sur tous types	Dont sur DHC6
Total	3473h42	180h06	156h05	156h05	47h00	47h00
Dont CDB	887h04	46h30	46h30	46h30	38h30	38h30

➤ Date du dernier vol comme pilote :

⇒ sur l'aéronef :

de jour : 05 mai 2007. Liaison El Gorah – Sharm El Sheikh aller retour.

➤ Carte de circulation aérienne :

⇒ type : Carte aux instruments normes vertes ;

⇒ date d'expiration : 30 octobre 2007.

⁹ CRM : *crew resources management* - gestion des ressources de l'équipage.

- Séjours au Sinaï : deux, le premier en 2006 en tant que pilote, le second en tant que CDB + CGT. Début de ce deuxième séjour le 17 avril 2007.
- L'officier avait été désigné peu de temps avant le début du séjour, en remplacement du titulaire initial, indisponible.

1.5.1.2 Pilote

- Age : 33 ans.
- Sexe : Masculin.
- Unité d'affectation : Escadron de transport 03. 062 « Ventoux » - Mont de Marsan.
- Formation :

⇒ école de spécialisation : EAT Avord ; sortie d'école 1999 ;

⇒ qualification :

- CDB (repère en 8 sur Nord 262) : 01 août 2002 ;
- CDB sur DHC-6 : mai 2003 ;
- CDB sur CN235 : 30 janvier 2004 ;

Employé en tant que copilote confirmé sur CN235 et DHC6 dès le 15 novembre 2006 (retrait temporaire de la qualification CDB de 4 mois jusqu'en mars 2007 suite à un échec sur contrôle en ligne) ;

CDB sur CN235 et DHC6 (renouvellement de qualification CDB) le 26 mars 2007.

⇒ Stage pilote opérationnel sur N262 en mars 2001.

⇒ Stage de qualification DHC-6 : septembre 2001.

⇒ Dernier cours CRM : septembre 2006.

⇒ Module pédagogique du stage TRI¹⁰ : 13 septembre 2006.

- Fonction dans le détachement : Pilote CDB sur DHC-6.

¹⁰ TRI : *type rating instructor* – instructeur de type.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur DHC6	Sur tous types	Dont sur DHC6	Sur tous types	Dont sur DHC6
Total	3186h30	1301h29	167h50	101h29	37h00	37h00
Dont CDB	1108h00	615h00			0	0

➤ Date du dernier vol comme pilote :

⇒ sur l'aéronef :

de jour : 05 mai 2007. Liaison El Gorah – Sharm El Sheikh aller retour.

➤ Carte de circulation aérienne :

⇒ type : Carte aux instruments normes vertes ;

⇒ date d'expiration : 30 novembre 2007.

➤ Séjours au Sinaï : dix séjours, depuis 2001, dont quatre en tant que CDB + CGT (mai-juin 2004 ; août-septembre 2004 ; mai-juin 2005 ; février-avril 2006).

1.5.2 Autres personnes présentes à bord de l'appareil

Sept personnes avaient également pris place à bord : quatre mécaniciens de l'escadron « Ventoux » inscrits en complément d'équipage¹¹, ainsi que trois passagers, dont un passager de nationalité canadienne, extérieurs à l'escadron et n'ayant pas de fonction à bord.

Personnes présentes à bord en qualité de complément d'équipage

➤ Mécanicien n°1 :

⇒ Sexe : masculin.

⇒ Age : 35 ans.

⇒ Unité d'affectation : ET 03.062 « VENTOUX ».

¹¹ Les personnels sont inscrits en complément d'équipage sous la responsabilité du CGT.

⇒ Fonction à bord : mécanicien avionique.

⇒ Nombre heures de vol : 320 heures.

⇒ Nombre de séjours au Sinaï : 8.

➤ Mécanicien n°2 :

⇒ Sexe : masculin.

⇒ Age : 35 ans.

⇒ Unité d'affectation : E.T 03.062 « VENTOUX ».

⇒ Fonction à bord : mécanicien vecteur.

⇒ Nombre heures de vol : 312 heures.

⇒ Nombre de séjours au Sinaï : 6.

➤ Mécanicien n°3 :

⇒ Sexe : masculin.

⇒ Age : 33 ans.

⇒ Unité d'affectation : E.T 03.062 « VENTOUX ».

⇒ Fonction à bord : mécanicien avionique.

⇒ Nombre heures de vol : 233 heures.

⇒ Nombre de séjours au Sinaï : 5.

➤ Mécanicien n°4 :

⇒ Sexe : masculin.

⇒ Age : 21 ans.

⇒ Unité d'affectation : E.T 03.062 « VENTOUX ».

⇒ Fonction à bord : mécanicien vecteur.

⇒ Pas d'heures de vol homologuées.

⇒ Nombre de séjours au Sinaï : 1.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

- Acquisition : état neuf, marché en date du 15 octobre 1980. Livré à l'armée de l'air le 14 avril 1981 à 42 heures de vol.
- Commandement organique d'appartenance : commandement des forces aériennes (CFA).
- Base aérienne de stationnement : Mont de Marsan / El-Gorah.
- Unité d'affectation : ET 03.062 (Ventoux) / 2E 440 (MFO).
- Type d'aéronef : De Havilland Canada DHC-6 Twin Otter série 300 :
 - ⇒ configuration : version transport de passagers. Porte arrière droite à hublot large, permettant l'observation ;
 - ⇒ armement : néant ;
 - ⇒ caractéristiques : bimoteur, aile haute, trains fixes.

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	DHC 6	742 CB	10939h08 15168 Atterrissages	VIA ¹² : 50h05	VP4 ¹³ : 225h45
Moteurs	PT6 A27	GTP ¹⁴ 1 : 42048 GTP 2 : 42087	GTP 1 : 50h08 GTP 2 : 3455h08	RG ¹⁵ : GTP 1: 50h08 GTP 2: 3455h08	X

Commentaires :

- La VP4 a été effectuée par l'industriel du 31 juillet au 01 septembre 2006 à 10713h23, selon le plan recommandé d'entretien (opérations systématiques) et ne révèle aucune retouche remarquable.

¹² VIA : visite intermédiaire de type « A ».

¹³ VP4 : visite périodique n°4.

¹⁴ GTP : groupe turbo propulseur.

¹⁵ RG : révision générale.

Les câbles de commandes de vol ont été inspectés (absence d'effilochage, de corrosion et d'usure).

Le rapport de visite avion ne révèle aucun élément saillant.

- La VIA a été effectuée à partir du 12 mars 2007 par l'armée de l'air à Mont De Marsan à 10889h03 (prévue à 10903h23), soit environ 50 heures avant l'évènement.

A l'occasion de cette VIA, ont été changés en particulier :

- ⇒ par l'industriel, l'ensemble groupe turbo propulseur gauche (GTP1) et hélice gauche, à sa limite de fonctionnement ;
 - ⇒ par l'escadron Ventoux, le vérin de volets, à sa limite de fonctionnement.
- Le potentiel restant avant la prochaine visite (visite intermédiaire de type « B ») était de 139h55.
 - Aucun dysfonctionnement n'a été mentionné depuis la VIA.

1.6.1 Maintenance

L'examen de la documentation technique de l'aéronef témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur.

Les différentes dérogations ont été actées et formalisées par l'exploitant et le constructeur.

Les visites avant vol et après vol sont effectuées conformément à la documentation en vigueur (MCE 123-32) et correctement mentionnées dans la F11.

1.6.2 Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol au moment de l'évènement.

La dernière réserve de vol relevée dans la documentation datait du 23 mars 2007 lors d'un vol de contrôle suite à l'échange du GTP1 et de l'hélice gauche par l'industriel.

1.6.3 Masse et centrage

Masse estimée de l'avion au décollage : environ 13000 lbs¹⁶.

Masse estimée de l'avion au moment de la collision avec le camion : environ 12500 lbs.

¹⁶ Lb : livre (0,45 kg).

Compte tenu des neuf personnes à bord sans autre chargement, le centrage était dans les normes.

1.6.4 Carburant

- Type de carburant utilisé : F 34 (AIR 3405) / JET A1.
- Masse de carburant au décollage : 3030 lbs.
- Masse de carburant restante avant la collision avec le camion : environ 2500 lbs.
- Lors de la collision avec le véhicule, le réservoir d'aile gauche a été détruit, libérant 300 lbs de carburant. L'avion a poursuivi sa course avec environ 2200 lbs de carburant.

1.6.5 Autres fluides

- Type d'hydraulique utilisée : H 515 (AIR 3520).
- Quantité d'hydraulique dans la bache : 2,25 l.
- Type d'huile utilisée : EXXON Turbo Oil 2380.
- Quantité d'huile par moteurs : 8,75 l (5,70 l utilisable).

1.7 Conditions météorologiques

Les témoignages font état de conditions météorologiques favorables sur l'ensemble du trajet. La visibilité était supérieure à 10 kilomètres et l'horizon bien marqué avec, sur les lieux de l'évènement, un vent du secteur Nord, pouvant être estimé localement à une dizaine de nœuds.

Sur l'aérodrome de Taba (35 Nm du lieu de l'évènement), on relève entre 08h00 et 09h00, un QNH¹⁷ de 1014, un vent secteur Nord d'environ 10 kts¹⁸, et une température de 24°C, ciel clair.

1.8 Aides à la navigation

L'appareil disposait d'un GPS intégré type Garmin 100. Il a été détruit.

¹⁷ QNH : indique la pression ramenée au niveau de la mer.

¹⁸ Kt: *knot* - nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h).

1.9 Télécommunications

L'appareil était en contact avec El Gorah lors du départ sur une fréquence VHF¹⁹.

Détail des contacts radio

Selon le témoignage des *Flight followers*²⁰, plusieurs contacts radio ont eu lieu :

- à 07h20 par le pilote commandant de bord (PCB) sur une fréquence VHF, annonçant la mise en route ;
- quinze minutes plus tard, soit vers 07h35, le PCB annonce le roulage, qui est autorisé pour la piste 26 ;
- quelques instants avant le décollage, à 07h46, l'appareil est autorisé à décoller, sous la responsabilité du PCB, et l'équipage invité à rappeler à 10 Nm du terrain sur VHF (soit environ 3 à 4 minutes après décollage).

Selon le témoignage des *flight followers*, le PCB a accusé réception lors de ces échanges radio et aucun débit ou tonalité vocale inhabituelle n'a été remarqué dans sa voix.

Le message à 10 nautiques n'ayant pas été reçu, les *flight followers* ont tenté, sans succès, de contacter l'appareil sur VHF et HF (*high frequency*).

Aucun message radio, de contexture normale ou de détresse, n'a plus été reçu après le décollage, tant par El Gorah, que par les aérodromes environnants sur le trajet et de destination. Cette information a été validée auprès des *flight followers*, qui ont contacté téléphoniquement ces aérodromes lors de leurs recherches ultérieures, ainsi que par les services officiels égyptiens et israéliens.

La procédure prévoit des contacts radio réguliers effectués par l'aéronef : à 10 Nm du terrain, et 30 minutes après le décollage, sur une fréquence HF²¹, pour un message de compte rendu. Lorsque le contact radio ne peut être établi avec les *flight followers*,

¹⁹ VHF: *very high frequency* - très haute fréquence.

²⁰ Personnels assurant le suivi des vols au départ et à destination d'El Gorah. Ils n'assurent pas le service de contrôle aérien. Ils assurent l'information de trafic dont ils ont connaissance. La plateforme n'est pas équipée de moyens de détection ni de tour de contrôle.

²¹ HF: *high frequency* – haute fréquence.

l'équipage peut contacter l'opérateur radio français sur la station HF-BLU²² localisée au sein du détachement, et celui-ci prévient ensuite les *flight followers*.

Dans le cas présent, l'opérateur radio se trouvait à bord de l'appareil, et aucun témoignage des personnels administratifs présents n'a fait état d'un quelconque appel sur la station HF-BLU du détachement.

Si toutefois le contact HF-BLU ne pouvait être établi, l'équipage contacte l'aérodrome de Taba et de destination, qui relayent ensuite l'information téléphoniquement vers El Gorah.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'El Gorah n'est pas équipé de radar, ni de tour de contrôle. Les *flight followers* assurent le suivi des vols et font de l'information de trafic.

1.11 Enregistreurs de bord

L'appareil n'est équipé d'aucun dispositif d'enregistrement.

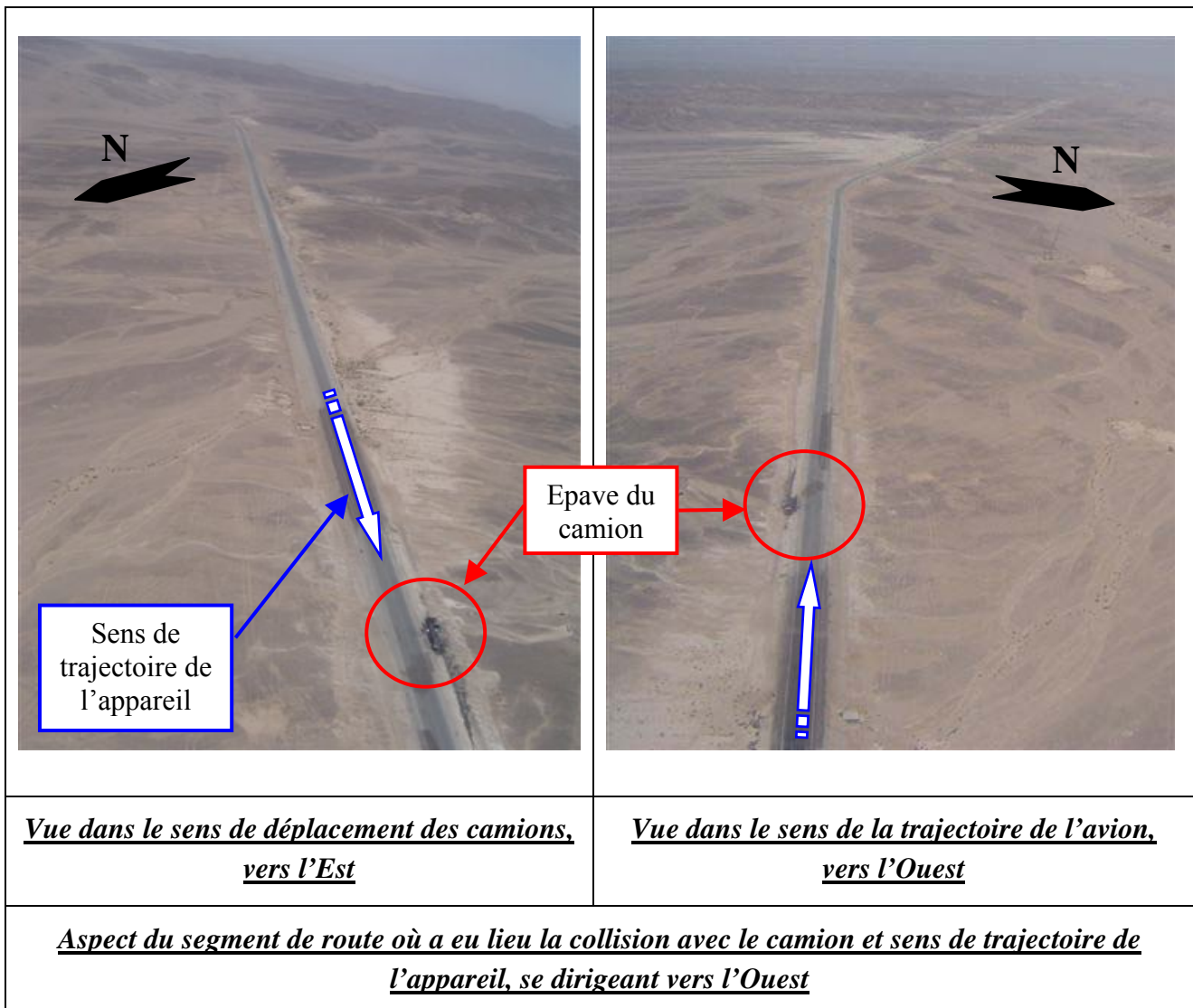
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Deux sites distincts ont été identifiés, distants d'une douzaine de kilomètres, le site de la collision avec le véhicule, et le site de l'impact au sol.

²²BLU : bande latérale unique.

1.12.1 Examen de la zone

1.12.1.1 Examen du site de la collision avec le véhicule



Le lieu de la collision est situé sur un segment rectiligne d'environ 2,7 kilomètres, de l'axe routier reliant Suez à Aqaba. Ce segment est orienté au 110°/290°. La route se détache très nettement par sa géométrie et son contraste sur le fond du paysage.

La collision a eu lieu au sommet d'une petite côte. A cet endroit, la pente est d'environ 5% côté Ouest, et de 2% côté Est. A hauteur d'homme, et à quelques dizaines de mètres de part et d'autre de l'endroit de la collision, il n'est pas possible d'apercevoir la route de l'autre côté du sommet.

Perpendiculairement à l'axe de la route, le sommet de cette côte est marqué par un petit relief côté Sud, et une dépression côté Nord. Une ligne à très haute tension longe la route en contrebas, à environ 300 mètres au Nord.

Les bas côtés sont matérialisés par des lignes continues et l'axe médian par une ligne discontinue en partie effacée.

Des traces de freinage de véhicules et d'accidents témoignent de la dangerosité de l'endroit pour les conducteurs, essentiellement due au manque de visibilité de part et d'autre du sommet de la côte.

La chaussée présente les caractéristiques et dimensions suivantes à l'endroit de la collision :

- une largeur totale revêtue de 11,50 mètres ;
- une largeur de chaussée de 8,40 mètres, matérialisée par des lignes continues sur les côtés, une ligne discontinue marquant l'axe médian ;
- un dégagement d'environ 6,50 mètres entre la ligne continue et le talus du côté du camion (Sud). Ce dégagement présente un dévers vers l'extérieur en dehors de la surface revêtue.



Lieu de la collision, vu à environ 150 mètres selon l'axe de progression des camions



Lieu de la collision, vu à environ 300 mètres selon le sens de la trajectoire de l'avion



Détail de la route au voisinage du lieu de la collision, vu à 100 mètres environ selon le sens de la trajectoire de l'avion, vers l'Ouest.

Constatations :

- Aucune trace correspondant aux pneumatiques de l'avion n'a pu être observée sur la route en amont ou en aval de la collision.

Constatations effectuées sur le véhicule

- Le camion heurté s'est arrêté contre un talus bordant la route au Sud. Selon les témoignages, il était entièrement sur le bas côté, presque arrêté et proche du talus au moment du choc. Sa position lors de la collision ne peut être déterminée avec précision, mais la cabine présente une divergence avec l'axe de la route.
- La partie frontale du pavillon de la cabine présente un enfoncement et un sillon dans la tôle.

- Le toit de la cabine est découpé plus en arrière, dans le prolongement de l'enfoncement. L'alignement des marquages est approximativement parallèle à l'axe de la route.
- La structure métallique de la ridelle frontale du plateau arrière est renversée vers l'arrière et la droite du camion. Sa partie supérieure gauche présente un enfoncement.
- Les ridelles latérales, constituées de tubes métalliques épais, ne présentent pas de traces d'impact visibles.



Traces de la collision sur l'épave du camion heurté par l'aile gauche de l'avion

<p><u>Ridelle frontale de la remorque heurtée par l'aile gauche de l'avion et renversée (emplacement initial de la partie heurtée en pointillés)</u></p>	<p><u>Marquages sur la partie supérieure de la cabine du camion et sens de la trajectoire de l'avion</u></p>

Caractéristiques du véhicule :

Selon le témoignage du conducteur, le camion transportait un chargement de pare-brises. La cabine était de couleur bleue, les ridelles métalliques du plateau arrière étaient de couleur verte et dépassaient la hauteur du toit de la cabine de moins d'un mètre.

Le camion ayant entièrement brûlé, il n'était plus possible d'en connaître précisément la hauteur lors du choc. (La hauteur de la cabine mesurée initialement sur l'épave à 2,70 mètres n'étant pas significative).

Une recherche auprès du constructeur du véhicule a permis de situer ultérieurement la hauteur du pavillon entre **2,928 m et 2,995 m** (dimensions théoriques à vide), les dimensions réelles dépendant d'autres paramètres tels le type de pneumatiques ou l'état de compression des amortisseurs, impossibles à déterminer.

La longueur hors tout de l'ensemble routier est de 14,7 mètres, pour 3,50 mètres de largeur et une hauteur totale (avec les ridelles) estimée selon le témoignage du conducteur à environ 3,5 mètres.

Débris de l'appareil retrouvés à proximité du camion :

De nombreux débris de petite taille, provenant de la structure de l'extrémité de l'aile, ont été retrouvés dans le sillage du camion, éparpillés sur la route sur une centaine de mètres environ. Aucun débris n'a été trouvé en amont du camion. Certains de ces débris portent des traces de peinture bleue ou verte, provenant des parties peintes du camion.

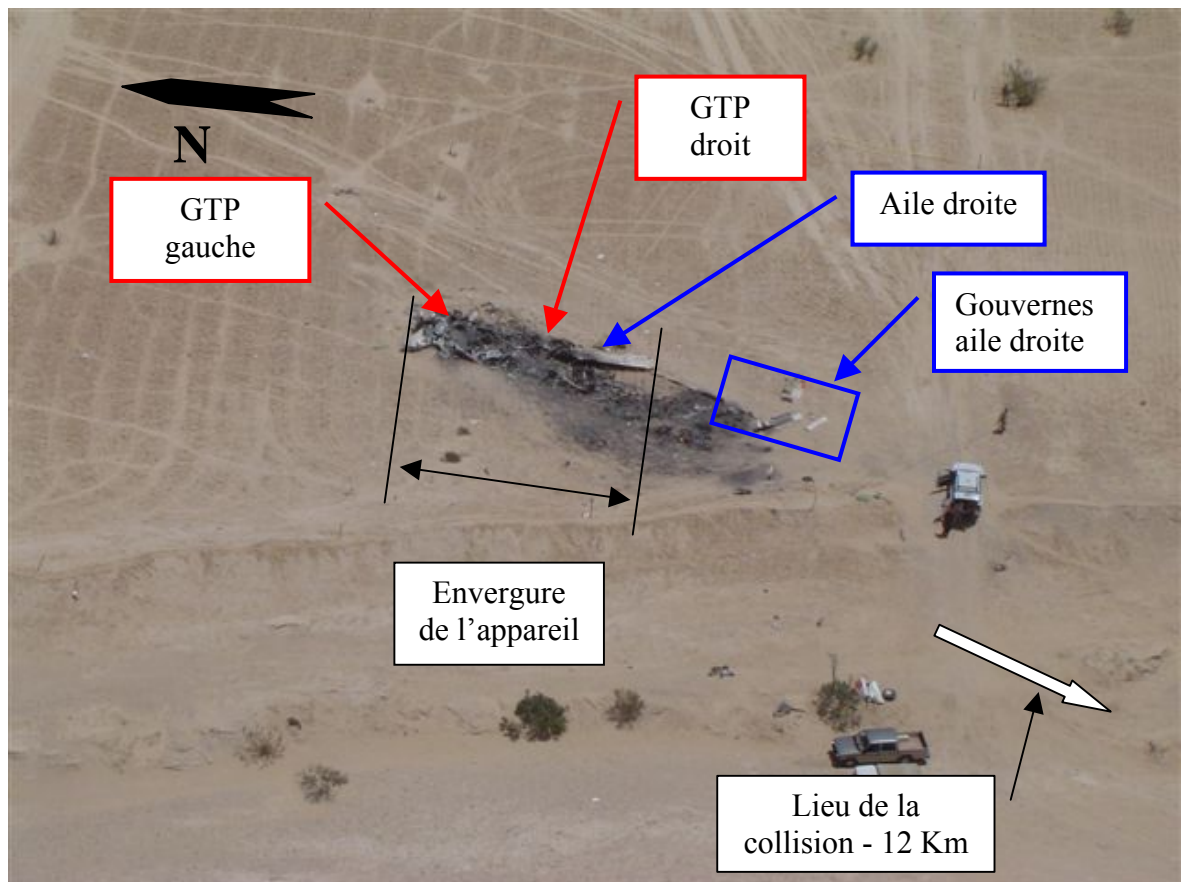
En particulier, les éléments suivants ont été retrouvés sur le site d'impact avec le camion :

- volet et aileron externe gauches en 5 morceaux, (ces éléments ont été rassemblés et acheminés par la police sur le site du crash) ;
- fragments d'intrados de l'aile, nombreux débris déchiquetés (partie réservoir d'aile) dont 1 seul morceau à l'emplacement du réservoir, portant des marques de peinture bleue ;
- fragments de bord d'attaque et morceau du *fence*²³ ;
- ferrure d'extrémité d'aile gauche, portant des traces de peinture bleue sur la longueur de son arête.



²³ Déflecteur.

1.12.1.2 Examen du site du crash et de l'épave



Vue aérienne du site d'impact

L'épave est localisée dans une zone inhabitée où le sol est de consistance meuble.

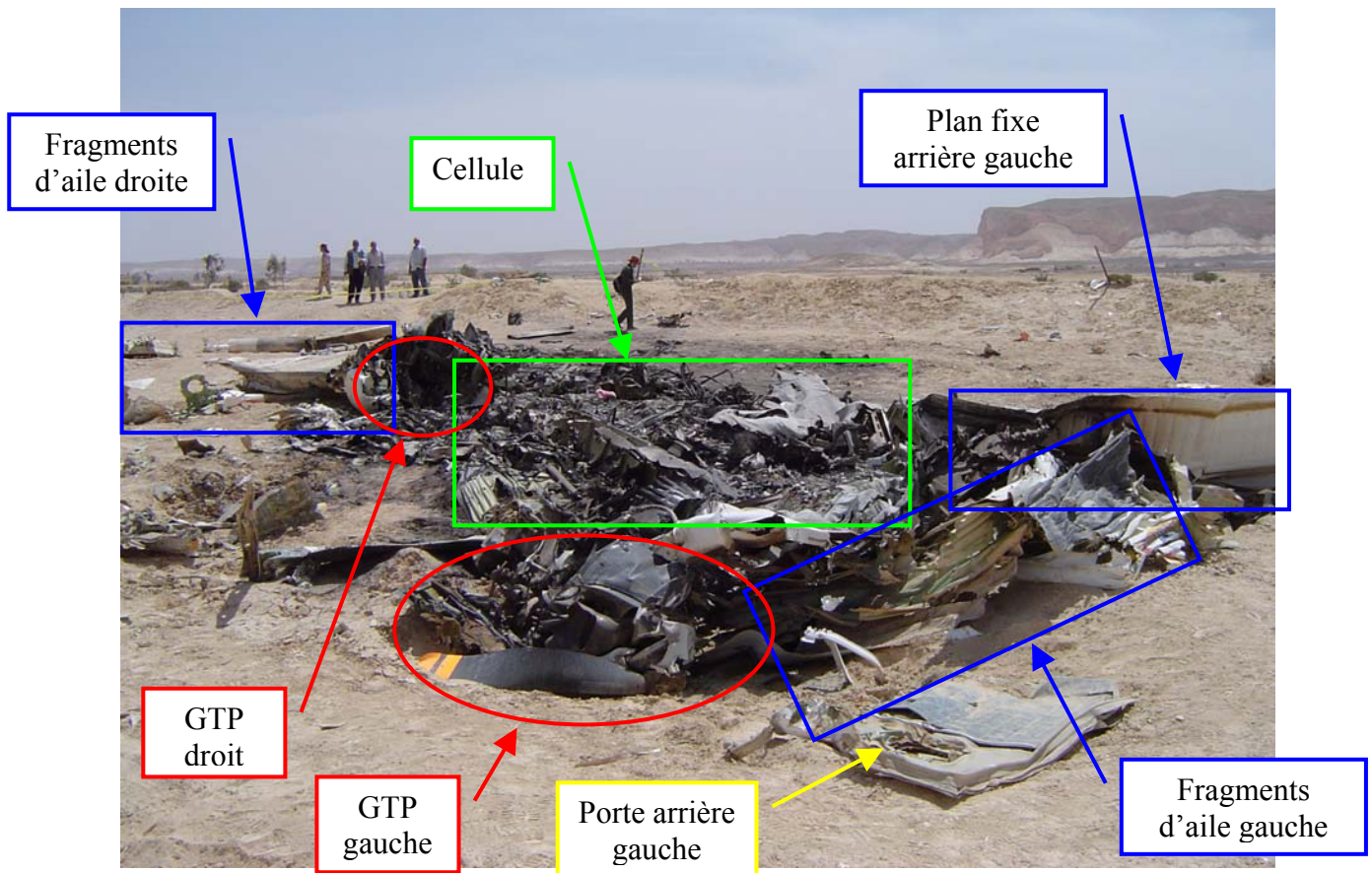
L'ensemble de l'épave est concentré au point d'impact, avec un petit cratère à l'endroit du moteur gauche, et sans dispersion de débris significative, attestant d'une trajectoire terminale proche de la verticale.

1.12.2 Examen de l'épave

L'épave a été soumise à un incendie de forte intensité. Certains éléments ne sont plus identifiables, fondus ou entièrement brûlés et de nombreux débris portent des traces de fusion.

1.12.2.1 Constatations effectuées sur le site :

- Les différentes parties de la voilure et les moteurs sont alignés selon l'envergure initiale de l'appareil.
- La structure de la demi-voilure gauche est détruite.
- L'empennage arrière est superposé aux restes de l'aile gauche.
- L'aile droite est brisée en deux morceaux principaux et les gouvernes associées ont été projetées à quelques mètres selon son axe.
- Les pales d'hélices sont vrillées et portent des traces de frottement sur le bord d'attaque. Deux pales ont été désolidarisées du moyeu sur chaque moteur.
- Les extincteurs moteurs ont été retrouvés non percutés et toujours sous pression.
- Les câbles de commandes de vol ont été coupés à plusieurs endroits à l'aide d'un outil par les équipes de relevage des victimes.
- Le train principal gauche a été brisé en deux parties, la roue a été éjectée à quelques dizaines de mètres et préservée de l'incendie. Le train principal droit est entier. Le train auxiliaire est entier et présente une fourche en partie fondue.



Aspect général de l'épave, vue selon un axe 190°

1.12.2.2 Principales constatations effectuées sur les éléments de l'épave dans les locaux du BEAD-air

- La cellule est entièrement détruite.
- Aucune trace d'impact de projectile, de collision volatile, ou de collision avec un autre aéronef n'a été identifiée sur les fragments de la cellule et en particulier du revêtement de la cellule, des ailes et plans horizontaux, des gouvernes et des bords d'attaque.
- La structure de l'aile gauche est très dégradée par l'impact final et l'incendie. Il n'en subsiste que quelques gros fragments. Le bord d'attaque et une partie de l'intrados présentent des marques de compression, témoignant d'un impact violent. L'aile droite a été moins endommagée, en grande partie préservée de l'incendie, et un gros fragment d'extrémité comprenant la totalité du réservoir s'est détaché. Le bord d'attaque présente des déformations attestant d'une assiette importante à piquer. La différence des endommagements sur l'envergure de la voilure atteste d'une inclinaison à gauche lors de l'impact.

- Le demi plan horizontal gauche et sa partie mobile ont été épargnés par l'incendie, à contrario du demi plan horizontal droit, presque entièrement détruit. Il présente des déformations concordantes avec celles observées sur l'aile. Seule la partie supérieure de la dérive subsiste.
- La partie avant, la cabine de pilotage, et le fuselage ne sont plus identifiables, détruits mécaniquement par l'impact, puis par l'incendie.
- La planche de bord a été retrouvée en partie, avec quelques instruments dont les indications ont disparu ou ne sont plus exploitables.
- Des éléments du circuit carburant, réservoirs centraux, pompes et conduites, attestent d'une destruction mécanique à l'impact, sans trace d'incendie.
- Commandes de vol :

Les constatations sur cette cinématique ont permis d'identifier les principaux éléments constituant les commandes de vol.

Aucun dysfonctionnement visible n'a été identifié au niveau des différents secteurs de commande de gauchissement, de profondeur et de direction.

Cependant, l'état des différents constituants en particulier des éléments restants de la partie gauche de la cinématique du gauchissement après la collision, ne permet pas de déterminer un éventuel dysfonctionnement des commandes de vol antérieur à l'impact final.

- ⇒ La continuité de la tringlerie rigide des volets, interne à l'aile, a pu être constatée sur l'aile droite.
- ⇒ Les éléments des commandes retrouvés et situés en cabine (profondeur, gauchissement, palonniers, manettes, renvois, axes et tringleries) sont disloqués et libres en mouvement. L'état des commandes identifiées ne permet pas de déterminer une quelconque position ni un éventuel dysfonctionnement avant l'impact, à l'exception de la manette de commande des volets. Le mécanisme des compensateurs manuels de profondeur et de direction n'a pas été retrouvé.



Etat des ensembles de commandes du poste de pilotage

⇒ Sélecteur des volets situé en cabine

L'axe, le secteur dentelé et la partie métallique du sélecteur avec son frein cranté effaçable sont dans une position intermédiaire de la plage de réglage.



Etat du sélecteur des volets et position identique en cabine

Compte tenu de son état, la position de la commande des volets en cabine peut être restituée entre 20° et 30° au moment du crash²⁴.

²⁴ Ce sélecteur est situé au plafond de la cabine de pilotage et le sens de sortie des volets est vers l'avant. La commande est freinée par une crémaillère qu'il faut effacer pour déplacer le levier de commande. Les positions usitées sont repérées par des index, mais il est possible de placer le sélecteur en position intermédiaire.

⇒ Trim de gauchissement

La commande électrique et l'indicateur situés en cabine n'ont pas été identifiés.

Les constatations effectuées sur le mécanisme de commande situé sur l'aileron gauche (retrouvé sur le lieu de la collision avec le véhicule) montrent que : le moteur électrique est en bon état visuel, la biellette est brisée et est sortie de 58,5 millimètres.

Cette mesure a permis de déterminer que le réglage du trim électrique de gauchissement correspond à environ une graduation vers la gauche (sur l'indicateur situé en cabine), lors de la collision avec le véhicule.

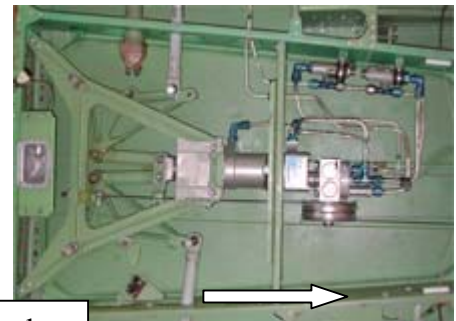
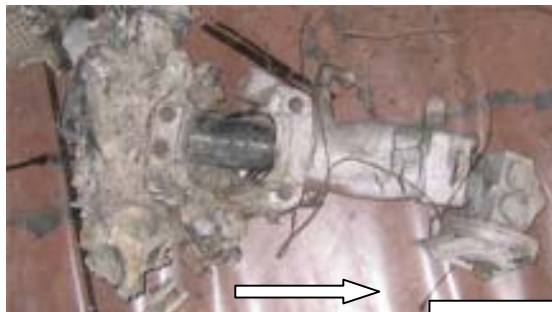
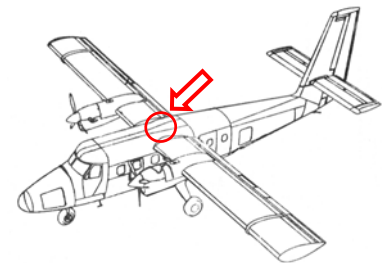
⇒ Câbles de commandes de vol :

La plupart des constituants des câbles de profondeur, direction, gauchissement, trim et pilote automatique (PA) ont été retrouvés. Les câbles ont subi des coupures à l'aide d'un outil et des arrachements. Les guides câbles et poulies en alliage ont en grande partie fondu dans l'incendie. Ces câbles ont fait l'objet d'une expertise dans les laboratoires de la DGA²⁵. L'étrier de direction situé dans la dérive est rompu et fait également l'objet d'une expertise.

⇒ Vérin de commande des volets

Il est situé entre les deux demi voilures, fixé au toit du cargo.

La tige de vérin est sortie d'environ 9 cm, ce qui correspond à une position *théorique* des volets à 37,5°.



Vers l'avant de l'appareil

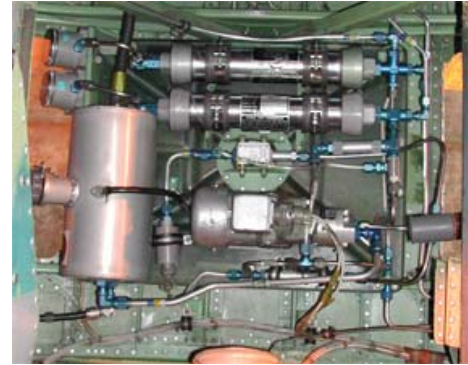
Etat du vérin hydraulique et position sur l'avion

²⁵ DGA : délégation générale pour l'armement.

Le corps du vérin a subi un écrasement et a été soumis à l'incendie (plis et fissures caractéristiques). Sa position avant l'impact ne peut être déterminée avec certitude.

➤ Platine hydraulique

Elle est située sous le plancher de la cabine de pilotage.



Le manomètre de gauche (l'indicateur de pression de l'accumulateur principal) indique une pression d'environ 700 PSI.

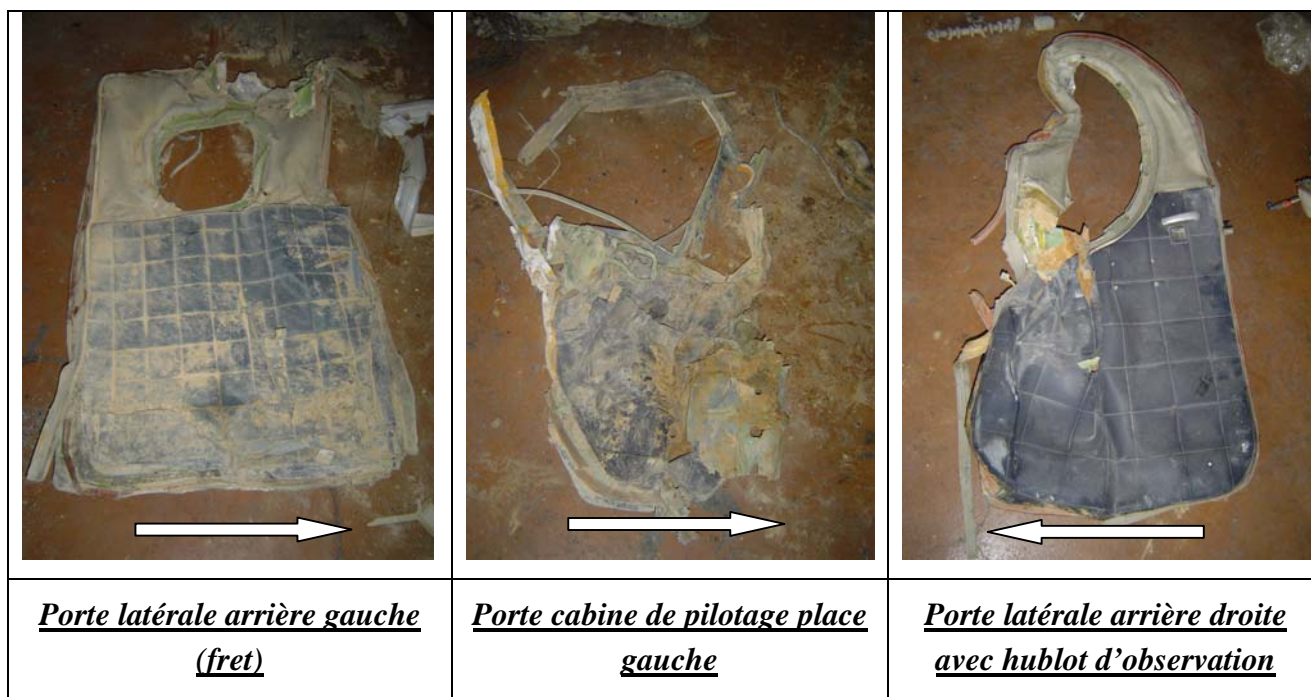
Le manomètre de droite (indicateur de pression de l'accumulateur de frein) indique une pression d'environ 1500 PSI.

Ces indications, qui ne sont pas obligatoirement représentatives de la pression réelle des accumulateurs avant le crash, attestent néanmoins d'une pression effective dans le circuit hydraulique avant l'impact.

➤ Ouvertures

Les portes présentent toutes des traces de compression attestant leurs positions fermées à l'impact. La porte droite du poste de pilotage a été en grande partie brûlée dans l'incendie.

Les capitonnages et les joints caoutchouc des faces internes ne présentent pas de traces d'incendie.



Légende :  Vers l'avant de l'appareil

➤ Extincteurs

⇒ Extincteurs moteurs

Les cartouches pyrotechniques n'ont pas été percutées compte tenu de la pression indiquée par les manomètres des extincteurs.

Ci-contre : aspect des deux extincteurs moteurs



⇒ Extincteurs cabine

Les extincteurs de soude à poudre et au CO2 sont endommagés et vides. L'état de leur mécanisme atteste qu'ils n'ont pas été percutés manuellement.

Ci-contre : aspect des extincteurs cabine



- La bouteille d'oxygène de bord a été éventrée dans l'incendie.
- Le pistolet d'alarme de bord a été retrouvé vide de toute cartouche. Les cartouches de 40 millimètres retrouvées brûlées n'ont pas été percutées.
- Organes du circuit électrique

L'incendie de forte intensité et la fusion des parties métalliques de la structure ont totalement brûlé l'isolant des câbles et cuit les brins des âmes.

Quelques câbles de forte section des circuits de puissance retrouvés dans des parties non détruites par le feu ne présentent pas de traces de courts-circuits (exemple: circuits génératrices).

Les câbles non détériorés par l'incendie et situés dans la voilure droite ne présentent pas de traces défectueuses.

Les batteries ont été déformées à l'impact et ne portent pas de traces d'explosion.

Hormis ces constatations, l'état général des organes électriques et des câblages ne permet pas d'identifier un éventuel dysfonctionnement ou un feu d'origine électrique antérieur à l'impact final.

- Equipements de radionavigation et de communication

⇒ Hormis le GPS, tous les postes de radiocommunication et de radionavigation ont été identifiés. Ces équipements ne stockent pas d'informations et il n'est donc pas possible de déterminer leur mode de fonctionnement au moment de l'impact au sol.

⇒ La balise de détresse JOLIETT JE2A est détruite. Son état ne permet pas de se prononcer sur son fonctionnement. La commande manuelle à distance de la balise, située sur le panneau de commande génération et de démarrage (partie supérieure du poste de pilotage - détruite), n'a pas été identifiée.

⇒ Une boîte de mélange audio sur deux a été retrouvée. Son état ne permet ni d'identifier le moyen de communication utilisé antérieurement à l'accident, ni de déterminer si un appel a été effectué.

L'état des boîtiers de commandes ne permet pas de déterminer l'utilisation des moyens de communication ou de radionavigation, mais la lecture de certains

indicateurs à rouleaux a permis d'identifier avec approximation certaines fréquences affichées par l'équipage.

Le code affiché au transpondeur correspond au code habituel utilisé par l'avion de la MFO.

Les fréquences HF-BLU affichées sont proches des fréquences habituellement utilisées pour les contacts avec la base d'El Gorah.

La fréquence VHF1 affichée correspond à la fréquence d'El Arish Radar, fréquence affichée après décollage.

Les fréquences affichées en radionavigation correspondent pour la VHF1 au VOR²⁶ d'El Arish, pour la VHF2 soit au VOR d'El Arish soit proche du VOR de Taba.

Les fréquences retrouvées affichées correspondent, aux approximations de lecture près (induites par les déformations), aux fréquences de signalisation, de radionavigation et de communication habituellement utilisées lors d'un trajet El Gorah – Sainte Catherine.

Nonobstant l'absence d'une boîte de commande radio VHF, les affichages relevés ne correspondent à aucune fréquence ou code transpondeur de détresse²⁷.

1.12.2.3 Repositionnement des constituants de l'épave

Les constatations effectuées à cette occasion ont permis d'évaluer en particulier les endommagements subis par l'aile gauche lors de la collision avec le véhicule.

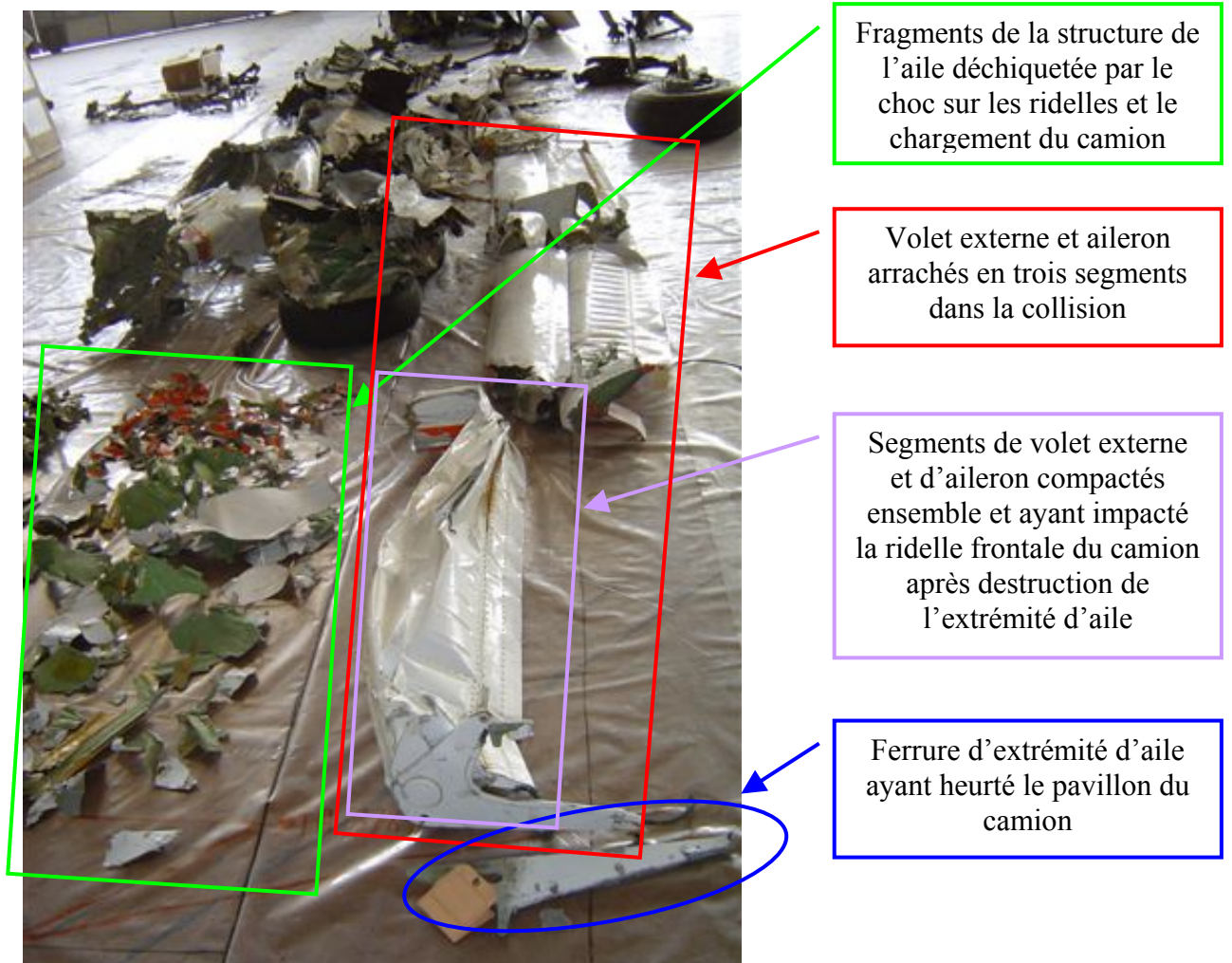
Ce travail a nécessité un marquage dimensionnel au sol de l'aile et des zones remarquables (nervures, plan de marquage de peinture « MFO »).

²⁶ VOR : *visual omni range* - balise de radionavigation.

²⁷ Transpondeur : 7700; fréquence détresse : 121,50 Mhz ou 243 Mhz.



Aspect des débris de l'aile retrouvés près du camion et positionnés sur canevas

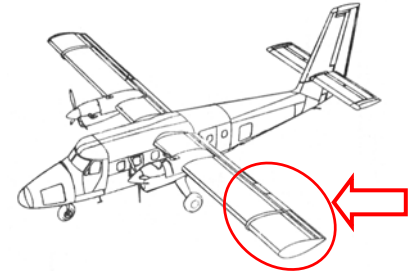


Détail des constituants de l'aile gauche retrouvés sur le site de la collision avec le camion

NOTA : Sur la documentation DHC6, les valeurs dimensionnelles de l'aile sont exprimées en pouce et repérées par station à partir de l'axe de l'avion (ainsi la station STA 272.5 se traduit par 272.5 pouces du centre de l'avion). Pour la compréhension du lecteur, certaines valeurs ont été traduites en centimètres à partir du bout de l'aile.

Les éléments suivants sont retrouvés sur le site de la collision avec le camion :

- volet et aileron externe gauche en 5 morceaux,
- partie intrados de l'aile zone blanche, nombreux débris déchiquetés (partie réservoir d'aile) dont un morceau du revêtement du réservoir,
- partie intrados de l'aile zone orange, nombreux débris déchiquetés.



Des débris d'aile sont retrouvés sur le site de l'impact au sol avec déchirures constatées sur cette partie :

- morceaux de revêtement d'aile comprenant le bord d'attaque avec une partie de l'extrados et de l'intrados au niveau de la cocarde (environ station 272,5 soit 295 cm du bout d'aile) enfoncé et plissé,
- longeron arrière avec bielle de commande de volet externe (environ entre station 247,5 et station 260,0 soit 358 cm du bout d'aile).

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'institut de médecine légale de Bordeaux, l'absence de suie et de brûlure des voies aériennes supérieures permet d'exclure l'inhalation de quantité importante de fumées avant le décès des personnes à bord de l'appareil.

Il n'a pas été retrouvé de matériel d'inhalation d'oxygène sur les victimes.

1.13.1 Membres d'équipage de conduite

1.13.1.1 Commandant de bord

➤ Dernier examen médical :

⇒ type : expertise révisionnelle d'aptitude au CEMPN²⁸ de Bordeaux ;

⇒ date : 06 septembre 2006 ;

⇒ résultat : apte pilote de transport sans restriction ni dérogation ;

⇒ validité : 12 mois.

Examens biologiques : non contributifs.

➤ Blessures : décès par polytraumatisme.

➤ Les constatations effectuées lors de l'autopsie attestent que le commandant de bord se trouvait en place droite de la cabine de pilotage au moment de l'impact au sol.

1.13.1.2 Pilote

➤ Dernier examen médical :

⇒ type : expertise révisionnelle d'aptitude au CEMPN de Bordeaux ;

⇒ date : 02 février 2007 ;

⇒ résultat : apte pilote transport sans restriction ni dérogation ;

⇒ validité : 12 mois.

➤ Examens biologiques : non contributifs.

➤ Blessures : décès par polytraumatisme.

➤ Les constatations effectuées lors de l'autopsie attestent que le pilote se trouvait en place gauche de la cabine de pilotage au moment de l'impact au sol.

1.13.2 Autres personnels

Les quatre mécaniciens du « Ventoux » présents à bord en complément d'équipage étaient tous à jour d'aptitude médicale à leur emploi.

Les 7 personnels présents à bord dans la cabine arrière sont décédés par polytraumatisme.

²⁸ CEMPN : centre d'expertises médicales du personnel navigant.

Leur position exacte dans la cabine au moment de l'impact au sol ne peut être déterminée.

1.14 Incendie

Les témoignages des conducteurs des camions n'ont pas fait état de flammes ou de fumée provenant de l'appareil en vol, avant ou après la collision avec le véhicule.

Les capitonnages et joints des portes latérale arrière droite de l'appareil, latérale gauche et du poste pilote place gauche, éjectées lors de l'impact au sol et relativement préservées ne portent pas de trace d'incendie.

Un incendie s'est déclaré lors de la destruction mécanique des réservoirs structuraux à l'impact et pulvérisation du carburant sur les parties chaudes.

1.15 Organisation des secours

Le contact radio habituel en sortie de zone à 10 Nm n'ayant pas été reçu, les *flight followers* ont tenté sans succès de contacter l'appareil sur fréquence VHF et HF.

Le message radio programmé à 30 minutes après décollage n'ayant pas été reçu, la phase d'alerte a été déclenchée à 08h35, conformément aux procédures (article 601 des FSOP²⁹) et une cellule de crise a été activée.

Les aéroports de Taba, de Sharm El Sheikh, d'El Arish et du Caire ont été contactés et ont rapporté l'absence de contact radio et visuel avec l'avion.

A partir de 09h10 (heure estimée d'atterrissage + 10 minutes), l'aérodrome de Sainte Catherine a confirmé que le Twin Otter ne s'y était pas posé. La phase de détresse a été déclenchée et les moyens de recherche ont été mis en alerte.

Aucune balise de détresse n'a été détectée.

Suite à une information stipulant que des éléments d'aile d'avion à proximité d'un camion accidenté et en feu auraient été retrouvés par des autochtones, les hélicoptères américains d'évacuation sanitaire (MEDEVAC) du camp sud et du camp nord ont décollé vers 10h00.

Vers 11h30, un convoi routier est parti du camp sud vers le site supposé de l'accident.

²⁹ FSOP : *forces standard operating procedures* – procédures opérationnelles standard des forces.

Après avoir repéré le site du camion accidenté vers 11h00, l'hélicoptère MEDEVAC a procédé, en l'absence de détection d'un signal de balise de détresse, à un quadrillage zone par zone, puis a été contraint de se dérouter pour ravitailler sur l'aéroport de Taba.

L'épave de l'appareil a été repérée par les forces de police de *l'Arab Republic of Egypt* (ARE) et le crash a été officiellement confirmé à 11h45.

L'hélicoptère MEDEVAC est arrivé sur le lieu du crash final à 12h20 et a passé un premier bilan médical avec sept victimes décédées ; puis à 13h50 le bilan définitif a fait état de neuf victimes décédées.

A 14h15, le convoi routier du camp Sud est arrivé sur les lieux, balisés et sécurisés par les policiers locaux et un détachement de la MFO.

Le relevage des corps a débuté à 18h30 par une équipe de l'ERT³⁰ de la MFO équipée d'un camion réfrigéré.

Les corps des victimes ont été rapatriés vers El Gorah à partir de 21h00.

La méthodologie de relevage a permis à l'équipe de l'IRCGN de procéder à l'identification ultérieure des victimes.

1.16 Essais et recherches

L'expertise des moteurs et des hélices a été confiée au CEPr de Saclay.

L'expertise des fragments de l'épave a été réalisée par un expert de l'EETRDC de Chateaudun pour rechercher les éventuels impacts de projectile, ou tout impact d'une autre nature.

Une expertise de la pompe électro hydraulique a été demandée au CEPr afin de déterminer un éventuel dysfonctionnement de cet organe.

Une expertise complémentaire des câbles de commande de vol a été demandée au CEPr suite à une recommandation émise par le Bureau enquêtes et analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) concernant l'accident du Twin Otter d'Air Moorea survenu le 09 août 2007.

³⁰ ERT : *emergency and rescue team* – équipe de secours et d'urgence.

L'expertise des éléments de demi voilure gauche (structure et gouvernes), des gouvernes de la demi voilure droite ainsi que du vérin hydraulique de commande des volets a été demandée au CEAT de Toulouse afin de déterminer la position des gouvernes de l'appareil au moment de la collision avec le véhicule et lors de l'impact au sol, ainsi que tout signe éventuel d'endommagement antérieur.

Une étude a été demandée à l'EPNER d'Istres afin d'évaluer les qualités de vol de l'appareil après la collision avec le véhicule, une fois les endommagements de l'aile déterminés, ainsi que les configurations et paramètres de vol possibles lors du choc avec le véhicule.

1.17 Renseignements sur les organismes

La MFO a été mise en place au Sinaï suite au traité de paix entre Israël et l'Égypte le 26 mars 1979. Un protocole d'accord fixe les modalités de participation pour onze nations.

La France contribue à cette force³¹ notamment par la mise à disposition depuis 1982 de moyens aériens de l'armée de l'air (un avion DHC-6-300 Twin Otter et son équipage) et de personnels de mise en œuvre, constituant le groupement de transport Sinaï, basé à El Gorah, au camp Nord.

En dépit des risques d'attentats avérés à l'encontre des véhicules terrestres de la MFO, aucune menace sol-air n'a été répertoriée au dessus du Sinaï, et aucun acte hostile à l'encontre de l'avion de la MFO n'a été rapporté. Enfin, aucune consigne de sécurité spécifique de survol du Sinaï n'a été édictée en ce sens par la MFO.

1.18 Techniques spécifiques d'enquête

Un tri et une identification progressive des principaux débris de l'appareil ont été réalisés dans les locaux du BEAD-air, préalablement à toute expertise sur la structure.

Un positionnement des débris de l'aile sur un quadrillage avec marquage dimensionnel à l'échelle 1 a ensuite été réalisé afin d'évaluer les dommages subis par l'appareil lors de la collision avec le véhicule et de les distinguer de ceux subis lors de l'impact au sol.

³¹ Cette force est gérée par une organisation indépendante de l'ONU (*united nation organization* – organisation des nations unies), et dont la direction est à Rome.

Cette étape a permis d'établir le plan de recherches ultérieur et d'orienter la conduite des études et expertises.

1.19 Renseignements supplémentaires

1.19.1 Points particuliers d'organisation du groupement de transport au Sinaï

- Le groupement de transport est composé d'un équipage (deux pilotes CDB ou un CDB et un pilote confirmé), de 4 personnels de piste, d'un spécialiste radio et d'un gestionnaire technique. Il est mis pour emploi à la disposition du directeur général de la MFO au Sinaï conformément aux termes de l'accord défini par protocole.
- La durée d'un détachement est de deux mois environ. La fréquence moyenne des séjours est d'un à deux par an pour les équipages.
- Le CGT (en principe le pilote DHC-6 le plus ancien dans le grade le plus élevé), est désigné par le commandement organique sur proposition de l'escadron Ventoux » et exerce ses responsabilités dans les domaines disciplinaire (vis-à-vis du COMELEF³²), opérationnel, technique et de la sécurité des vols (vis-à-vis du CFAP³³). Il est le conseiller technique « DHC-6 » des autorités air de la MFO. Il dispose sur place d'une grande autonomie de décision. Il prend ses consignes particulières³⁴ auprès du commandement organique avant le départ.
- Le niveau hiérarchique national le plus élevé de l'armée de l'air au Sinaï est le COMELEF, qui a les attributions d'un chef de corps, et est affecté pour un an. Il veille à l'application des dispositions relatives à l'organisation et à l'emploi du contingent français.
- Le commandement de la MFO attribue les missions, mais n'a pas de regard sur le fonctionnement du détachement français.
- Deux inspections du détachement ont été conduites sur le site en avril 2006 et janvier 2007 par le commandement d'appartenance en métropole, sans toutefois relever des dérives dans le domaine de l'organisation.
- La maintenance technique locale des moyens aériens est du niveau NTI1³⁵.

³² COMELEF : commandant des éléments français.

³³ CFAP : commandement des forces aériennes de projection.

³⁴ Les attributions génériques du CGT sont définies dans l'ordre particulier d'emploi 270.

³⁵ NTI1 : niveau technique d'intervention de niveau 1.

- Le support logistique des matériels techniques est assuré par l'escadron « Ventoux », qui propose une liste de lots de support technique en fonction des besoins estimés et approuvée par le commandement organique. Les demandes de pièces sont formulées par le CGT.

Les délais d'acheminement des pièces à El Gorah peuvent parfois atteindre plusieurs semaines.

1.19.1.1 Organisation des vols au Sinaï

On distingue les vols opérationnels liés aux missions exécutées dans le cadre de la MFO et les vols de maintien en condition opérationnelle sur Twin Otter.

- Vols de COU :

Ces vols sont déclenchés par le MFO avec un observateur à bord.

- Vols de liaison :

Ces vols sont déclenchés par la MFO avec des passagers et/ou du matériels.

- Vols de familiarisation :

Ces missions consistent essentiellement en la reconnaissance terrestre du Sinaï et en la reconnaissance de terrains pratiqués occasionnellement. Sur ces vols, l'embarquement de passagers est autorisé.

- Besoins ponctuels d'entraînement :

Des demandes ponctuelles d'entraînement avaient été exprimées par les équipages au Sinaï (vols de tenue machine, vol de nuit, liaison en Israël). Elles n'avaient pas été agréées par le commandement organique.

Ces demandes soulignaient en particulier le caractère routinier des missions (en grande majorité des liaisons El Gorah – Sharm-El-Sheikh) et le besoin d'un entraînement approprié aux conditions locales.

2 ANALYSE

Préambule : éléments établis et définition de l'évènement

Les éléments recueillis ont montré que l'appareil a dans un premier temps heurté un camion avec l'aile gauche puis, dans un deuxième temps, s'est écrasé à environ 12 kilomètres de distance.

Les débris de l'aile gauche, retrouvés près de l'épave du camion, indiquent que la collision avec le camion a fortement endommagé la structure de l'aile gauche et par conséquent, a diminué les qualités de vol et la manœuvrabilité de l'aéronef.

Selon les témoignages, l'appareil a néanmoins repris de la hauteur après la collision, et a été observé incliné à droite selon une trajectoire ascendante.

L'examen de l'épave sur le site montre que l'appareil a percuté le sol sensiblement à la verticale, légèrement incliné à gauche. Une telle attitude à l'impact témoigne d'une perte de contrôle.

La collision avec le camion est donc à l'origine de cette perte de contrôle ayant entraîné l'écrasement de l'appareil au sol.

A cet effet, le BEAD-air a exploité les témoignages et a demandé des expertises sur les éléments observables de l'avion ainsi que des études complémentaires auprès des laboratoires et centres de la DGA, ainsi qu'auprès de l'IMASSA.

L'analyse qui suit exposera les résultats des expertises et des études, déterminera ensuite les conditions de la collision, la trajectoire, la vitesse et la configuration de l'appareil, puis évaluera les causes possibles de cette collision. Enfin, une dernière partie traitera des aspects liés au facteur humain.

2.1 Synthèse des témoignages et résultats des expertises et de l'étude du comportement de l'avion endommagé

2.1.1 Synthèse des témoignages

Les seuls témoignages disponibles sont ceux des conducteurs des camions. Ils sont concordants et attestent que :

- L'avion n'est pas aperçu avant que les camions ne parviennent au sommet de la pente qu'ils gravissent.
- L'avion arrive en sens inverse, dans l'axe de la route, les roues près du sol mais sans le toucher et faisant de légers mouvements en roulis.
- L'avion ne touche pas le camion de tête, mais celui qui le suit immédiatement, avec l'aile gauche, malgré la manœuvre d'évitement des deux camions vers le bas côté de la route.
- L'avion a repris de la hauteur après la collision et a été observé incliné à droite et sur une trajectoire ascendante, au Nord de la route.

2.1.2 Résultats des expertises

2.1.2.1 Expertises des moteurs et analyse des prélèvements de carburant au CEPr

- Les deux moteurs étaient en fonctionnement à régime élevé et délivraient des puissances significatives et symétriques à leur hélice lors de l'impact au sol.
- En dépit des endommagements résultants de l'impact au sol, aucun élément ne permet de supposer une quelconque défaillance antérieure à l'évènement.
- L'analyse des échantillons de carburant provenant des cuves de l'avitailleur et du carburant récupéré dans le circuit du moteur droit montre que celui-ci est conforme au carburant Jet A1 de référence.

2.1.2.2 Expertise des éléments d'épave par le CEAT

Cette expertise montre que :

- Les volets pouvaient être soit rentrés, soit sortis à 10°, soit en position intermédiaire entre 0° et 10° lors de la collision.

- Le vérin de commande des volets était vraisemblablement dans une position intermédiaire lors de l'impact avec le sol et sa tige est partiellement sortie après l'impact sous l'effet de l'incendie.
- La position des volets a été estimée un peu inférieure à 20° lors de l'impact au sol.
- L'expertise complémentaire d'une rupture observée sur un étrier de la gouverne de direction, sur lequel sont attachés les câbles de direction, montre que cette pièce s'est rompue lors de l'incendie après l'impact.

2.1.2.3 Expertise des câbles de commandes de vol par le CEPr et le CEAT

Les examens réalisés conjointement par le CEPr et pour partie par le CEAT sur les câbles de commandes de vol³⁶ et leurs extrémités rompues ont révélé en particulier :

- Leur nature en acier au carbone.
- Une forte oxydation et des gonflements des torons, consécutifs à l'incendie et à l'emploi de produits d'extinction.
- De multiples cisaillements par outil, conséquences de la désincarcération des victimes.
- Des ruptures en traction, sans traces d'usure similaires à celles observées sur les câbles de l'avion d'Air Moorea.

L'ensemble de ces examens n'a pas mis en évidence d'endommagement des câbles antérieur à l'évènement.

2.1.2.4 Détermination de la surface et de la masse perdues par l'aile gauche lors de la collision

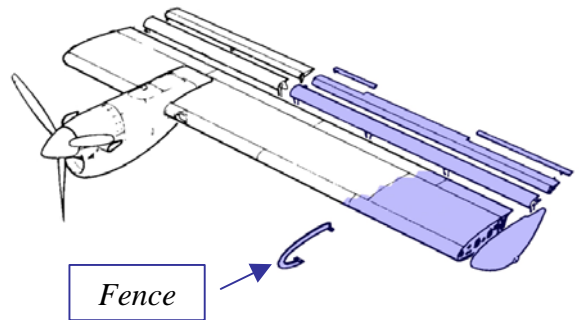
Les constatations effectuées sur les fragments de l'aile gauche après repositionnement sur canevas permettent de déterminer que la zone déchirée lors de la collision avec le camion et son chargement s'étend de la station STA 272.5 (soit 295 cm du bout d'aile) en bord d'attaque et du saumon (STA 376. 2) à la station STA 285.0 (soit environ 240 cm du bout d'aile) en bord de fuite.

Cette perte représente une surface d'environ **3,60 m²**.

³⁶ Ces examens ont été réalisés suite aux constats d'usures sur les câbles de commandes de l'avion Twin Otter immatriculé F-OIQI d'Air Moorea, accidenté le 08 août 2007. Ils ont révélé une nature différente des câbles équipant l'avion d'Air Moorea.

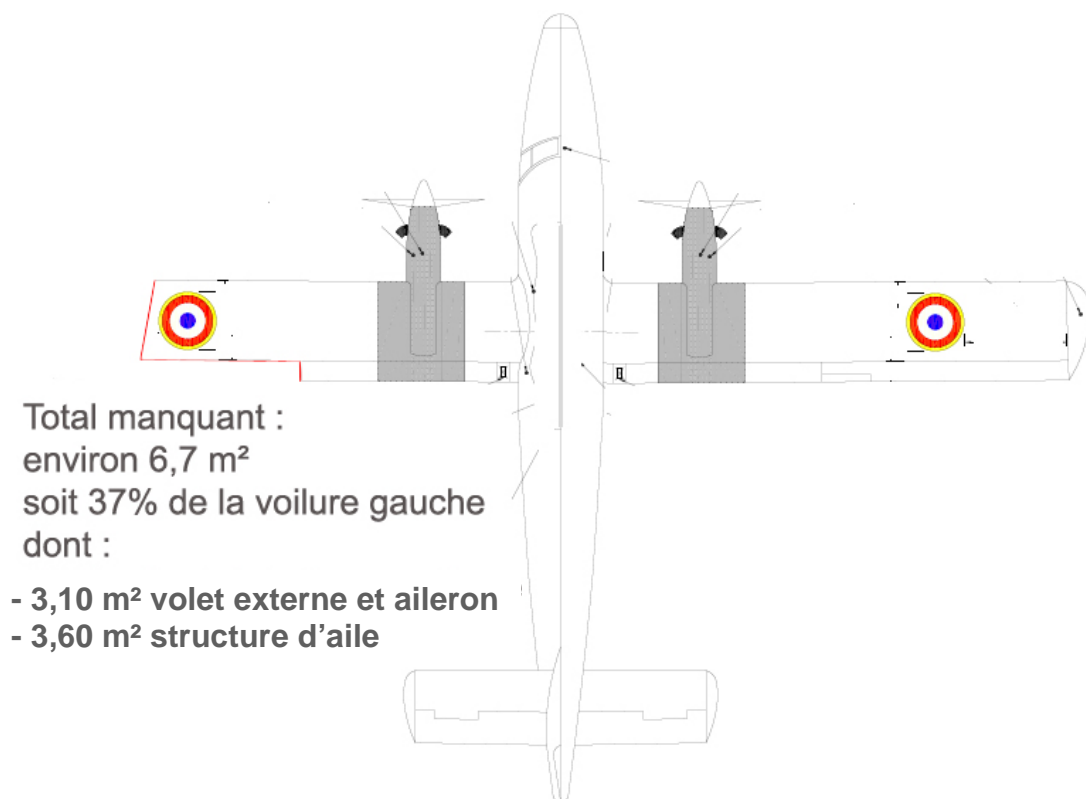
L'aileron et le volet externe gauches arrachés représentent une surface d'environ **3,10 m²**.

La surface totale arrachée (*en bleu sur la figure ci-contre*) lors de la collision représente environ **6,70 m²** soit **37%** de la voilure gauche³⁷.



La masse totale perdue a été estimée à environ **250 kilogrammes**, compte tenu du carburant (**300 lbs**) contenu dans le réservoir d'aile, **entièrement détruit lors de la collision**.

Par ailleurs, des traces de peinture verte observées sur la partie restante de l'aile gauche (à 300 cm environ de l'extrémité de l'aile), laissent supposer un endommagement plus important mais impossible à déterminer avec certitude.



Représentation schématique de l'appareil endommagé après la collision

Les données concernant la surface et la masse perdues ont été communiquées à l'EPNER

³⁷ Le pourcentage est exprimé par rapport à la surface totale de l'aile considérée en configuration volets rentrés.

2.1.2.5 Résultats de l'étude menée par l'EPNER du comportement de l'avion endommagé

Le but de cette étude est d'apporter des éléments théoriques quant aux plages de vitesses et configurations associées lors du choc et compatibles avec la contrôlabilité de la trajectoire et les observations des témoins après la collision.

Elle consiste en une modélisation sur simulateur du comportement de l'appareil après le choc. L'étude prend en compte les caractéristiques de l'avion au moment de l'évènement, ainsi que les endommagements théoriques constatés après la collision (surface et masse perdues).

Cette étude a été réalisée en considérant un avion intègre en amont du choc, avec une mise pleins gaz sur les deux moteurs au moment du choc, et une trajectoire en montée stabilisée après le choc, analysant la marge de manœuvre restante sur l'appareil endommagé.

Plusieurs évaluations à différentes vitesses et configurations possibles lors du choc ont été effectuées avec le modèle réalisé sur simulateur, afin de rendre compte du comportement de l'avion.

Il en résulte que la trajectoire de l'appareil endommagé après le choc avec le camion ne peut être contrôlable que pour une vitesse lors du choc supérieure ou égale à 96 kts et en configuration volets rentrés (*cf* tableau récapitulatif *p* 58).

L'étude démontre également que l'équipage n'a pas subi de contraintes physiologiques fortes lors de la collision (faible décélération).

Page suivante : tableau récapitulatif des résultats théoriques de l'étude du scénario « choc, remise de gaz, montée stabilisée » dans les différentes configurations possibles.

Volets 0°	96 kts (1,3 Vs ³⁸)	100 kts	110 kts	125 kts	135 kts	150 kts
Volets 10°	88 kts (1,3 Vs 10°)	103 kts (VFE ³⁹ 10°)	110 kts			
Volets 20°	83 kts (1,3 Vs 20°)	93 kts (VFE 20°)				
Volets 37,5°	75 kts (1,3 Vs 37,5°)					

contrôlable	pas de marge de contrôle (butée de commandes)	incontrôlable sauf accélération en palier au-delà de 102 kts	incontrôlable	non évalué
-------------	--	---	---------------	------------

Nota :

- Au moment du choc : les faibles vitesses de vol aggravent la perturbation de trajectoire.
- Après le choc : les faibles vitesses, la sortie des volets, et les faibles pertes de masse diminuent les possibilités de contrôler la trajectoire.

³⁸ Vs : V *stall* - vitesse de décrochage selon la masse de l'appareil. 1,3 Vs = vitesse d'approche. Ces valeurs sont issues du manuel de vol (cf. *Annexe 3 p 94*) pour une masse avion de 12500 lbs selon les différentes configurations de volets.

³⁹ VFE : V *flaps extend* - limitation de vitesse volets sortis selon la configuration, volets sortis à 10° ou à 20°.

2.2 Analyse des conditions de la collision, de la trajectoire, de la vitesse de l'appareil et détermination de sa configuration.

En l'absence d'enregistrement de paramètres, l'analyse qui suit s'appuie sur les témoignages des conducteurs des camions, les relevés effectués sur les lieux de la collision et l'étude de l'EPNER.

2.2.1 Conditions de la collision

Caractéristiques dimensionnelles de l'avion et du camion

Le DHC-6 Twin Otter série 300 a une envergure de 19,81 mètres, un écartement des trains principaux au sol de 3,80 mètres, une hauteur cabine de 2,76 mètres, et présente un dièdre de +3°.

Des mesures effectuées sur un Twin Otter positionné sur un sol plat avec les réservoirs d'ailes pleins indiquent que le point le plus bas des ferrures d'extrémité d'aile se situe à environ 2,61 mètres du sol, avec une hauteur d'intrados, au pied de ces ferrures, à environ 2,94 mètres⁴⁰.

Selon le constructeur du camion, la hauteur du pavillon se situe, selon les types correspondants de cabines, entre 2,928 et 2,995 mètres à vide.

2.2.1.1 Position latérale des mobiles l'un par rapport à l'autre lors de la collision

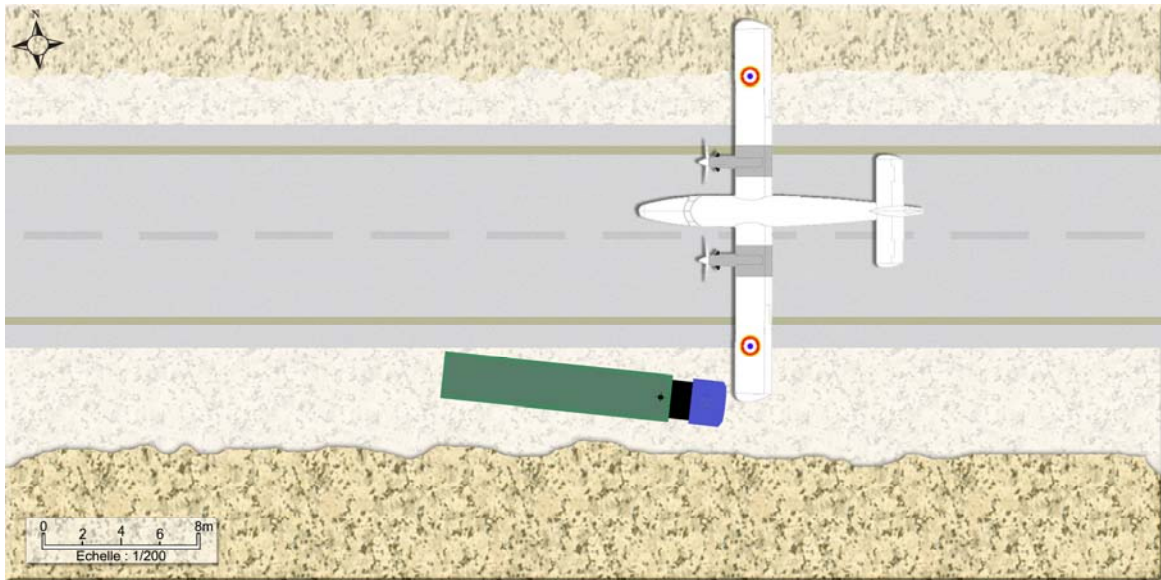
Les constatations effectuées sur les débris de l'aile gauche et les gouvernes arrachées montrent que :

- le choc initial avec le camion s'est produit au niveau de la ferrure d'extrémité d'aile et de la partie avant du pavillon de la cabine du camion ;
- l'aile gauche a engagé la ridelle frontale du camion à 2,40 mètres du saumon.

Compte tenu du témoignage du conducteur et des dimensions du camion, de l'avion et de la route, le positionnement latéral relatif des mobiles montre que l'envergure de l'appareil,

⁴⁰ Ces mesures sont représentatives d'un avion immobile. Elles varient lorsque l'avion est animé d'une vitesse suffisante pour induire une portance sur l'aile, en vol ou au sol, compte tenu de la flexibilité de l'aile et de la détente du train.

aperçu pratiquement dans l'axe, couvre entièrement la route et ses dégagements (voir schéma).



Reconstitution schématique⁴¹ du positionnement latéral des mobiles l'un par rapport à l'autre lors de la collision

Le camion étant sur le bas côté lorsqu'il a été heurté, et la trace faite sur son pavillon par le raidisseur d'aile étant pratiquement parallèle à la route, on en déduit que :

L'avion se trouve approximativement dans l'axe de la route et au milieu de celle-ci lors de la collision.

2.2.1.2 Position de l'avion par rapport au camion de tête

Le camion de tête, de caractéristiques identiques (selon les témoignages des conducteurs) au véhicule heurté, n'est pas touché par l'avion, bien que l'envergure de ce dernier couvre la chaussée et ses dégagements.

L'appareil survole obligatoirement le camion de tête avec l'aile gauche, le dégagement n'étant pas suffisant pour permettre un croisement latéral sans heurt de celui-ci.

L'appareil ne reprend pas de hauteur après le survol du camion de tête.

⁴¹ **Avertissement** : ce schéma, purement illustratif, est basé sur des témoignages ainsi que sur les constatations réalisées sur le site. Son unique but est de faciliter la compréhension de l'évènement mais ne saurait en aucun cas constituer une représentation exacte de la collision.

2.2.1.3 Position de l'avion par rapport au sol lors de la collision

Les traces de peinture bleue retrouvées sur les fragments de l'aile gauche indiquent que l'intrados a frotté sur le toit de la cabine du camion.

La comparaison des hauteurs théoriques possibles du pavillon du camion avec la hauteur de l'intrados et la ferrure d'extrémité de l'aile d'un Twin Otter au sol indique que l'avion pouvait se situer :

- soit avec une ou plusieurs roues au contact du sol,
- soit très proche du sol, et dans ce cas légèrement incliné à gauche au moment du choc pour obtenir des marquages sur le camion correspondant aux observations (une inclinaison de 5° à 6° suffit à abaisser l'extrémité d'une aile d'environ un mètre).

Les témoignages des conducteurs des deux véhicules décrivent un avion approchant avec les roues proches du sol, mais ne le touchant pas.

L'avion a survolé le camion de tête précédent le véhicule heurté distant d'une cinquantaine de mètres, sans le toucher : ses roues n'étaient donc pas au sol à cet instant.

Aucune trace compatible avec les caractéristiques des pneumatiques équipant l'appareil n'a pu être identifiée sur la route, à l'endroit de la collision ou en amont de celle-ci.

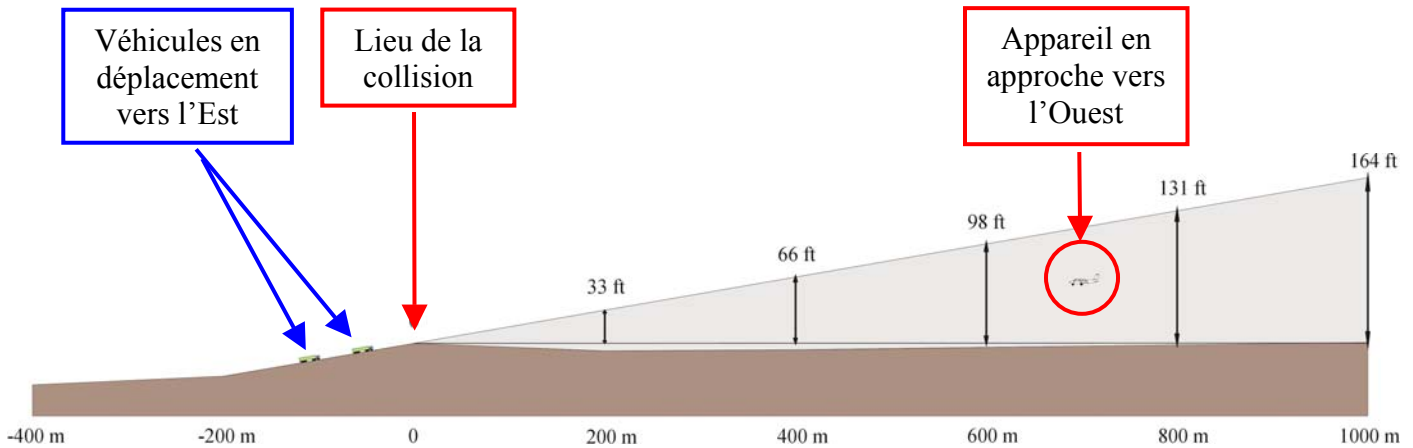
Selon ces observations, il est donc probable que les roues de l'avion ne touchaient pas le sol entre les deux camions ni au moment de la collision.

Cependant, en l'absence d'éléments plus probants, il est impossible de déterminer avec précision l'attitude exacte de l'avion par rapport au sol lors de la collision.

2.2.2 Trajectoire probable de l'appareil en amont de la collision

2.2.2.1 Topographie du terrain sur les lieux de la collision et position de l'avion en approche

Les conducteurs des camions n'ont découvert la présence de l'avion face à eux, qu'une fois parvenus successivement au sommet de la pente qu'ils gravissaient (5% environ). Ils ne l'ont aperçu ni en train de manœuvrer en virage ni en descente vers la route auparavant.



Représentation schématique⁴² du profil de la route et de la zone théorique masquée (grisée) aux conducteurs des véhicules

Remarque : les échelles du schéma ne sont pas proportionnelles. Les hauteurs sont indiquées par rapport à l'horizontale selon une pente à 5%.

Pour être invisible depuis les véhicules, l'appareil approchait obligatoirement du lieu de la collision dans la zone masquée par la topographie du terrain.

Compte tenu de la topographie sur la portion de route considérée (environ 1500 mètres de ligne droite en amont du lieu de la collision, avec un profil pratiquement plat), on peut considérer que l'appareil se trouve approximativement dans l'axe de la route, à au moins 1000 mètres du lieu de la collision, et dans la zone de masque : une manœuvre de l'appareil en dehors de cette zone pouvant être aperçue par les conducteurs des camions. A cette distance, l'appareil approche à une hauteur inférieure à environ 160 ft.

Dans ces conditions, l'appareil pouvait approcher du point de collision selon deux types de profils :

- **soit il descendait de manière progressive et dans l'axe selon une pente moyenne inférieure à 5% ;**
- **soit il survolait la route à faible hauteur dans l'axe en ayant débuté une descente vers celle-ci à distance significative du lieu de la collision.**

⁴² **Avertissement :** ce schéma purement illustratif est basé sur les constatations et mesures réalisées sur le site ainsi que sur des témoignages. Son unique but est de faciliter la compréhension de l'évènement mais ne saurait en aucun cas constituer une représentation exacte de la réalité, en particulier la position de l'appareil.

2.2.2.2 Vitesse de l'appareil lors de la collision

En l'absence d'enregistreur de paramètres, la vitesse exacte ne peut être déterminée. Toutefois, l'étude du comportement de l'appareil par l'EPNER permet d'établir que la limite *théorique* inférieure de vitesse permettant un contrôle relatif de la trajectoire après le choc (et donc conforme aux observations) est située vers 96 kts, volets rentrés, à condition que l'avion puisse reprendre de la vitesse en palier après le choc.

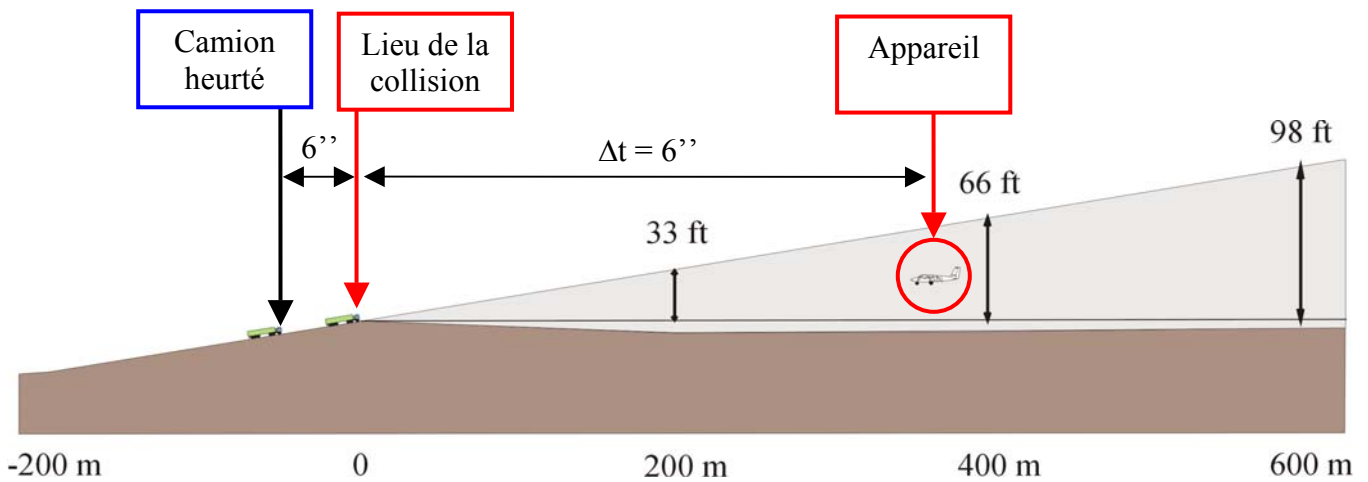
Cette étude montre que lorsque la vitesse augmente au-delà de 100 kts, la trajectoire devient relativement contrôlable et compatible avec les observations.

Dans tous les autres cas étudiés, volets sortis quelle que soit la vitesse, ou volets rentrés et avec une vitesse inférieure à 96 kts, l'avion part en roulis à gauche après le choc, et la trajectoire, incontrôlable, n'est pas conforme aux observations.

Compte tenu de ces résultats théoriques, la vitesse de l'appareil peut être considérée supérieure ou égale à 96 kts lors de la collision.

2.2.2.3 Positions relatives des mobiles en rapprochement et perception des camions depuis l'avion

Selon les témoignages des conducteurs, les deux camions se suivent à environ 50 mètres et roulent à environ 30 km/h dans la montée, ce qui correspond à une séparation de 6 secondes environ.



Séparation théorique⁴³ des mobiles lorsque le camion de tête parvient au lieu de la collision

L'avion a été aperçu par le conducteur du premier camion lorsqu'il est parvenu au sommet de la pente, et le deuxième véhicule, le suivant à environ 6 secondes, a été heurté une fois parvenu à son tour au sommet. Aux approximations près (positions exactes des véhicules), si le conducteur du camion de tête aperçoit l'avion alors qu'il se trouve au point exact de la collision, on peut alors considérer qu'à cet instant l'appareil en approche se situe également à environ 6 secondes du même point.

Pour une vitesse comprise entre 96 et 150 kts, l'appareil se situerait *théoriquement* entre 300 et 450 mètres environ du lieu de la collision.

Selon sa vitesse, l'appareil se situe donc dans un intervalle théorique d'environ 300 à 450 mètres du lieu de la collision lorsque le camion de tête parvient à ce point, soit 6 secondes environ avant le choc avec le deuxième camion.

2.2.2.4 Perception des camions depuis l'avion

Selon l'IMASSA, la distance de perception de la présence de véhicules sur cette route, depuis l'avion en approche dans l'axe et à basse hauteur, selon les conditions décrites supra, peut être estimée entre **500 mètres et 600 mètres**.

A 6 secondes de la collision, le camion de tête est donc techniquement perceptible à la vue de l'équipage, l'appareil se trouvant à une distance inférieure à 500 / 600 mètres.

⁴³ **Avertissement** : ce schéma purement illustratif est basé sur les constatations et mesures réalisées sur le site ainsi que sur des témoignages. Son unique but est de faciliter la compréhension de l'évènement mais ne saurait en aucun cas constituer une représentation exacte de la réalité, en particulier concernant la position de l'appareil.

2.2.2.5 Séparation temporelle des camions selon la vitesse de l'avion

Lors du survol du camion de tête, l'appareil se trouve à une cinquantaine de mètres du camion qu'il va heurter. Pour une vitesse de l'appareil supérieure ou égale à 96 kts, la **séparation temporelle des deux camions est inférieure ou égale à la seconde.**

2.2.3 Configuration de l'appareil lors de la collision

- Les résultats de l'expertise confiée au CEAT sur les gouvernes arrachées lors de la collision (volet externe, aileron) et sur les fragments de l'aile gauche montrent que les volets pouvaient être soit rentrés, soit sortis à 10°, soit en position intermédiaire entre 0° et 10° au moment de la collision.
- Les résultats *théoriques* de l'étude de l'EPNER montrent que la trajectoire après la collision ne peut être contrôlée si le choc a lieu volets sortis, même à 10°: le roulis à gauche et l'inclinaison résultante ne peuvent être contrôlés avec l'efficacité des commandes restantes en butée à droite (gauchissement sur l'aile droite et direction).

Ces résultats permettent de considérer que l'appareil était en configuration volets rentrés lors de la collision.

2.2.4 Trajectoire de l'appareil après la collision et perte de contrôle

2.2.4.1 Trajectoire de l'appareil après la collision

L'étude de l'EPNER montre que l'avion a subi lors du choc un moment en lacet à gauche ainsi qu'en roulis à droite: l'avion s'est trouvé désaxé par rapport à la route immédiatement après le choc.

Aucune trace de pneumatique de l'avion n'a été identifiée sur la route en aval du lieu de la collision: il est donc probable que l'appareil ait repris de la hauteur, sans que les roues touchent le sol, aussitôt après la collision.

L'appareil a été aperçu pour la dernière fois, par les conducteurs des camions impliqués, incliné à droite et sur une trajectoire ascendante vers le Nord. Il n'a pas été observé de

manière continue. En l'absence d'enregistreur de paramètres, il est donc impossible de déterminer avec certitude la trajectoire effectuée jusqu'à l'impact, ni sa durée⁴⁴.

2.2.4.2 Perte de contrôle

Selon toute vraisemblance, la sortie de domaine est consécutive à une perte de vitesse sur la trajectoire ascendante, puis atteinte de la vitesse de décrochage correspondant au profil endommagé et aléatoire de l'aile gauche, et qui plus est, peut continuer à se détériorer en vol.

Le décrochage se produit probablement d'une manière dissymétrique sur l'aile gauche.

Selon des témoignages recueillis auprès de pilotes d'essais du centre d'essais en vol (CEV), la reprise de contrôle d'un appareil endommagé dans ces conditions et après une sortie de domaine n'est pas assurée.

L'étude de l'EPNER a également démontré la nécessité d'actions aux commandes pour stabiliser l'appareil. La durée significative du vol (plusieurs minutes) après le choc témoigne donc de la **présence active de l'équipage aux commandes**.

La position des volets, déterminée à environ 20° lors de l'impact, est différente de celle établie lors du choc avec le véhicule.

Les constatations concordantes sur les volets de l'aile droite, le vérin hydraulique et en particulier sur la manette de commande des volets, aux déformations près, attestent d'une manœuvre des volets après la collision avec le camion.

La sortie des volets a pu être tentée comme une ultime action aux commandes pour retarder le décrochage ou pour tenter un atterrissage d'urgence. Cependant, la sortie des volets était pénalisante dans ce cas de figure, car elle accentuait la dissymétrie de portance en l'absence du volet externe gauche et pouvait être de nature à précipiter ou aggraver la sortie de domaine.

⁴⁴ La distance séparant le lieu de la collision et l'épave est d'environ 12 kilomètres. A 150 kts, vitesse usuelle de navigation proche du maximum des performances de l'avion en basse altitude, il faudrait 2 min 35 s pour couvrir la distance en ligne droite. Le trajet parcouru par l'avion entre ces deux points n'étant pas effectué en ligne droite après la collision ni probablement à vitesse constante, la durée de la trajectoire est obligatoirement supérieure.

L'appareil ayant repris de la hauteur après le choc, la réussite d'un déroutement ou d'un atterrissage d'urgence dans de telles conditions n'était plus assurée.

2.2.5 Synthèse des éléments retenus du chapitre 2.2

2.2.5.1 Positionnement de l'appareil

- L'avion se trouve approximativement dans l'axe de la route et au milieu de celle-ci lors de la collision.
- Il est probable que les roues de l'avion ne touchent pas le sol tant lors de la collision qu'en amont ou après celle-ci.

2.2.5.2 Trajectoire probable de l'appareil

- En amont de la collision :
 - ⇒ Soit l'appareil survole la route à faible hauteur, soit il descend de manière progressive selon une pente moyenne inférieure à 5%.
 - ⇒ Six secondes environ avant le choc avec le camion suivant, l'appareil se situe dans l'axe de la route et, selon sa vitesse, à une distance *théorique* comprise entre environ 300 et 450 mètres du lieu de la collision. A ce moment, la silhouette du camion de tête est perceptible par l'équipage.
 - ⇒ L'avion survole le camion de tête avec l'aile gauche et ne reprend pas de hauteur ensuite.
 - ⇒ Pour l'appareil, la séparation temporelle entre les deux camions est inférieure ou égale à la seconde.
- Au moment de la collision :
 - ⇒ L'appareil a heurté le véhicule avec une configuration volets rentrés et animé d'une vitesse théorique supérieure ou égale à 96 kts.
- Après la collision :
 - ⇒ La trajectoire ascendante et observée en virage à droite dure plusieurs minutes et débouche sur une sortie de domaine se traduisant vraisemblablement par un décrochage dissymétrique.
 - ⇒ La présence active de l'équipage aux commandes est démontrée.

- ⇒ La configuration de l'appareil est modifiée par l'équipage (volets sortis à environ 20°).
- ⇒ L'appareil ayant repris de la hauteur, la réussite d'un déroutement ou d'un atterrissage d'urgence dans de telles conditions n'est plus assurée.

2.3 Causes de la collision

Les circonstances de la collision conduisent à envisager deux hypothèses :

- la collision survient lors d'une tentative d'atterrissage ;
- la collision survient lors d'un survol délibéré de la route et des camions à très basse hauteur.

2.3.1 Hypothèse : la collision survient lors d'une tentative d'atterrissage sur la route

Une tentative d'atterrissage sur cette route ouverte à la circulation, en dépit des risques (chaussée rectiligne mais étroite, profil variable du revêtement, risque de collision avec des véhicules), doit être considérée comme la seule réponse possible à un problème majeur, ou identifié comme tel par l'équipage.

2.3.1.1 Problèmes majeurs de nature à imposer un atterrissage immédiat

Les problèmes répertoriés de cette nature se résument à une perte de puissance des GTP, rendant impossible la poursuite du vol ou un incendie non maîtrisé (des moteurs ou en cabine).

- Perte de puissance des GTP :

Les résultats de l'expertise des GTP (*cf* § 2.1.2.1 p 54), ainsi que la distance parcourue par l'appareil, sur trajectoire ascendante après la collision, attestent que les moteurs délivraient de la puissance propulsive.

L'hypothèse d'une perte de puissance des GTP est rejetée.

- Incendie non maîtrisé des moteurs ou en cabine :

Les témoignages n'ont pas fait état de fumées ou de flammes dans le sillage de l'appareil observé en vol, avant et après la collision.

Les extincteurs moteurs n'ont pas été percutés.

Les constatations effectuées sur les parties internes de la cabine relativement préservées (capitonnage et joints des portes) ne révèlent aucune trace d'incendie antérieure au crash.

Les extincteurs cabine n'ont pas été percutés manuellement.

Les constatations des médecins légistes confirment l'absence de trace d'absorption de quantité significative de fumée.

L'hypothèse d'un incendie non maîtrisé des moteurs ou en cabine est rejetée.

L'hypothèse d'un problème majeur (perte de puissance des GTP ou d'un incendie non maîtrisé des moteurs ou en cabine), de nature à imposer un atterrissage immédiat sur la route est rejetée.

2.3.1.2 Problèmes d'une autre nature

Des problèmes d'une autre nature, liés à l'environnement, la technique ou les capacités physiologiques de l'équipage ont été envisagés. Ces problèmes éventuels peuvent être de nature à motiver l'interruption de la mission, voire un atterrissage différé, dans des conditions toutefois différentes de celles observées.

- Analyse des attendus d'une gestion des problèmes d'une autre nature, et des faits observés

La gestion de la plupart des problèmes rencontrés en vol, par un équipage qualifié comme c'était le cas, n'impose pas un atterrissage immédiat : l'équipage tente de rejoindre l'aérodrome le plus proche, présentant toutes les capacités et moyens de secours pour accueillir l'appareil en sécurité, et en appliquant les procédures de sauvegarde adaptées.

En l'occurrence, le terrain de Taba, répertorié dans les préparations de navigation des équipages et connu de ceux-ci, est situé à 35 Nm dans le 100° du lieu de la collision et répond aux exigences d'accueil de l'appareil.

Confronté à un problème motivant l'arrêt de la mission dans la zone de l'évènement, un équipage chercherait en toute logique à gagner Taba, vers l'Est, seul terrain de déroutement à proximité, plutôt que s'en éloigner.

Or, l'appareil approchait du lieu de la collision vers l'Ouest, en éloignement par rapport à Taba.

- Analyse des attendus d'une logique d'atterrissage d'urgence et des faits observés
- ⇒ Une tentative d'atterrissage à cet endroit, quelle qu'en soit la raison, impliquerait de rechercher un atterrissage court⁴⁵, volets sortis (à 37,5° ou à 20° selon la masse). Or, les expertises montrent que l'appareil n'avait pas les volets sortis et était animé d'une vitesse sensiblement élevée près du sol (au minimum 96 kts). De plus, la manœuvre des volets vers 20° avant l'impact au sol montre que l'équipage avait vraisemblablement la possibilité de les sortir auparavant, mais ne les a pas manœuvrés à l'approche du lieu de la collision.
 - ⇒ Un atterrissage d'urgence à cet endroit impliquerait un certain nombre d'actions, connues des équipages, parmi lesquelles l'affichage du code détresse au transpondeur et l'émission d'un message de détresse⁴⁶. Or, aucun message de détresse n'a été perçu et le code transpondeur ainsi que les fréquences radio retrouvées affichées ne correspondent pas à cette logique d'actions.
 - ⇒ Un atterrissage d'urgence à cet endroit résulterait d'une volonté claire de poser l'appareil, en dépit des risques. Une collision survenant avec un obstacle près du sol dans de telles circonstances aggraverait davantage la situation et impliquerait en toute logique de poursuivre l'atterrissage entrepris, de réduire l'énergie et de rester au sol, même en conditions dégradées. Or l'appareil a repris de la hauteur, à l'encontre de cette logique.

Les faits observés ne sont pas en accord avec une logique d'atterrissage d'urgence à cet endroit quelle qu'en soit la raison.

De plus, les constatations et expertises effectuées sur les ensembles observables des systèmes vitaux de l'appareil n'apportent aucun élément probant pouvant accréditer l'hypothèse d'une tentative d'atterrissage d'urgence à cet endroit.

⁴⁵ Selon les conditions du moment (masse de l'appareil, altitude, température), l'atterrissage (passage de la hauteur 50 ft à l'arrêt complet de l'appareil) était réalisable en 625 mètres environ avec les volets à 20° et freins uniquement. Cette distance peut être réduite à 335 mètres avec les volets à 37,5° et reverse.

⁴⁶ Lorsque l'atterrissage d'urgence est décidé, l'équipage doit, s'il en a la possibilité, afficher le code détresse au transpondeur (A 7700) et transmettre un message de détresse sur les fréquences dédiées (en l'occurrence 121,5 Mhz).

2.3.1.3 Conclusion sur l'hypothèse d'une tentative d'atterrissage

Les analyses et les faits observés n'ont pas démontré de défaillances des systèmes vitaux, ou de problèmes d'une autre nature, conduisant à l'interruption de la mission et à une tentative d'atterrissage d'urgence sur cette route.

L'hypothèse selon laquelle la collision survient lors d'une tentative d'atterrissage sur la route, quelle qu'en soit la raison, est rejetée.

2.3.2 Hypothèse : la collision survient lors d'un survol délibéré de la route et des camions à très basse hauteur.

L'hypothèse d'une trajectoire rasante à très basse hauteur ou en légère descente sur cette route, volets rentrés et à vitesse élevée, est en accord avec les résultats de l'étude de l'EPNER, les dommages subis par l'appareil, et avec les observations des témoins, avant et après la collision.

Ce survol de la route dans ces conditions s'accompagne d'une erreur d'appréciation de la hauteur de la trajectoire lors du croisement des camions.

Maintien de l'axe

Selon une telle trajectoire, l'appareil approche vraisemblablement animé d'une vitesse élevée (supérieure à 96 kts), et se trouve approximativement dans l'axe de la route à au moins 1000 mètres du lieu de la collision.

Dans ces conditions, en présence d'un vent traversier de secteur Nord d'environ 10 kts, le maintien précis de l'axe sur cette route étroite exige des corrections fréquentes au gauchissement. Ceci est en accord avec les observations des témoins décrivant des mouvements alternatifs en roulis.

Evitement des obstacles

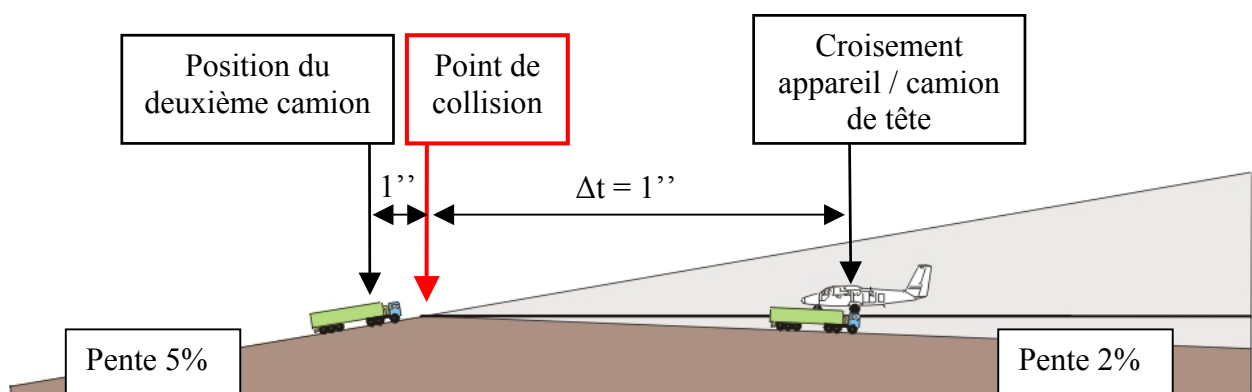
Dans les conditions d'approche de l'appareil, le camion de tête est perceptible à la vue de l'équipage à 500 / 600 mètres. A cette distance, une manœuvre d'évitement vers le haut reste possible avant l'obstacle, les GTP fournissant de la puissance propulsive et la vitesse étant manifestement suffisante (une vitesse de 96 kts autorise un taux de montée de l'ordre de 1470 ft/minute). Cette éventuelle manœuvre, permettant d'éviter le camion de tête, aurait permis d'éviter aussi le second, compte tenu de leur espacement. Or, l'appareil n'a pas repris de hauteur après avoir survolé le camion de tête.

Cette observation témoigne d'une intention de survoler le camion de tête à basse hauteur, ou tout au moins sans modifier la trajectoire de manière significative lors du croisement.

Mécanisme conduisant à l'erreur

L'avion étant dans l'axe de la route et près du sol, l'équipage ne peut apercevoir à cet instant qu'un seul camion au sommet de la pente, de face.

Compte tenu de la distance entre les camions et du fait que l'appareil ne reprend pas de hauteur, le survol du camion de tête avec l'aile gauche s'effectue également à faible hauteur. Dans ces conditions, l'équipage perçoit vraisemblablement la présence du deuxième camion au moment de croiser le premier.

**Situation des mobiles à une seconde de la collision⁴⁷**

⁴⁷ **Avertissement** : ce schéma purement illustratif est basé sur les constatations et mesures réalisées sur le site ainsi que sur des témoignages. Son unique but est de faciliter la compréhension de l'évènement mais ne saurait en aucun cas constituer une représentation exacte de la réalité, en particulier concernant la position de l'appareil.

Le survol du premier camion peut provoquer une brève perturbation aérodynamique⁴⁸ suffisante pour modifier légèrement l'attitude de l'appareil en roulis à gauche et amener l'aile gauche à heurter le camion suivant.

De plus, compte tenu de la légère déclivité de la route du côté Ouest de la côte (environ 2%), le deuxième camion, parvenu au point de la collision, se situe légèrement plus haut que le précédent par rapport à l'horizontale. Or, dans ce cas, la hauteur de passage est ajustée en référence au camion de tête visible de loin, et non pas en fonction du profil du sol : avec une trajectoire d'approche horizontale ou en légère descente, la marge d'évitement de l'appareil devient nulle lorsque le deuxième obstacle se présente.

De plus, les équipages n'étant pas entraînés pour voler à aussi faible hauteur⁴⁹, le risque d'une erreur d'appréciation de la hauteur de passage par rapport à un obstacle mobile est très important dans ces conditions.

L'espacement entre les obstacles, de l'ordre d'une seconde voire inférieur, rend alors impossible le succès d'une manœuvre d'évitement réflexe initiée dès le survol du premier camion.

La manière dont le deuxième camion a été heurté (l'aile gauche l'a engagé franchement à environ 2,40 mètres du saumon) témoigne que sa présence a probablement surpris l'équipage lors du survol du camion de tête. Ceci caractérise une erreur d'appréciation conduisant à un passage trop près des obstacles et la non prise en compte ou l'occultation des risques inhérents à un tel survol.

L'hypothèse selon laquelle la collision résulte d'une erreur d'appréciation de la hauteur lors d'un survol délibéré de la route et des camions à très basse hauteur est retenue.

⁴⁸ Perturbation pouvant résulter d'une surpression engendrée sous la surface de l'aile gauche survolant le premier véhicule à faible hauteur ou du passage dans la turbulence de sillage du camion.

⁴⁹ Lors des missions d'observation, les équipages peuvent descendre à 330 ft sur demande des observateurs. Aucune aptitude complémentaire aux compétences d'un équipage qualifié n'est requise pour ce type de survol.

2.3.3 Conclusions sur les causes de la collision

La collision résulte :

- ❖ d'une erreur d'appréciation en l'absence de marge de manœuvre en raison de la très faible hauteur de survol des véhicules en mouvement ;
- ❖ d'une prise de risques inconsidérée liée à la décision d'effectuer un tel survol.

Ces conclusions conduisent à considérer les aspects liés au facteur humain.

2.4 Aspects liés au facteur humain

Le survol de la route et des camions à très basse hauteur est effectué délibérément par l'équipage, en transgression des consignes de survol (minima 1500 ft/sol avec emport de passagers).

Au-delà de ce constat, il convient de rechercher les raisons qui ont pu amener un équipage qualifié à entreprendre un tel survol, jusqu'à entrer en collision avec un camion.

Ce chapitre développe une analyse des faits remarquables au cours de la mission et des facteurs ayant pu influencer le comportement de l'équipage de conduite et la gestion du cockpit, relatifs au contexte et à l'organisation du détachement.

2.4.1 Faits remarquables au cours de la mission

2.4.1.1 Départ du vol :

- Le décollage est immédiatement suivi d'une descente franche et d'un survol de la longueur de piste restante à très basse hauteur, les roues près du sol. Cette manœuvre non prévue peut résulter d'une volonté d'entraînement (exercice de panne au décollage non annoncé à la radio car non prévu ni autorisé par le commandement d'appartenance) ou d'une démonstration de dextérité par le pilote aux commandes. Elle constitue un écart volontaire.
- Absence d'appel sur la radio VHF en sortie de zone (après environ 4 minutes de vol). A ce moment, une panne radio, non identifiée par l'équipage est peu probable, et l'équipage dispose d'une autre VHF. En cas de panne radio totale dès le départ, l'équipage aurait logiquement annulé la mission et aurait reposé l'appareil. Cette situation, déjà observée sur d'autres événements, résulte généralement d'un oubli,

lorsque les ressources attentionnelles de l'équipage sont portées sur d'autres intérêts. Elle constitue un écart par le non respect d'une obligation.

2.4.1.2 Phase de vol détectée au radar

L'appareil a été détecté par un radar local durant les premières minutes du vol (décrite en *Annexe 1 p 91*). L'appareil est détecté en deçà des minima réglementaires de survol, avec des évolutions en cap et en hauteur. Ceci atteste du choix délibéré de la hauteur de vol dès le début de la mission en transgression des consignes. Cette situation a statut d'écart volontaire.

2.4.1.3 Phase de vol non observée

- Il s'agit du trajet non restituable effectué par l'avion, entre la perte de contact radar et l'accident, soit une durée d'environ 30 minutes. Le contact radar a été perdu environ 15 minutes après le décollage, alors que l'appareil se dirigeait selon un cap Sud-Sud-Est, à basse hauteur, et avec une vitesse de l'ordre de 150 kts. Le trajet emprunté avait une orientation sensiblement parallèle à la frontière israélienne. Il est probable que le vol ait peu varié dans ses orientations peu après la perte de contact radar : dans le cas contraire, l'appareil aurait été détecté de nouveau. Il est donc probable que le vol se soit poursuivi selon le même mode, en transgression des consignes.
- Le compte rendu obligatoire 30 minutes après le décollage n'a pas eu lieu (soit environ 15 minutes avant l'accident). Cela peut être la conséquence d'une panne, ou d'un défaut de propagation en HF. Cependant, l'équipage sait que l'absence de compte-rendu peut déclencher une phase d'alerte : en l'absence de collationnement radio, il aurait logiquement cherché à contacter les aérodromes les plus proches (Taba ou Sainte Catherine) pour signaler sa position et assurer ainsi le relais de l'information. Le contact peut également avoir été omis, ou l'absence de réponse non prise en compte, par manque de ressources attentionnelles portées sur d'autres intérêts.

Cette situation peut être assimilée à un écart par le non respect d'une obligation.

2.4.1.4 Conclusion de l'analyse des faits remarquables au cours de la mission

L'analyse des faits observés dans les différentes phases de vol révèle que la mission est émaillée d'actions pouvant être assimilées à des écarts volontaires.

2.4.2 Facteurs ayant pu influencer le comportement de l'équipage

2.4.2.1 Constitution d'un cockpit particulier

➤ Excès de confiance

Les deux membres de l'équipage ont déjà volé ensemble en métropole et au Sinaï et se connaissent relativement bien. Selon les témoignages, il existe entre eux de bonnes relations, tant en vol qu'au sol, et ils se font mutuellement confiance.

Leur expérience aéronautique (plus de 3000 heures de vol) et en particulier la grande familiarisation du pilote en fonction (PF) avec l'environnement de ce détachement et ses missions (10 séjours) confèrent à l'équipage constitué une aisance certaine.

Ce type de cockpit est propice à l'excès de confiance.

➤ Cockpit « laisser-faire »

⇒ Le CDB et le PF ont une expérience différenciée sur DHC-6 : récente pour le CDB (180 heures en 6 mois, dont 46 en tant que CDB), avec une qualification CDB DHC-6 obtenue un mois environ avant l'accident, ancienne pour le PF (1300 heures en 6 ans environ, dont 600 en tant que CDB).

⇒ Expérience du Sinaï : expérience récente pour le CDB, qui effectuait son deuxième séjour au Sinaï en 6 mois environ, et le premier en tant que CGT ; expérience longue pour le PF, qui effectuait son dixième séjour depuis 2001, et avait déjà effectué 4 séjours en tant que CGT.

⇒ Bien que plus gradé, le CDB est également plus jeune que le PF.

D'une façon générale, des profils contrastés de chacun des membres de l'équipage de conduite sont propices à une inversion du gradient d'autorité à bord.

Le CDB est responsable du détachement et détenteur de l'autorité tant au sol qu'en vol. Cependant, celui-ci, plus gradé mais aussi plus jeune et de loin moins expérimenté sur l'avion et l'environnement, aura tendance à s'appuyer sur l'aisance du PF et à lui laisser l'initiative. Le PF, quant à lui, ayant l'ascendant de par son ancienneté sur l'avion et sa connaissance de l'environnement et des missions du détachement, aura tendance à être démonstratif des pratiques locales vis-à-vis du CDB.

Les conditions sont donc réunies pour qu'une inversion du gradient d'autorité survienne et qu'il n'y ait pas de leadership au sein du cockpit.

Les conditions sont réunies pour que ce type de cockpit soit propice à l'excès de confiance, et soit caractérisé par une absence de leadership. Cette situation est favorable à l'acceptation et l'accomplissement d'écarts volontaires.

2.4.2.2 Phénomène de groupe et effet public

⇒ Les quatre personnels mécaniciens appartenant à l'unité « Ventoux » sont également à bord. Excepté le plus jeune d'entre eux, les trois autres avaient effectué plusieurs séjours au Sinaï (de cinq à huit), et sont de la même tranche d'âge que les pilotes. Il existe une forte cohésion entre les « anciens » du Sinaï de la même unité au sein du détachement.

La cohésion, essentielle pour un travail efficace, peut s'avérer dangereuse lorsque le degré de cohésion est trop fort. Les membres du groupe ont tendance à choisir l'option qui permet de maintenir l'unanimité et la cohésion dans le groupe plutôt que de provoquer des conflits.

L'attitude de l'équipage peut alors devenir plus audacieuse que celle que chaque membre pourrait avoir individuellement.

⇒ L'effet public induit par l'embarquement de passagers connus, constituant un groupe particulier, peut influencer indirectement sur la conduite de l'équipage, dans le sens d'une recherche de valorisation par démonstration de dextérité même hors cadre réglementaire, rendant également celui-ci plus audacieux et enclin à prendre des risques excessifs.

La présence à bord de passagers connus de l'équipage, constituant un groupe particulier à forte cohésion, a pu influencer sur le comportement général de l'équipage en faveur d'un vol démonstratif et d'une prise de risque excessive.

2.4.2.3 Facteurs contextuels

➤ Caractère du détachement et des missions

- ⇒ Le détachement aérien est ancien et permanent depuis mars 1982. Les relèves, tous les deux mois pour les personnels navigants et mécaniciens, donnent une fréquence des séjours de l'ordre de 1,5 à 2 par an. Les personnels de ce petit détachement se familiarisent ainsi rapidement avec l'environnement, les pratiques locales, les autres contingents, et développent des habitudes.
- ⇒ Les missions aériennes n'ont quasiment pas évolué depuis la mise en place du détachement. Une grande part de l'activité aérienne est dédiée aux liaisons entre les camps Nord et Sud. Les missions d'observation (en moyenne 4 par mois), standardisées, sont rapidement connues des équipages.

Le caractère répétitif et routinier caractérise ce détachement et ses missions. Il procure un sentiment d'aisance (nombreux automatismes comportementaux, faible niveau d'exigence de l'activité), voire de maîtrise pouvant conduire à l'excès de confiance et atténuer le niveau de vigilance. Un tel contexte est favorable aux dérives.

- ⇒ A contrario des missions d'observation ou de liaison, les vols de familiarisation au profit des équipages ne sont pas encadrés : aucune autorité extérieure à l'équipage n'est présente à bord et le cadre préparatoire n'est pas contrôlé.

Dans ce contexte, les rares vols de familiarisation au profit de l'équipage, non contrôlés tel que le vol du 06 mai 2007, sont particulièrement propices aux écarts volontaires.

➤ Contexte environnemental et caractéristiques de l'appareil

- ⇒ L'environnement aéronautique au Sinaï est relativement peu contraignant en termes de survol : faible densité humaine et aéronautique, peu d'agglomérations, faible densité d'obstacles, couverture radar en basse altitude limitée aux abords des terrains et inexistante au cœur de la péninsule, météo souvent favorable.

Les règles de survol sont définies, mais il est difficile d'en contrôler la stricte application. De plus, cet environnement présente des conditions dépayantes et rares en regard des opérations de l'armée de l'air.

⇒ Le DHC-6 est un appareil rustique, adapté à la mission et au contexte géographique. Certifié monopilote, le travail en équipage est peu exigeant. Il est réputé performant et agréable à piloter. Enfin, il n'est équipé d'aucun moyen d'enregistrement, de paramètres ou de conversations susceptible de fournir une preuve opposable aux écarts.

Le caractère répétitif et routinier du détachement et des missions, ainsi que l'utilisation d'un appareil fiable, non équipé de moyens d'enregistrement, dans un environnement aéronautique peu contraignant créent une situation favorable aux dérives et à l'accomplissement d'écarts.

2.4.2.4 Facteurs organisationnels

Commandement local : le CGT est responsable de la partie aéronautique du détachement et dispose d'une grande autonomie. A ce titre, il est responsable de la sécurité des vols.

Le COMELEF est représentant des éléments français auprès de la MFO mais n'a que peu de regard sur l'activité du groupement de transport, notamment en termes de sécurité des vols.

Le commandement de la MFO à El Gorah donne les ordres d'exécution des missions à son profit (observation, liaison) mais n'a pas de regard sur le fonctionnement interne du détachement.

Le détachement, très autonome, présente ainsi une grande sensibilité aux risques de déviations.

➤ L'exploitant a réalisé des inspections de sécurité des vols ou de contrôles de la partie aéronautique du détachement qui n'ont pas permis de déceler de dérive. Ces visites de l'autorité, qui imposent une remise en question régulière, sont également

l'occasion d'échanges autrement que par le biais de rapports écrits, dont la forme ne permet pas toujours de rendre compte de la réalité de la situation vécue au quotidien.

Une situation d'autonomie et l'absence de contrôle spécifique, ajoutée à l'éloignement et l'isolement du site, a contribué à exposer les personnels assurant le détachement à des risques importants de dérives.

- Dans le cadre de l'enquête technique, des témoignages ont révélé des écarts, notamment en termes de hauteur de vol, lors de vols de familiarisation ou de liaison sans présence d'autorité à bord.

Ces observations témoignent de l'installation de dérives et d'écarts volontaires.

Synthèse sur l'influence des facteurs contextuels et organisationnels :

Le contexte du détachement et les facteurs organisationnels suivants ont induit un fort potentiel d'exposition des personnels assurant le détachement aux risques de dérive :

- ❖ **l'ancienneté de la mission et la fréquence des détachements propices à la routine et à l'excès de confiance ;**
- ❖ **le caractère libre des vols de familiarisation non encadrés, contrastant avec le caractère répétitif des autres vols ;**
- ❖ **un environnement dépaysant et peu contraignant en termes de surveillance de survol, ainsi qu'un aéronef non équipé de moyens d'enregistrement ;**
- ❖ **l'autonomie du détachement, dans l'exécution des vols de familiarisation, vis-à-vis des échelons locaux et nationaux de commandement.**

2.4.3 Conclusion sur les aspects liés au facteur humain

Les profils contrastés de chacun des membres d'équipage ont conduit à un excès de confiance et à une absence de leadership au sein du cockpit, favorisant l'acceptation et l'accomplissement d'écarts volontaires.

La constitution d'un groupe particulier à forte cohésion a probablement influé sur le comportement de l'équipage en faveur d'un vol démonstratif avec prise de risque excessive.

L'influence du contexte du détachement et de facteurs organisationnels, en particulier l'insuffisance des éléments encadrants, a contribué à exposer les personnels aux risques de dérive.

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

3.1.1 Contexte du détachement

- La mission du détachement est ancienne et évolue peu, les séjours sont récurrents pour les personnels de l'unité.
- L'environnement est dépaysant et peu contraignant en termes de surveillance des vols en basse altitude.
- Le DHC-6 est agréable à piloter et peu exigeant en charge de travail d'équipage et réputé fiable. Il ne dispose d'aucun équipement d'enregistrement embarqué.
- Le détachement possède une grande autonomie vis-à-vis des échelons de commandement locaux.
- Deux inspections du détachement ont été conduites sur le site en avril 2006 et janvier 2007 par le commandement d'appartenance en métropole, sans toutefois relever des dérives dans le domaine de l'organisation.

3.1.2 Contexte de la mission

- Il s'agit d'un vol de familiarisation de type VFR⁵⁰ au profit de l'équipage, à destination de Sainte Catherine, pour lequel l'emport de passagers est autorisé. Ce vol de familiarisation est le premier depuis le début du séjour.
- Le choix du trajet est libre et la hauteur de survol minimum dans cette configuration est de 1500 ft (minima exploitant).
- Tous les personnels du détachement du Ventoux étaient à bord.

3.1.3 Composition de l'équipage

- Le CDB, bien qu'expérimenté, avait une expérience récente sur l'avion et peu de recul sur le détachement (deuxième séjour).
- Le PF avait une longue expérience de l'avion et du détachement.

⁵⁰ VFR : *visual flight rules* - règles de vol à vue.

- La plupart des personnels de la même unité et présents à bord avaient une longue expérience du détachement.

3.1.4 Domaine technique

- L'appareil était entretenu conformément au programme de maintenance en vigueur et ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.
- Aucun dysfonctionnement n'était signalé depuis sa dernière visite intermédiaire, 50 heures avant l'évènement.

3.1.5 Conditions environnementales

- Les conditions météorologiques et de visibilité étaient favorables.

3.1.6 Eléments importants et principales constatations

- L'avion a heurté un camion avec l'aile gauche sur l'axe d'une route, immédiatement après en avoir survolé un autre à faible hauteur.
- L'avion a repris de la hauteur et s'est écrasé quelques minutes plus tard à une douzaine de kilomètres au Nord de la collision, suite à une perte de contrôle.
- L'avion approchait du lieu de la collision selon une direction opposée au terrain de déroutement le plus proche.
- Aucun message de détresse n'a été perçu par aucun organisme.
- Les compte rendus radio obligatoires n'ont été perçus par aucun organisme.

3.1.7 Eléments établis par études et expertises

- L'appareil a perdu 37% de la surface de l'aile gauche lors de la collision, ainsi que l'aileron et le volet externe gauche.
- L'avion était piloté après la collision avec le camion.
- Les volets étaient rentrés lors de la collision et ont été sortis à environ 20° avant l'impact au sol.
- La vitesse de l'avion était supérieure ou égale à un minimum théorique de 96 kts au moment de la collision.

- La trajectoire en amont de la collision était soit en palier à très basse hauteur, soit en descente selon une faible pente.
- L'appareil n'a pas repris d'étagement significatif après le survol du véhicule de tête.
- Les GTP délivraient de la puissance de manière symétrique aux hélices lors de l'impact au sol.
- Il n'y avait pas d'incendie déclaré à bord avant l'impact au sol.
- Aucun élément probant n'a été mis en évidence après constatations et expertises des systèmes vitaux observables de l'appareil.

3.2 Causes de l'évènement

La collision avec un camion est à l'origine d'une perte de contrôle, suite à l'endommagement de l'aile gauche, entraînant à court terme l'écrasement de l'appareil au sol.

Les constatations, études et expertises techniques effectuées sur les ensembles observables des systèmes vitaux de l'appareil permettent d'écarter toute cause majeure d'origine technique et n'apportent aucun élément probant pouvant accréditer l'hypothèse d'une tentative d'atterrissage d'urgence sur la route.

Les faits observés ne sont pas en accord avec une logique d'atterrissage d'urgence à cet endroit.

La collision résulte d'une erreur d'appréciation de la hauteur de passage au dessus de camions en mouvement, lors d'un survol délibéré de la route et des véhicules à très basse hauteur en transgression des consignes, ainsi que la non prise en compte des risques dans la décision d'effectuer un tel survol.

Le processus décisionnel de l'équipage d'effectuer un survol dans de telles conditions procède :

- **d'un excès de confiance et d'une absence de leadership au sein du cockpit, dus aux profils contrastés des membres d'équipage, favorisant l'acceptation d'écarts par rapport aux procédures en vigueur ;**

- **de la constitution à bord d'un groupe particulier à forte cohésion, et de l'effet public induit, favorisant l'exécution d'un vol démonstratif avec prise de risque excessive ;**
- **de l'influence de facteurs contextuels et organisationnels, ayant contribué à exposer les personnels armant le détachement à des risques de dérives, tels :**
 - ⇒ **l'ancienneté de la mission et la fréquence des détachements pour un nombre restreint de personnels, propices à la routine et à l'excès de confiance ;**
 - ⇒ **un environnement dépaysant et peu contraignant en termes de surveillance de survol, ainsi qu'un aéronef non équipé de moyens d'enregistrement ;**
 - ⇒ **le caractère libre et exceptionnel des vols de familiarisation, contrastant avec le caractère répétitif et contraignant des autres missions ;**
 - ⇒ **l'autonomie du détachement vis-à-vis des échelons de commandement locaux et l'absence de réel contrôle de l'exploitant.**

Enfin, la découverte de faits antérieurs semblables atteste de l'installation de dérives au cours du temps.

Dans un tel contexte, l'opportunité de ce vol de familiarisation à bas niveau d'exigence constituait un risque élevé de dérives.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

4.1.1 Encadrement et contrôle du détachement

L'analyse développée au chapitre 2 a révélé un contexte favorisant les dérives.

En particulier, il appartient au niveau national, en dispositif international, de s'assurer que tous les éléments garants de la sécurité d'un système soient en place ou opérants.

Le commandement de la MFO, soulignant le professionnalisme des personnels du groupement de transport et de la bonne exécution des missions cadrées, n'a pas de réel regard sur le fonctionnement du groupement de transport, sinon par l'intermédiaire du COMELEF. Les attributions de ce dernier sont essentiellement administratives, et ne le conduisent pas à avoir un rôle moteur en termes de sécurité des vols.

En revanche, le CGT qui dispose d'une grande autonomie, est responsable de la partie aéronautique du détachement et donc, à ce titre, de la sécurité des vols.

Enfin, un regard périodique du commandement d'appartenance permet, outre l'aspect du contrôle, d'avoir une meilleure perception des réalités locales, et une meilleure prise en compte des éventuels problèmes.

Prise en compte des signaux précurseurs

Des dérives de même nature se sont déjà produites au cours du temps. Elles auraient pu constituer autant de signaux d'alarme pour comprendre que les défenses organisationnelles étaient notoirement insuffisantes, si elles avaient été détectées.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de l'air :

de renforcer les contrôles de tels détachements, et plus particulièrement :

- ❖ **de redéfinir la chaîne de sécurité des vols au sein de détachements évoluant dans un contexte similaire ;**
- ❖ **d'assurer des contrôles réguliers *in situ* de la partie air du détachement.**

4.1.2 Missions de familiarisation

Ces missions sont nécessaires et utiles non seulement aux équipages qui doivent avoir une bonne connaissance du théâtre mais aussi à la MFO qui doit maintenir une certaine activité sur tous les terrains de la péninsule.

Cependant, leur exécution doit faire l'objet d'un suivi, et d'un contrôle régulier, afin d'éliminer les risques d'écarts.

Ces missions doivent faire l'objet d'une définition et d'un cadre plus précis.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de l'air :

- ❖ **de préciser la définition de ces missions et d'en détailler le cadre d'exécution sur le cahier d'ordres ;**
- ❖ **d'assurer un contrôle extérieur de la préparation et de l'organisation de ces missions.**

4.1.3 Moyens d'enregistrement

Dispositions réglementaires dans l'aviation civile

Les règles d'emport de moyens de restitution de trajectoire et d'enregistreurs de conversation sont définies dans l'annexe 6 de l'OACI (1^{ère} partie pour l'aviation commerciale, 2^{ème} partie pour l'aviation générale), ainsi que dans le JAR-OPS 1. Ce texte requiert l'emport d'un enregistreur de paramètres pour les avions de moins de 5,7 tonnes et de plus de 9 passagers dont le certificat de navigabilité a été délivré après le 1^{er} avril 1998.

Le Twin Otter 742 acquis neuf en 1981, n'avait pas l'obligation d'être équipé d'un tel dispositif. En outre, les aéronefs de la défense n'effectuant pas de transport public de passagers, ne sont pas soumis aux dispositions réglementaires (article 2 de l'arrêté du 6 septembre 1967 modifié) qui imposent ce type d'équipement.

Au-delà de ces aspects réglementaires imposés à l'aviation civile, et non à l'aviation d'état, cet évènement démontre, s'il en était encore besoin, toute l'importance de la compréhension entière et rapide de son scénario afin de définir et de mettre en œuvre les mesures de sauvegarde.

En l'absence de dispositif d'enregistrement, la compréhension d'un tel évènement impose d'effectuer des expertises longues et difficiles pour permettre une analyse rigoureuse des circonstances de l'accident.

Un tel dispositif permettrait, en outre, de pouvoir assurer un pilotage proactif du niveau de risque par une analyse systématique des vols.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de l'air :

- ❖ **d'équiper dans la mesure du possible tous les aéronefs en service d'enregistreurs d'accidents ;**
- ❖ **de définir des priorités d'équipement sur les aéronefs effectuant notamment du transport de passagers et des missions à risque particulier (présentation en vol) ;**
- ❖ **de réaliser une analyse systématique des vols par prélèvement des données enregistrées.**

ANNEXES

Annexe 1 : Phase de vol détectée par radar	91
Annexe 2 : Procédure d'atterrissage forcé	93
Annexe 3 : Extrait du manuel de vol (chapitre 3.2.1) : vitesses associées à l'atterrissage selon la masse	94

1 PHASE DE VOL DETECTEE PAR RADAR

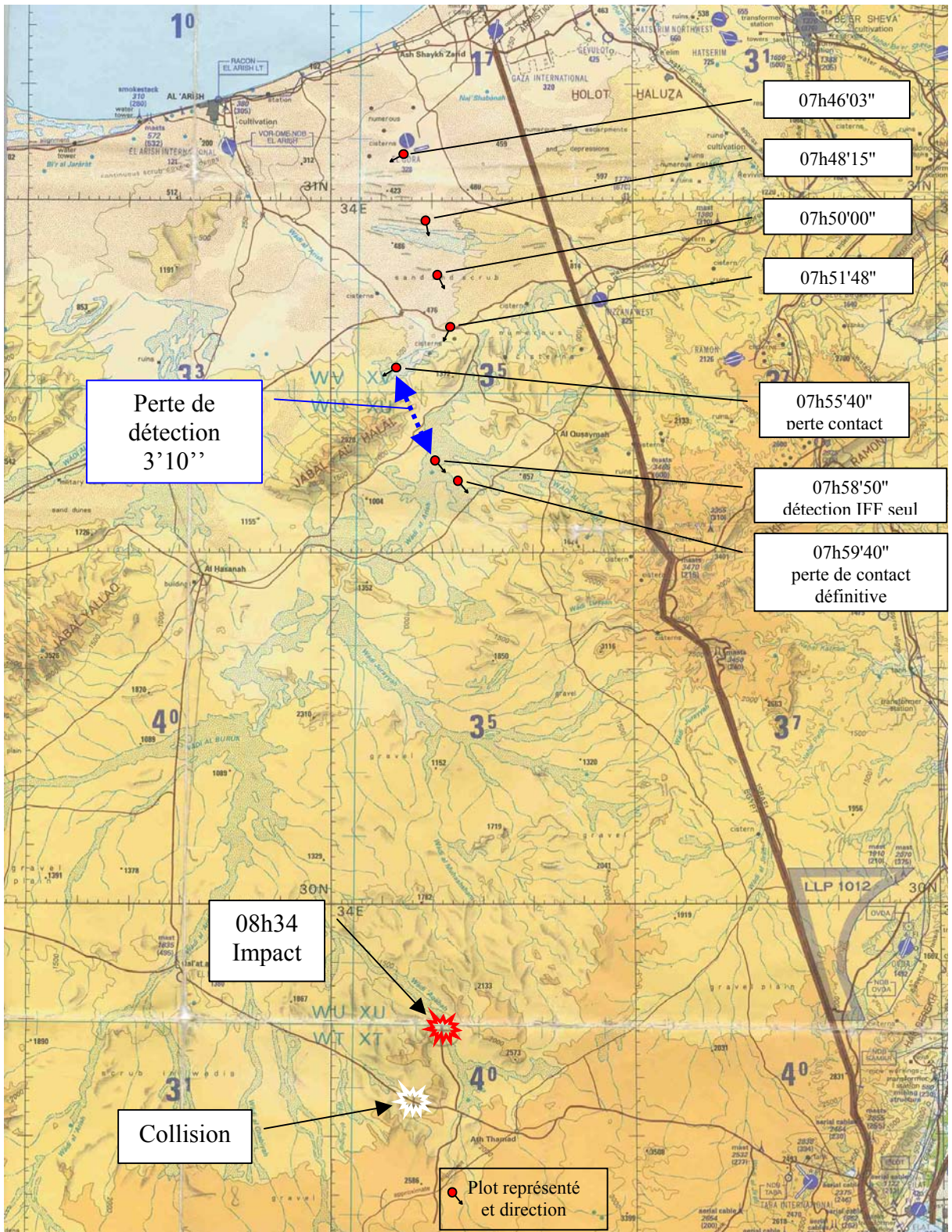
Selon les opérateurs du radar, l'appareil a été détecté en mode C⁵¹ dans la zone d'El Gorah. Il volait selon un cap moyen Sud-Sud-Est après le décollage. Sur le trajet détecté, la hauteur de l'appareil par rapport au sol est jugée basse par les opérateurs du radar, de l'ordre de 100 à 200 ft avec une vitesse moyenne d'environ 150 kts. Huit minutes environ après le décollage, il a effectué une altération de cap vers le Sud-Ouest et dans le plan vertical en montant vers 2200 ft, avant de redescendre en prenant à nouveau un cap au Sud-Est et de disparaître en détection durant trois minutes environ. Il a ensuite été détecté de nouveau brièvement (une minute) avant d'être perdu définitivement en contact à 07h59min55s selon un cap Sud-Est.

Reportées sur un fond de carte, ces informations montrent que la perte temporaire de détection correspond à l'emplacement et à la direction d'un défilé⁵² orienté Nord-Ouest / Sud-Est, traversant perpendiculairement une barre de relief.

L'appareil n'a plus été détecté par radar depuis la perte définitive de contact jusqu'à l'accident, soit durant 30 minutes environ.

⁵¹ Mode alticodeur de l'IFF.

⁵² Selon des témoignages d'anciens pilotes de Twin Otter, ce défilé, connu des équipages, est communément appelé « vallée des chars ».



Avertissement: Seuls quelques plots sont représentés afin de donner une orientation et une tendance de la trajectoire.

Représentation du trajet détecté et positionnement de la zone de l'accident sur une carte à l'échelle 1/500 000^{ème}.

2 PROCEDURE D'ATERRISSAGE FORCE*Extrait du mémento de l'équipage.***A – PREPARATION**

1 – Passagers	Informés ; Rappel de la position à prendre
2 - Ceinture – défense de fumer	Branché
3 – Transpondeur	A 77 00
4 – Message de détresse	Transmis
5 – Préparation poste et cabine	Effectué

B – APPROCHE

1 – Equipage	Ceintures et harnais serrés
2 - Volets	37°5
3 – Pompes Boosters	Coupées
4 – Touche dans 30''	Annonce public
5 – Hélices	Plein Petit Pas
6 – Phares d'atterrissage	Allumés

C – IMMEDIATEMENT AVANT L'IMPACT

1 – Manette de puissance	Ralenti
2 – Robinets carburant	Coupés
3 – Robinets coupe-feu	Coupés

D – APRES L'IMPACT

1 – Extincteurs	Percutés
2 - Batterie	Coupée
3 – DC Master	Coupé
4 – Portes et issues de secours	Ouvertes
5 – Evacuation	Ordonnée - Exécutée

3 EXTRAIT DU MANUEL DE VOL (CHAPITRE 3.2.1) : VITESSES ASSOCIEES
A L'ATTERRISSAGE SELON LA MASSE

ATTERRISSAGE								
MASSES (Livres)	Volets 0°		Volets 10°		Volets 20°		Volets 37,5°	
	Vs	Vi App 1,3 VS	Vs	Vi App 1,3 VS	Vs	Vi App 1,3 VS	Vs	Vi App 1,3 VS
11500	71	92	65	85	61	79	56	73
12000	73	95	67	87	62	81	57	74
12500	74	96	68	88	63	83	58	75
13000	75	98	69	90	65	84		
13500	77	100	70	91	66	86		