



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT

D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-A-2014-004-I

Date de l'événement	3 février 2014
Lieu	Aéroport de Tombouctou (Mali)
Type d'appareil	Hercules C 130-H30
Immatriculation	F-RAPF
Organisme	Armée de l'air
Unité	Escadron de transport 03.061 Poitou

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 retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

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

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : armée de l'air

Photos : pages 8 et de 16 à 19 : BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Tués et blessés	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.7. Conditions météorologiques	15
1.8. Aides à la navigation	15
1.9. Télécommunications	15
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	16
1.11. Enregistreurs de bord	17
1.12. Renseignements sur l'appareil et sur l'impact	17
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	19
1.14. Incendie	20
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	20
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	21
1.18. Renseignements supplémentaires	21
2. Analyse	23
2.1. Expertises	23
2.2. Séquence d'événements ayant conduit à l'incident	23
2.3. Recherche des causes de l'incident	28
3. Conclusion	33
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	33
3.2. Causes de l'événement	34
4. Recommandations de sécurité	35
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	35
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	36
ANNEXE	37
ANNEXE EXTRAIT REGLES D'EMPLOI DES EQUIPAGES TRANSPORT DE JUIN 2014	38

GLOSSAIRE

BAAP	brigade aérienne d'appui et de projection
BFS	bureau des forces spéciales
CB	commandant de bord
CFA	commandement de la force aérienne
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CVR	<i>cockpit voice recorder</i>
FDR	<i>flight data recorder</i>
GPS	<i>global positioning system</i>
INS	<i>inertial navigation system</i> (centrale inertielle)
MEC	mécanicien de conduite. (<i>ou F.E : Flight Engineer</i>)
MES	mécanicien de soute (<i>ou L.M : Load Master</i>)
NOSA	navigateur officier systèmes d'armes
PF	pilote en fonction (aux commandes)
POR	prolongement occasionnellement roulant
PNF	pilote non en fonction (superviseur du pilote)
REAT	règlement d'emploi de l'aviation de transport
TBA	très basse altitude
VTH	visualisation tête haute (glace semi-réfléchissante collimatée à l'infinie regroupant toutes les informations de pilotage de la trajectoire et de l'attitude de l'avion.

SYNOPSIS

Date de l'événement : 3 février 2014

Lieu de l'événement : aéroport de Tombouctou (Mali)

Organisme : armée de l'air

Commandement organique : commandement de la force aérienne (CFA)

Unité : escadron de transport (ET) 03.061 « Poitou »

Aéronef : Hercules C 130-H30

Nature du vol : transport tactique

Nombre de personnes à bord : 14 (5 membres d'équipage, 9 passagers)

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors de l'approche du terrain de Tombouctou, l'avion dépasse l'axe de piste. Il exécute plusieurs corrections de cap afin de revenir sur celui-ci. Lors de la dernière manœuvre, l'avion heurte le sol avec le saumon de l'aile droite. Une fois aligné, l'atterrissage est effectué sans autre dommage.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un adjoint au directeur d'enquête de sécurité du BEAD-air.
- Un sous-officier expert mécanicien du BEAD-air.
- Un officier pilote ayant une expertise sur C 130-H30.
- Un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur C 130-H30.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- laboratoire de restitution d'enregistreur d'accidents de la direction générale de l'armement (RESEDA).
- institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu de l'incident le mercredi 5 février à 18h50 heure locale par le bureau maîtrise des risques de l'état-major de l'armée de l'air. Le groupe d'enquête est réuni le samedi 8 février 2014 et se rend sur le terrain de stationnement de l'aéronef. Les investigations sur l'aéronef débutent le lendemain matin.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : BULLIT 78

Type de vol : mission de transport tactique opérationnelle

Dernier point de départ : aéroport de Ouagadougou (Burkina-Faso)

Heure de départ : 14h25

Point d'atterrissage prévu : aéroport de Ouagadougou

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

L'équipage est constitué depuis environ deux semaines, il réalise son dernier vol sur le théâtre avant son retour en France.

Il prend connaissance de sa mission le matin même. La préparation ne présente pas de difficulté particulière, seule la situation tactique demeure une préoccupation. La mission comprend trois objectifs : deux largages basse altitude au profit des troupes au nord de Tombouctou suivis d'un atterrissage pour livraison de matériel et de dépose de personnel sur l'aéroport de Tombouctou. Les renseignements d'ambiance sont étudiés, la situation tactique mise à jour. Les éléments météorologiques et publications aéronautiques sont consultés dans la limite des informations aéronautiques disponibles sur place.

S'agissant d'une mission opérationnelle, aucun plan de vol n'est posé. Elle est déclenchée par un FRAGO¹ issu directement du commandement opérationnel local.

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

L'avion décolle de Ouagadougou à 14h30.

L'équipage de conduite composé de 5 personnes est réparti comme suit :

- un commandant de bord, pilote en fonction en place gauche (CB-PF) ;
- un copilote en place droite (PNF) ;
- un mécanicien d'équipage « conduite » en place centrale ;
- un navigateur officier système d'arme en fonction place arrière droite ;
- un mécanicien d'équipage « soute » dans le cargo jusqu'à l'approche du terrain où il se mettra debout derrière le PF jusqu'à l'atterrissage.

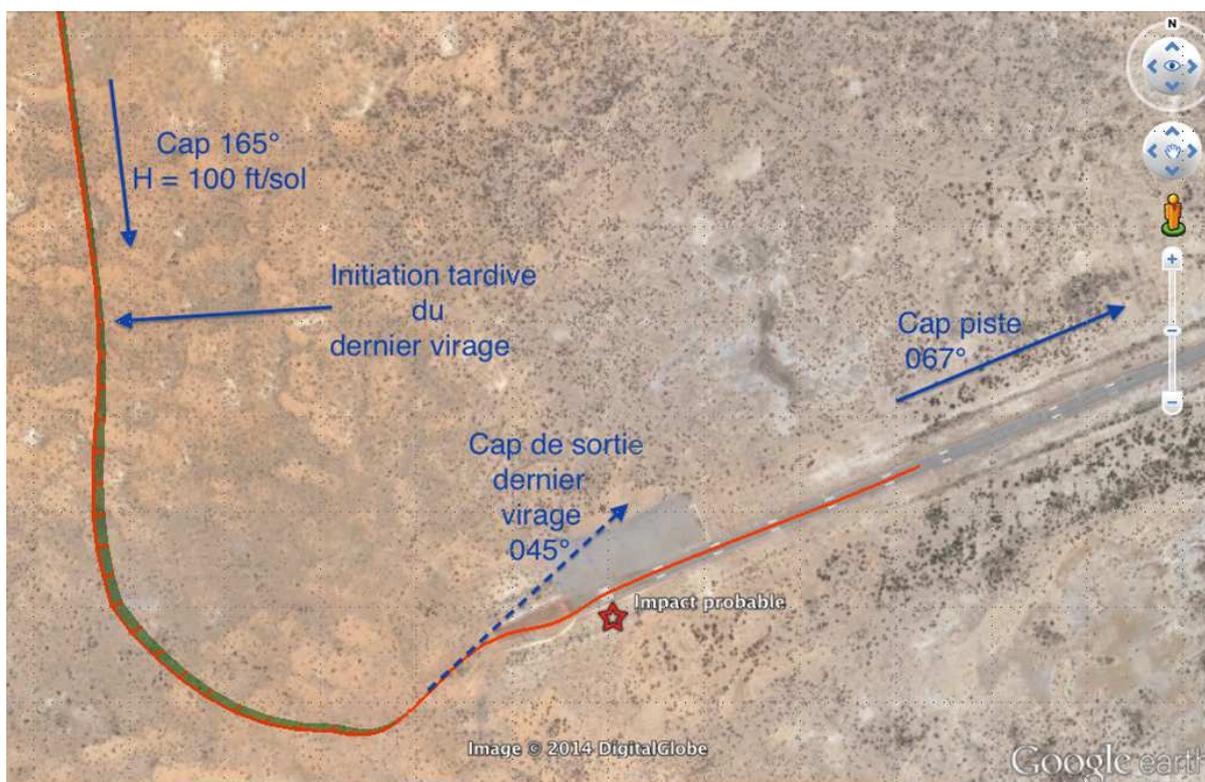
Neuf autres personnes sont assises dans le cargo.

L'avion quitte le contrôle de l'aéroport de Ouagadougou et monte au niveau 115 pour se diriger vers le nord du Mali. En vol, l'équipage reçoit par radio les coordonnées des deux zones de largage. A l'issue de la transmission, le pilote descend à une hauteur de 100 ft/sol dans la zone hostile, conformément aux dérogations accordées par l'état-major d'emploi. L'équipage réalise les deux largages puis le pilote aux commandes prend le cap 200 toujours en très basse altitude jusqu'à la ville de Tombouctou.

¹ FRAGO = *fragmentary order* correspond à un ordre officiel issue du commandement opérationnel.

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

A la vue de la mosquée de Tombouctou, le pilote en fonction contourne les quartiers nord en laissant la ville à gauche. Puis le navigateur le guide pour qu'il rejoigne l'étape de base main gauche pour la piste 07. Au bout d'une minute, le pilote annonce à l'équipage qu'il voit la tour de contrôle de l'aéroport et poursuit son approche décalée à un cap 165 en conservant la tour pour seul repère. Arrivé à quinze secondes de la piste (annoncées par le navigateur) le pilote aux commandes retarde son départ en dernier virage ce qui le conduit à finir cette première manœuvre au sud de la piste avec une divergence de cap de 22 degrés. Le pilote réagit aussitôt en effectuant deux baïonnettes pour récupérer l'axe : droite puis gauche et enfin droite. C'est lors de l'inclinaison finale à droite que le saumon de l'aile effleure le sol ou un obstacle au bord de la piste. Pour finir, il dégauchit et pose l'avion plus de cinq cents mètres après le point de toucher théorique.



Trajectoire reconstituée du dernier virage

1.1.2.4. Retour et recueil de l'avion

Au parking, les deux mécaniciens d'équipage inspectent, moteur tournant, le saumon endommagé de l'aile droite. Après avoir vérifié la liberté des commandes de vols ainsi que l'absence de fuite du réservoir extérieur droit et analysé la situation tactique, l'équipage décide de rentrer au niveau 115, à vitesse réduite. Le reste du vol se déroule normalement et n'appelle aucune remarque particulière.

1.1.3. Localisation

- Lieu : aéroport de Tombouctou
 - pays : Mali
 - commune : Tombouctou
 - coordonnées géographiques :
 - N 16°44'02''
 - W 002°59'55''
 - altitude du lieu de l'événement : 863 ft
- Moment : fin d'après-midi, soleil rasant au moment des faits
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Tombouctou (Mali)

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	5	9	

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
			X	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Commandant de bord (PF)

- Age : 45 ans
- Unité d'affectation : ET 03.061 « POITOU »
 - fonction dans l'unité : adjoint leader pilote
- Formation :
 - Non renseigné
- Autre formations :
 - Non renseigné
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130
Total (h)	9000	4900	320	320	50	50

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 3 février 2014
 - de nuit : 2 février 2014
 - sur autre type : (DHC-6)
 - de jour : 8 janvier 2014
 - de nuit : non renseigné
- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte verte C 130
 - date d'expiration : décembre 2014

1.5.2. Pilote place droite (PNF)

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : ET 03.061 « POITOU »
 - fonction dans l'unité : adjoint cellule études et prospective
- Formation :
 - Confidentiel
- Autre formation :
 - Confidentiel

- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130
Total (h)	4980	960	290	240	60	60

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 3 février 2014
 - de nuit : 2 février 2014
 - sur autre type : (DHC-6)
 - de jour : 19 décembre 2013
 - de nuit : 5 novembre 2013
- Carte de circulation aérienne :
 - type : *Commercial Pilot Licence Instrument Rules (CPL IR) C 130*
 - date d'expiration : décembre 2014
 - type : carte DHC-6
 - date d'expiration : décembre 2014

1.5.3. Navigateur Officier Systèmes d'Armes (NOSA)

- Age : 46 ans
- Unité d'affectation : ET 03.061 « POITOU »
 - fonction dans l'unité : Réserviste a/c 01 juillet 2013
- Formation :
 - confidentiel
- Autre formation :
 - confidentiel
- Heures de vol comme navigateur :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130
Total (h)	10700	1600	180	90	25	25

- Date du dernier vol comme navigateur :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 3 février 2014
 - de nuit : 2 février 2014
 - sur autre type : (DHC-6)
 - de jour : 11 décembre 2013
 - de nuit : 25 septembre 2013
- Licence de type :
 - type : C 130
 - date d'expiration : juillet 2014

1.5.4. Mécanicien de conduite (MEC)

- Age : 34
- Unité d'affectation : ET 03.061 « POITOU »
 - fonction dans l'unité : mécanicien navigant
- Formation :
 - confidentiel
- Heures de vol comme mécanicien navigant :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130	sur tout type	dont C 130
Total (h)	3700	3700	280	280	90	90

- Date du dernier vol :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 3 février 2014
 - de nuit : 2 février 2014
 - sur tous types :
 - de jour : néant
 - de nuit : néant
- Licence de type :
 - type : C 130
 - date d'expiration : juillet 2014

1.5.5. Mécanicien de soute (MES)

- Age : 49
- Unité d'affectation : ET 03.061 « POITOU »
 - fonction dans l'unité : Cellule Sécurité des Vols
- Formation :
 - confidentiel
- Heures de vol comme mécanicien navigant :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	sur C 130	sur tout type	sur C 130	sur tout type	sur C 130
Total (h)	8100	7060	170	170	90	90

- Date du dernier vol comme mécanicien navigant :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 3 février 2014
 - de nuit : 2 février 2014
 - sur tous types : CASA CN 235
 - de jour : 16 juin 2011
 - de nuit : 7 juin 2011
- Licence de type :
 - type : C 130
 - date d'expiration : janvier 2015

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : commandement du soutien des forces aériennes (CSFA)
- Commandement d'appartenance : CFA/ brigade aérienne d'appui et de projection (BAAP)
 - bureau des forces spéciales (BFS)
- Base aérienne de stationnement : BA 123 Orléans-Bricy
- Unité d'affectation : ET 03.061 POITOU
- Type d'aéronef : C 130-H30
 - configuration : cargo, toutes CME² et leurres montés
 - armement : néant

² CME = Contre Mesure Electroniques

- Maintenance de l'appareil n° 5144 :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Nombre de cycles	Nombre d'atterrissages
Cellule	C 130-H30	5144	15 909h50	-	11 166
Moteur 1	T56A15 LFE	113277	3 270h55	1851	-
Moteur 2	T56A15 LFE	104066	3 041h40	1602	-
Moteur 3	T56A15 LFE	113546	3 673h58	2154	-
Moteur 4	T56A15 LFE	113549	1 815h25	1377	-

1.6.1. Maintenance

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

1.6.2. Performances

L'appareil ne fait l'objet d'aucune restriction ayant un rapport avec l'incident.

1.6.3. Masse et centrage

L'avion a décollé à la masse de 132 496 lb³, au moment de l'événement il ne pesait plus que 119 496 lb. Le centrage a évolué de CG⁴ 20,7% à CG 18%. Les paramètres sont restés pendant le vol dans les limites prévues par le constructeur.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TR0
- Masse de carburant au décollage : 40 000 lb
- Masse de carburant restant au moment de l'événement : 27 000 lb

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

³ lb : 1 pound (livre) = 0,4535 kg

⁴ CG : Centre de Gravité

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Au moment de la préparation, les prévisions météorologiques ne font état d'aucun phénomène particulier. Les conditions aéronautiques sont idéales pour la mission.

1.7.2. Observations

Sur l'aéroport, il a été relevé un vent du 070° pour 13 kt, une température de 29°C sans phénomène particulier.

1.8. Aides à la navigation

Le C 130-H30 N°5144 de l'armée de l'air est équipé de 2 centrales inertielle LTN 92 de marque LITTON. Elles sont à la disposition du NOSA (la configuration avec un NOSA est la suivante : 1 poste de commande *inertial navigation system* (INS) placé au niveau du pilote place droite, 1 poste de commande INS placée au niveau du NOSA). Ces centrales présentent une précision limitée due à leur programmation interne. Selon le cas, l'affichage se limite au dixième ou au centième de minutes d'angle. Sous la latitude considérée de 16° Nord cela correspond à une précision de positionnement au mieux de 154 mètres. Cette « finesse » d'affichage étant dégradée par la dérive naturelle des centrales, les équipages ne prennent l'instrument que pour confirmation lors des vols à très basse altitude. Dans cette unité, le NOSA utilise un *global positioning system* (GPS) transportable de marque et référence : GARMIN 695, non raccordé au DV⁵ ou PA⁶.

Les centrales doivent faire l'objet d'un remplacement et d'une pseudo-hybridation GPS non encore planifiée.

1.9. Télécommunications

Le C 130-H30 est équipé de 5 postes radios : 2 postes VHF, 1 poste UHF et 2 HF. L'ensemble de ces systèmes a fonctionné normalement au moment de l'événement.

⁵ DV = Directeur de Vol équipement donnant de manière synthétique des indications de manière à conserver précisément un axe et plan.

⁶ PA = Pilote Automatique.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport se situe à 4 km au sud de la ville de Tombouctou et 1 km au nord de la rivière Niger qui s'écoule selon un axe E, W. La piste en macadam orientée 07/25 est longue de 2100m et large de 30m. L'équipage était avisé que les cent premiers mètres après le prolongement occasionnellement roulable (POR) étaient inutilisables en raison de la dégradation du revêtement. Depuis le début du conflit, la tour de contrôle n'est plus active. Pour connaître le QFU en service, l'équipage fait appel aux troupes au sol.

Le jour de l'événement, le contact avec le soutien a été effectué 2 minutes avant le posé, aussi le sens d'atterrissage a été déterminé à l'aide du vent donné par les centrales inertielles de l'avion confirmé par le GPS embarqué.

Les abords de la piste ne sont pas entretenus. Des arbres et herbes folles la bordent au sud.



Vue de la piste prise sur le POR QFU07

1.11. Enregistreurs de bord

Le C 130-H30 de l'armée de l'air est équipé de deux enregistreurs de bords :

- Un *Flight Data Recorder* (FDR) de référence 17M700-274 (FAIRCHILD).
- Un *Cockpit Voice Recorder* (CVR) de référence A100A (LOCKHEED).

Les deux appareils sont d'ancienne génération, ils ont fonctionné pendant l'événement. Cependant aucun enregistrement des échanges dans le cockpit n'est disponible. Le CVR dispose d'une capacité de 30 minutes d'enregistrement. L'avion a redécollé pour un vol d'une heure trente afin de rejoindre son terrain de stationnement. Cela a eu pour corollaire d'effacer les données concernant l'incident.

Le FDR a permis de restituer les paramètres suivants :

- cap
- vitesse indiquée
- altitude
- Gz⁷
- les tops de manipulation de l'alternat de la radio

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

1.12.1. Examen de la zone

L'examen de la périphérie de la piste a été réalisé plusieurs jours après l'événement et n'a pas permis de déterminer l'endroit exact où le saumon de l'aile a touché le sol. Deux échantillons de terre ont été prélevés au seuil 07, un sur le POR et l'autre sur le côté de la piste.

1.12.2. Examen de l'appareil

Les endommagements suivants ont été constatés lors des premiers examens visuels⁸ :

- Enfouissement et abrasion du saumon de l'aile droite.
- Légère abrasion du caisson externe de l'aile droite.

A l'issue des constatations réalisées par le BEAD-air, l'aéronef a été remis à la disposition des forces le 10 février 2014.

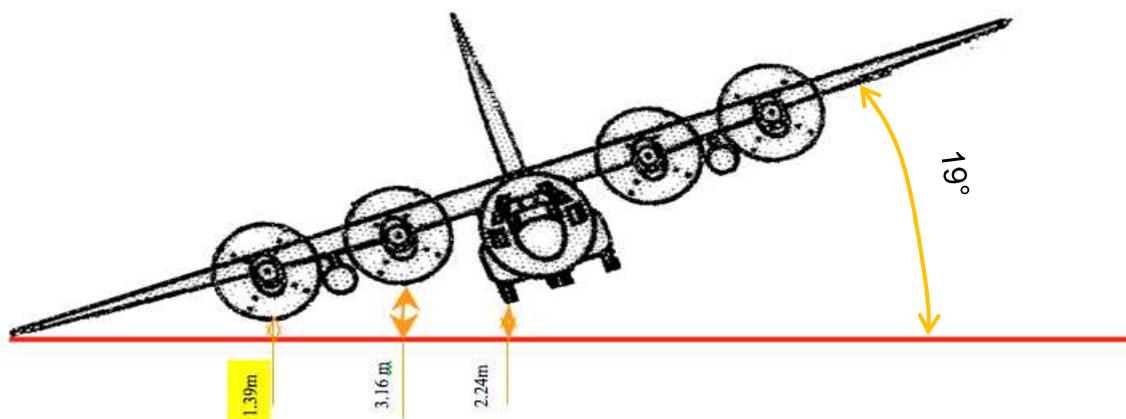
⁷ Accélération verticale à laquelle est soumis le porteur

⁸ Des contrôles d'intégrités de la structure de l'aéronef ont été réalisés avant que l'avion ne reprenne à nouveau les airs. Ils n'ont pas mis en évidence d'autre dégradation que celles constatées visuellement.



Vue de dessous du saumon de l'aile droite

Lors du démontage du saumon, du sable et des cailloux ont été retrouvés à l'intérieur de la pièce. Les dégradations constatées indiquent que l'avion a touché le sol avec une inclinaison latérale de 19° à droite.



Représentation sur sol plan de l'inclinaison de l'aéronef lors du contact



Vue mettant en évidence la présence de cailloux coincés dans les tôles du saumon droit

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Commandant de bord (PF)

- Dernier examen médical :
 - type : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN)
 - date : 19 septembre 2013
 - résultat : apte
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : néant
- Blessures : néant

1.13.2. Pilote place droite (PNF)

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPAN
 - date : 9 décembre 2013
 - résultat : apte
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : néant
- Blessures : néant

1.13.3. NOSA

- Dernier examen médical :
 - type : CEMP
 - date : 10 octobre 2013
 - résultat : apte
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : néant
- Blessures : néant

1.13.4. MEC

- Dernier examen médical :
 - type : CEMP
 - date : 28 juin 2012
 - résultat : apte
 - validité : 24 mois
- Examens biologiques : néant
- Blessures : néant

1.13.4.1. MES

- Dernier examen médical :
 - type : CEMP
 - date : 10 octobre 2013
 - résultat : apte
 - validité : 24 mois
- Examens biologiques : néant
- Blessures : néant

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

Au sein du ministère de la défense, le C 130-H30 est mis en œuvre par l'armée de l'air. Lors de l'événement il était exploité par un équipage de l'ET 03.061 « Poitou », lequel dépend organiquement de la BAAP. L'entraînement spécifique aux opérations spéciales relève du BFS du CFA. Le commandement opérationnel de cette unité est délégué au commandement opérationnel des opérations spéciales.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Caractéristiques et limitations du C 130-H30 utiles à la compréhension de l'événement

Source : MANUT⁹ du CFA issue du Flight Manuel FM 382C.92.E

Le C 130 HERCULES est un avion de transport quadrimoteur moyen pouvant utiliser des terrains courts, préparés sommairement et d'un accès difficile. C'est un avion monoplan à ailes hautes, en porte à faux, de construction métallique, avec empennage simple. Il est approuvé pour les vols de jour et de nuit, VFR et IFR (Catégorie C), en conditions givrantes. Il est approuvé pour le décollage à visibilité réduite (LVP en vigueur), les approches de précision CAT 1 et le vol en espace B-RNAV.

Il peut effectuer les missions suivantes :

- transport aérien
- parachutage de personnels
- largage de charges
- transport sanitaire

COMPOSITION DE L'EQUIPAGE

Equipage minimal : 4 dont 2 Pilotes + 1 Mécanicien Navigant + 1 Mécanicien Soute

Nombre de place conduite : 4 dont 2 Pilotes + 1 Mécanicien Navigant + 1 Navigateur Officier Systèmes d'Arme (NOSA)

Pour les vols d'instruction de l'EIE¹⁰ C 130 et de l'ET 03.061 « Poitou » sur la plate-forme d'Orléans, le mécanicien soute peut être remplacé par un pilote, un NOSA ou un mécanicien ayant effectué le stage à l'UIS¹¹.

La composition de l'équipage en fonction des qualifications, du type de mission et des temps de service est donnée dans le règlement d'emploi de l'aviation de transport (REAT).

⁹ MANUT = MANuel d'Utilisation Tactique

¹⁰ EIE = Escadron d'Instruction des Equipages

¹¹ UIS = Unité d'Instruction Spécialisée

J.5.5 COMMANDES DE VOL

b) Volets

- commande à 0% : indicateur à 0 %
- commande à 50% : indicateur à 50 % □□8
- commande à 100% : indicateur à 100 % □□7
- Temps de manoeuvre :
- 0% à 100% (en normal) 8 à 15 secondes
- 100% à 0% (en normal) 10 à 15 secondes

c) Trains d'atterrissage

- sortie (en normal) 19 secondes maxi
- rentrée (en normal) 19 secondes maxi

Le C 130-H30 a la réputation d'être un avion très bien motorisé et doté d'une très bonne climatisation. Si l'avion est très réactif sur tous les axes, aux basses vitesses il demande une grande anticipation en roulis. Cet effet est particulièrement marqué lors des phases d'approches et d'atterrissage.

1.18.2. Texte de base à appliquer en territoire hostile utile à la compréhension de l'événement

Source : MET T1 (Manuel Emploi Tactique Tome 1), Titre IV : « Navigation tactique »

P2 : La hauteur de vol doit être choisie en fonction de contraintes d'environnement suivantes :

- nature de la menace
- conditions météorologiques
- géographie

...Au cours d'une même mission, la hauteur de vol peut être modulée notamment en fonction de la réalité de la menace. Le vol en très basse altitude (TBA) induit une fatigue pour l'équipage...Le choix du vol en TBA doit donc être fait à bon escient.

P6, paragraphe 4 : Vol à vue à très basse altitude / Choix des itinéraires

.....Dans la mesure du possible, l'itinéraire aura un profil de ligne brisée avec des branches de navigation d'une longueur maximum de 40 Nm (dimension modulable en fonction de la menace).

2. ANALYSE

Lors du posé sur le terrain de Tombouctou, le pilote en s'alignant sur l'axe de piste à très faible hauteur heurte le sol du saumon de l'aile droite.

Ce chapitre présente :

- la séquence d'événements ayant conduit à cet incident ;
- l'étude des causes relevant des domaines technique, environnemental et des facteurs humains.

2.1. Expertises

2.1.1. Extraction des données du GPS, CVR et FDR

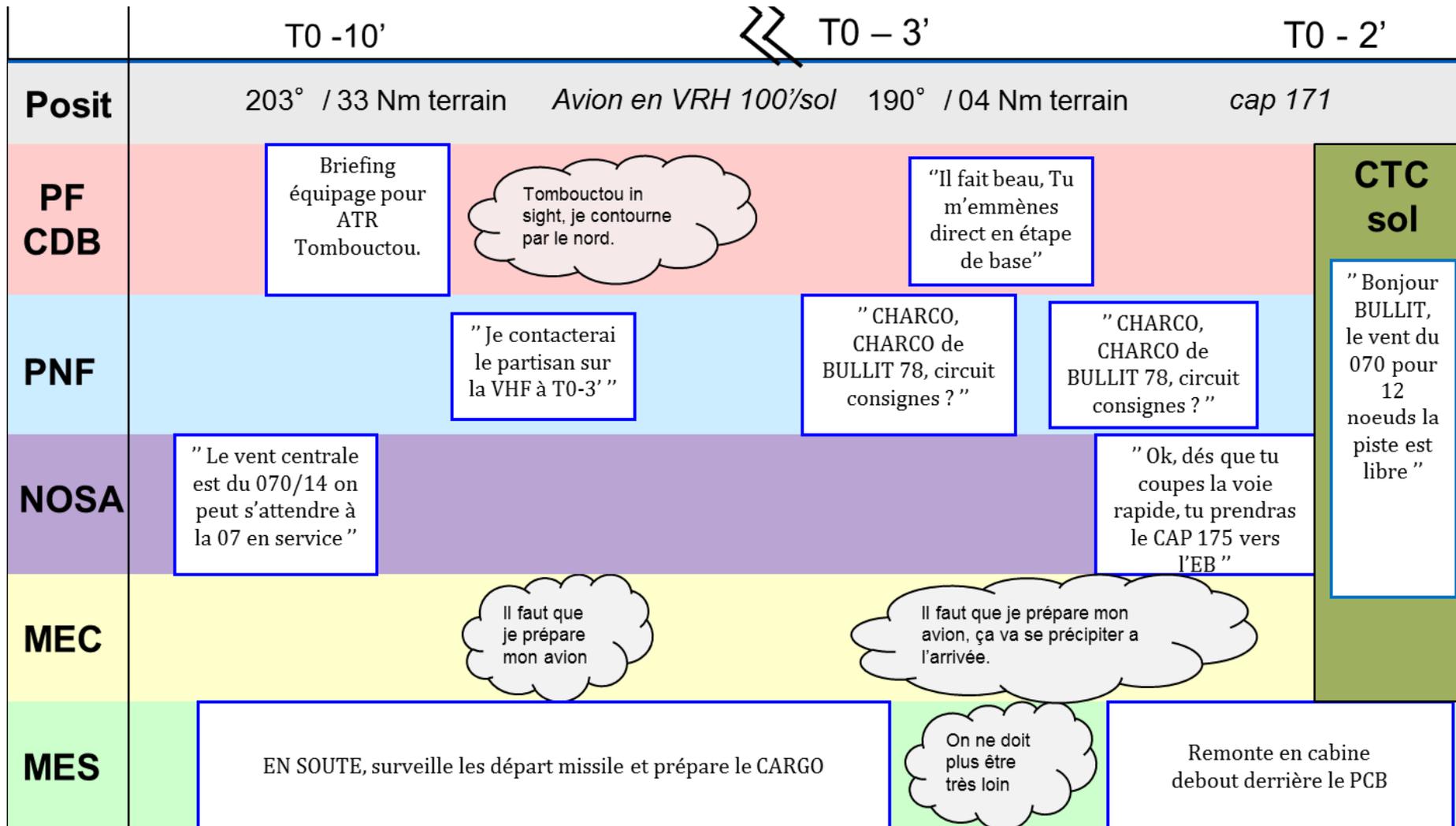
Il a été possible de reconstituer en trois dimensions les 18 dernières minutes du vol grâce à la fusion des données FDR et celles issues de la trace du GPS autonome. Le redécollage de l'aéronef à l'issue de l'événement a effacé les enregistrements audio phoniques du CVR.

2.1.2. Zone probable d'impact

L'analyse des échantillons de sable prélevés et des divers enregistrements disponibles n'a pas permis de déterminer avec précision l'endroit exact où l'aile a touché le sol. Il est déterminé que l'événement s'est produit en très courte finale.

2.2. Séquence d'événements ayant conduit à l'incident

Un STEP (*sequentially timed event plotting procedure*) est établi à partir des données du FDR croisées avec les témoignages de l'équipage et l'analyse de l'expert pilote. Les petits nuages matérialisent ce que chaque membre rapporte avoir ressenti ou pensé, les rectangles bleus matérialisent les actions ou les paroles. La référence de temps (T0) correspond à l'instant du contact de l'aile droite de l'aéronef avec le sol.



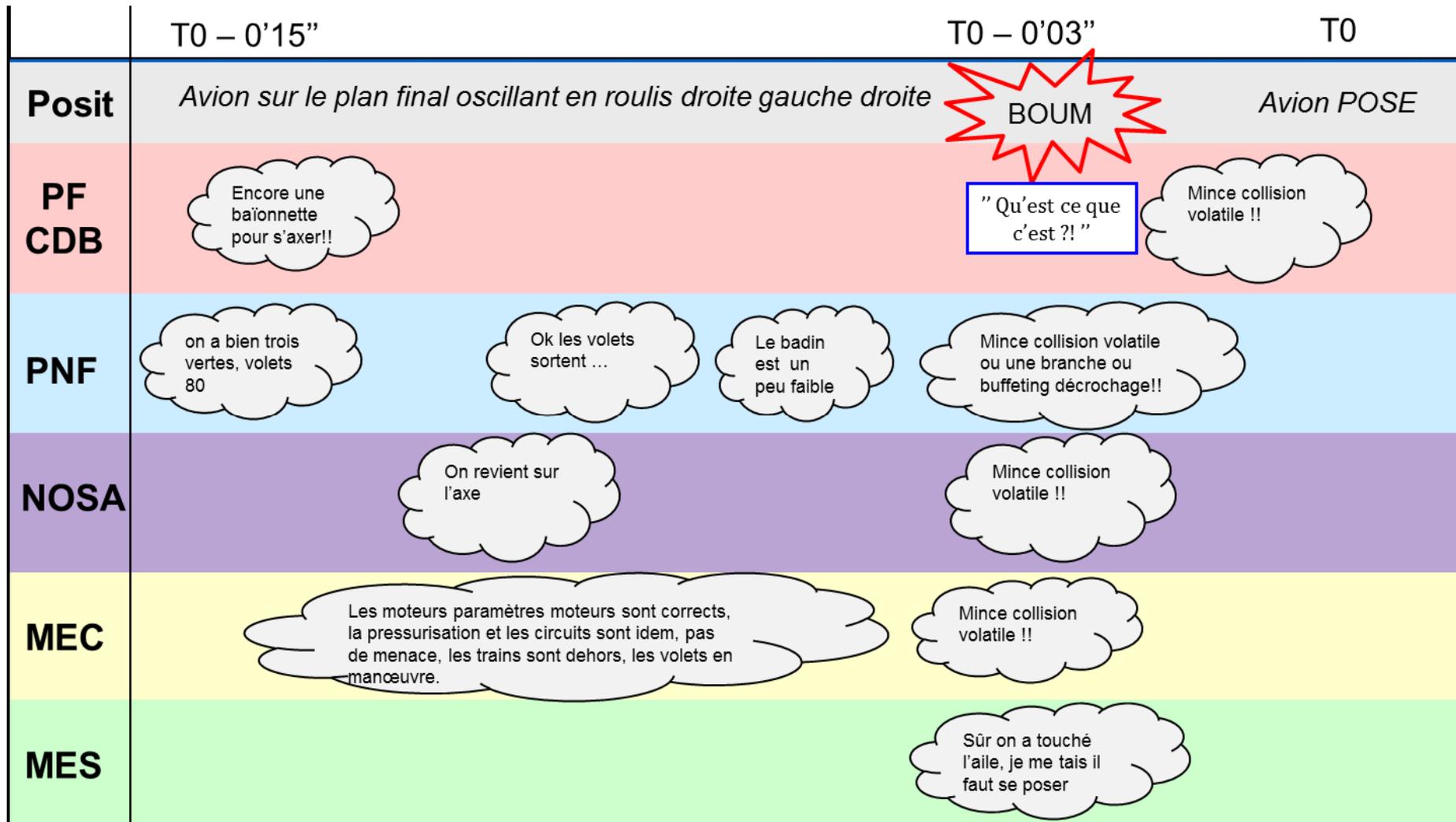
STEP arrivée phase 1/4

	T0 - 0'50"	T0 - 0'40"
Posit	300° /1,4 Km seuil terrain <i>Avion en montée 200'/sol</i>	275° /1,2 Km seuil terrain
PF CDB	<p>Ça y est, je vois la Tour du terrain.</p> <p>"J'ai visuel de la Tour!."</p> <p>"Volets 50!"</p>	<p>"Le Train!"</p> <p>Ok le seuil doit être là</p>
PNF	<p>Ok il doit voir les installations</p> <p>Ok les volets sortent</p>	<p>"Volets à 50!"</p> <p>"En manoeuvre!"</p> <p>"Le train est sorti, 3 vertes"</p>
NOSA	<p>Ok il doit voir le terrain</p>	<p>Il doit voir le terrain il fait sortir les éléments</p> <p>"A 15 secondes du seuil!"</p> <p>Il tarde à tourner, ça va être compliqué ?</p>
MEC	<p>Je vois la Tour secteur 10h00</p> <p>"Les volets sur 50!"</p>	
MES	<p>Ok il doit voir la piste.</p>	<p>Bon sang elle est où cette piste !</p>

STEP arrivée phase 2/4

	T0 – 0'30"	T0 – 0'20"
Posit	Avion en descente incliné à gauche	Première convergence avion au 045° piste 067° Avion en correction à droite
PF CDB	La piste est là !!	" CA VA LE FAIRE ON SE POSE!" " Pleins Volets!"
PNF	Ok je vois le seuil, ça va être difficile	On est trop divergents il faut remettre les GAZ Le badin est un peu faible " Les Volets!?"
NOSA		Ok c'est difficile mais on en a vu d'autres
MEC	Je vois le seuil, on est pas bien axé,	On est mal présenté mais on en a vu d'autres " Les volets sur 100 "
MES	Ok je vois le seuil, ça va être difficile	On est très divergeant, remise des gaz?

STEP arrivée phase 3/4



STEP arrivée phase 4/4

2.3. Recherche des causes de l'incident

2.3.1. Causes environnementales

2.3.1.1. Conditions météorologiques

Les conditions aérologiques de température étaient compatibles avec le vol.

Les conditions météorologiques ne sont pas à l'origine de cet incident.

2.3.2. Causes techniques

Les investigations et le témoignage de l'équipage n'ont révélé aucun dysfonctionnement des commandes de vols et de la motorisation.

Aucune défaillance technique n'est à l'origine de l'incident.

2.3.3. Domaines relevant des facteurs humains

La méthode HFACS est utilisée dans cette analyse de façon exhaustive. Seuls les divers items jugés pertinents ou en rapport avec l'incident sont présents dans les paragraphes qui suivent.

2.3.3.1. Actes non sûrs

Choix de l'axe d'approche

L'équipage a l'habitude de se poser sur cette piste en arrivant par le sud. Le jour de l'événement, ils arrivent par le nord. Le choix de l'axe direct d'approche semble plus avoir été dicté par la proximité de l'heure de coucher du soleil que par la recherche de point de cheminement pour anticiper le virage de retour vers la piste. L'équipage a sous-estimé la difficulté que représente l'arrivée sous cet axe directement en étape de base.

La préparation très réduite de l'atterrissage sur le terrain de Tombouctou dans les conditions citées supra a participé de façon certaine à la survenue de cet incident grave.

Ecart « aux bonnes pratiques » de l'arrivée TBA

L'approche tactique pratiquée en métropole à 330 ft/sol réclame une préparation de points permettant d'anticiper le guidage sur axe et la sortie des éléments avant la finale. Ici, le cadre tactique impose selon l'équipage une arrivée à très faible hauteur, 100 ft/sol. A cette hauteur, l'horizon optique¹² est réduit ce qui retarde l'acquisition visuelle de la piste. Ce retard doit être compensé par un cheminement précis de points de repère visibles ou insérés dans un moyen de navigation autonome précis de type GPS.

La hauteur d'approche 100 ft/sol conjuguée à l'absence de repères précis et identifiés sur le terrain a participé de façon certaine à la survenue de cet incident grave.

Perception erronée de la situation

Le PF réalise une approche à vue, depuis le travers ouest de la ville de Tombouctou avec pour seul repère la tour de contrôle du terrain située à 2 kilomètres dans le 070° du seuil visé. Il s'agit de sa première arrivée de ce type par le nord du terrain. Cela pénalise sa représentation mentale du positionnement de la piste.

Pour réaliser un atterrissage à vue, il est nécessaire d'avoir une idée très précise de la position de la piste ou le visuel direct sur celle-ci. Le PF dirige son aéronef à 100° de l'axe avec pour seul repère celui de la tour. Pour débiter une correction ou déclencher le dernier virage, la zone étant semi-désertique, il ne peut compter que sur l'acquisition visuelle rapide de la piste. Cette acquisition du visuel est rendue difficile par : l'approche très basse altitude, la dégradation du contraste due à la forte luminosité et enfin la réalisation de la présentation sur ce terrain par le nord pour la première fois. Il est probable que le PF ait cherché en premier lieu la piste à un endroit où elle n'était pas.

L'extrême difficulté pour le pilote à se situer dans l'espace par rapport à un repère décalé a conduit à une approche non stabilisée.

Absence de prise de décision (remise des gaz)

La découverte tardive des repères visuels nécessaires à l'atterrissage a conduit le pilote à réaliser une finale non stabilisée. A la fin du premier virage, l'aéronef se trouve à une hauteur inférieure à 100 ft/sol avec plus de 20 degrés de divergence avec l'axe de piste. A cet instant, le PF poursuit une manœuvre délicate.

La perception tardive de la situation entraîne l'absence de réaction adaptée du PF ce qui a contribué à la survenue de l'événement.

¹² Horizon optique = distance maximale à laquelle on peut voir en se plaçant à une hauteur H.

2.3.3.2. Conditions préalables

Excès de confiance

L'acquisition visuelle du seuil 07 de la piste n'est pas réalisée en temps utile par le PF. L'axe de la piste est dépassé. La décision de se poser est toutefois prise sans réaction des autres membres de l'équipage. La solution retenue est celle envisagée par le PF, aucun sentiment de danger n'est ressenti. Il s'agit d'une situation déjà vécue à de nombreuses reprises. Il ne s'est pas senti dépassé par la situation.

Cette schématisation s'est forgée dans une grande expérience du pilotage de l'aéronef mis en œuvre au cours de nombreuses missions sur ce territoire. Le pilote a une grande confiance dans ses capacités et l'équipage a une grande confiance dans le pilote.

Lorsque cette confiance n'est pas modulée par des événements aéronautiques passés et/ou des erreurs significatives, le sujet agit avec une grande confiance en lui et réagit plutôt en répondant par des automatismes plus ou moins complexes pas forcément adaptés à la situation.

Le récit des dernières manœuvres avant atterrissage et la mention du facteur « chance » corrobore l'hypothèse d'un excès de confiance et d'une action automatique.

L'hypothèse d'un phénomène d'excès de confiance et d'action automatique du PF est probable.

Stress induit par des événements antérieurs

Depuis le début des opérations sur le Nord MALI, une certaine forme de « routine opérationnelle » s'était probablement installée et la prise de conscience du risque sol-air avait tendance à s'estomper progressivement.

Mais, la semaine précédant ce vol, l'équipage a été pris à partie par un tir d'armement sol/air non identifié. Ce tir a déclenché le système de leurrage embarqué. Dans la même période, des armements ont été découverts au nord de Gao et de Tombouctou.

Ces derniers événements ont réactivé le niveau de conscience du risque et le stress qui en découle. De fait, la gestion du risque opérationnel a pu devenir envahissante et perturber la prise de décisions avant l'atterrissage.

Un stress induit par des événements récents a pu altérer le processus décisionnel au moment de l'atterrissage.

Synergie et communication

La synergie et la communication au sein du cockpit semblent avoir été altérées voire déséquilibrées.

Synergie :

L'analyse de l'expérience et de la personnalité des protagonistes, en particulier celles du PF-CB et du PNF, ne révèle pas de prédisposition à un déséquilibre dans le travail en équipage.

Aucun conflit au sein de l'équipage n'a été verbalisé ou n'est décelable.

Communication :

Elle est très économe en vol pour deux raisons :

- nécessité opérationnelle et culture de l'unité ;
- mauvaise qualité du son du téléphone de bord qui n'encourage pas les échanges.

L'altération de la synergie et de la communication dans le cockpit pourrait s'expliquer par le cumul des fonctions de CB et PF qui, dans ce cas, pourrait avoir comme conséquences :

la manifestation d'un *cockpit autocratique*¹³ qui se caractérise ici par :

- une différence d'expérience dans le pilotage du C 130 entre le PF et le PNF (le CB possède une plus grande expérience sur cet avion) ;
- dans la phase de récupération possible de la situation, une soumission apparente du PNF avec son désengagement (non formulation du désir de remise des gaz) pour finalement adopter la décision du PF.

ou la manifestation d'un *cockpit égocentré*¹⁴ qui se caractérise ici par :

- une communication très limitée doublée d'une absence de questionnement de l'équipage dans une phase qui va en se dégradant.

L'hypothèse d'un défaut ponctuel de synergie et de communication au sein de l'équipage est retenue.

Faible contraste des couleurs

L'atterrissage est prévu à 16h40. A cet instant, le soleil présente un azimut de 237°,75 et une élévation de 31,81°. Le pilote et certains membres de l'équipage estiment que ce soleil intense et rasant les a gênés pour acquérir le visuel de la piste. Comme le présente la photographie page 17, le contraste de couleurs entre la piste et les abords est peu marqué. Ce contraste chromatique faible associé à une forte luminosité peut expliquer une partie des difficultés qu'a eu le pilote pour acquérir le visuel de la piste.

Les conditions de forte luminosité conjuguées à un faible contraste chromatique ont probablement favorisé la survenue de l'événement.

¹³ cockpit autocratique = cockpit où le leader agit sans tenir compte des autres.

¹⁴ Cockpit égocentré = cockpit où chacun travaille dans son coin.

2.3.3.3. Supervision et influences organisationnelles

Organisation des missions

La planification de missions dites « à tiroirs » sur le théâtre répond à une volonté d'optimiser les moyens aériens disponibles dans un contexte opérationnel très chargé. Ces missions, dans un contexte d'urgence, peuvent recéler des difficultés peu ou pas prévisibles.

Elles augmentent les niveaux de stress et de fatigue en diminuant les capacités de concentration des équipages.

Les missions à « tiroirs » comportent en leur sein, par les niveaux de stress, de fatigue et de concentration sollicités, les conditions propices à ce genre d'événement.

Adaptation de l'aéronef à la mission

La mauvaise qualité du téléphone de bord, très bruyant en vol, entraîne une limitation des communications au sein de l'équipage. Une meilleure communication lors du transit entre les zones de largages et TOMBOUCTOU aurait permis une analyse et une préparation plus efficace de la dernière étape de la mission.

L'absence de visualisation tête haute (VTH) n'a pas permis d'empêcher le dépassement de l'axe d'atterrissage.

La mauvaise qualité du téléphone de bord ainsi que l'absence de moyens de navigation moderne précis et intégrés n'ont pas permis d'empêcher cet incident.

Ambiguïté des consignes

L'équipage est confronté à une menace sol/air latente. Comme les dérogations le lui permettent, il rejoint le terrain à très faible hauteur dès la fin du deuxième largage.

L'équipage rend prépondérante la gestion du risque opérationnel au détriment de sa sécurité aérienne. Outre le risque qu'il court, il augmente la fatigue liée au vol très faible hauteur à celle induite par la succession de missions sur le théâtre.

L'équipage confronté à une consigne imprécise ne fait pas un choix opportun et passe une longue période fatigante et exigeante à très faible hauteur.

Cadence opérationnelle

Les membres d'équipages ont été affectés en opération pendant environ 120 jours en 2013. L'actualité ne dément pas cette cadence pour 2014. Hors de France, l'équipage est soumis à un rythme soutenu de missions exigeantes. La veille de l'événement, l'équipage a effectué un vol de nuit et s'est couché vers 2h00 du matin. La mission a été déclenchée sur alerte vers 9h00.

Le rythme des activités opérationnelles sur le théâtre a pu affecter les équipages sur les plans physique, émotionnel et potentiellement familial.

3. CONCLUSION

L'incident grave est une erreur d'exécution en très courte finale non stabilisée. Il fait suite à une absence de remise des gaz à l'issue d'un départ tardif en dernier virage.

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

L'équipage du jour de l'événement est très expérimenté sur le théâtre.

La veille, ils ont effectué un vol de nuit et le jour de l'événement ils se sont couchés vers 2h00 du matin. Ils sont informés de la mission le matin à 9h30.

Durant la préparation du vol, ils apprennent qu'ils devront réaliser un deuxième largage puis se poser à Tombouctou.

Ils décollent à 14h30 et se dirigent au Fl 115 vers le nord du Mali pour effectuer les deux largages en basse altitude. A l'issue, l'équipage rejoint la ville de Tombouctou à 100 ft/sol et en ligne quasi droite.

A quelques minutes de la ville, un rapide briefing permet de statuer sur le sens probable de la piste et sur le type d'approche retenu en prenant en compte la menace sol/air probable.

Deux minutes avant l'atterrissage, un contact radio confirme le sens de la piste et sa disponibilité.

Le PF-CB évite la ville en la contournant pas le nord-ouest et met le cap direct sur l'étape de base pour la 07.

Le pilote annonce qu'il a visuel de la tour de contrôle ce que l'équipage prend pour un visuel de la piste ou des installations.

Gêné par la lumière rasante, la très basse altitude et les tons ocre de la région et de la piste, il tarde à partir en dernier virage.

L'avion se retrouve vertical le POR avec une divergence au cap d'une vingtaine de degrés avec l'axe de la piste. Le PNF pense à une remise de gaz, mais le PF annonce au même moment qu'il se pose.

Le PF agissant par automatisme entreprend deux manœuvres très près du sol pour se ré axer et se poser. Lors du dernier virage à droite, le saumon de l'aile droite effleure le sol.

3.2. Causes de l'événement

L'analyse développée au chapitre précédent a mis en évidence une erreur d'exécution en très courte finale non stabilisée, lors d'un poser sur un terrain connu avec une approche à très faible hauteur.

Cette erreur d'exécution trouve son origine dans un excès de confiance ayant généré des approximations dans la préparation de l'atterrissage, puis lors de la finale.

Elle s'accompagne d'une sous-estimation par le CDB des difficultés spécifiques à une arrivée très faible hauteur par le nord des installations, compte tenu de la luminosité à cette heure de la journée et de l'anticipation nécessaire pour une arrivée à 100° de l'axe de piste.

L'absence de prise de repère précis par le PF autre que la tour de contrôle pour localiser la piste a entraîné une altération de la conscience de l'orientation spatiale du pilote en rapport avec la position réelle de la piste. La découverte tardive du seuil 07 ne lui a pas permis de partir à temps en dernier virage.

L'absence d'annonce de remise des gaz par le PNF suite à la rupture de la synergie d'équipage en très courte finale, phase considérée comme critique lors de toute manœuvre d'atterrissage, n'a pas permis d'éviter l'événement.

Enfin, le dernier virage à droite à une inclinaison de 19° amène l'aile droite en contact avec le sol.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Procédure d'arrivée tactique à très faible hauteur

La difficulté que représente une approche désaxée avec pour seul virage la prise de cap sur la piste doit être compensée par une préparation de points clefs. Cette préparation doit permettre un cheminement précis de point de repère en point de repère qu'ils soient physiques ou issus du système GPS ou INS intégrée, recalée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

au commandement des opérations spéciales d'étudier les arrivées tactiques à très faible hauteur sur les terrains reconnus ou pas en territoire hostile en collaboration avec l'armée de l'air et soumettre les résultats à l'institut de recherche biomédicale des armées.

Communication, synergie et gestion des ressources au sein de l'équipage

La sécurité d'exécution d'un atterrissage sur un terrain précédé d'une approche à très faible hauteur repose sur un dialogue opportun au sein de l'équipage.

Le rappel des consignes de remise de gaz lors de la présentation sur le terrain permet de recentrer l'attention et de faciliter la prise de décision en phase critique. De même, l'absence d'acquisition des références extérieures, à des points ou des distances clefs, lorsqu'elle survient, doit impérativement être annoncée sans délai par le pilote aux commandes sous peine de rompre la synergie d'équipage et, in fine, compromettre la sécurité en phase critique près du sol.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air et au commandement des opérations spéciales de sensibiliser les équipages sur les risques encourus en cas de rupture du dialogue, en particulier en phase critique près du sol, en assurant la plus large diffusion de cet événement et en intégrant, en relation avec l'institut des recherches biomédicales des armées, ce cas concret dans les formations de type *crew resources management (CRM)*.

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

Amélioration possible de l'interface homme/machine

L'unité évolue sur plusieurs types d'aéronefs dont le C 130. Les équipages n'ayant connu que cet avion sont rares. La plupart sont expérimentés sur C 160. Le Transall dispose de moyens qui permettent d'alléger le travail de l'équipage lors de missions très exigeantes dévolues à ce type d'unité : un téléphone de bord correspondant au standard actuel et un dispositif de navigation précis englobant un affichage VTH au profit du pilote.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air en collaboration avec le commandement des opérations spéciales et la direction générale de l'armement, d'étudier l'accélération du programme de retrofit des C 130 Hercules.

Mise en conformité de la documentation

Conformément à l'extrait du REAT qui figure en annexe du présent rapport, il est mentionné que lors de l'emploi en norme particulière des équipages et des aéronefs de transports, la hauteur la plus basse à laquelle ces derniers peuvent évoluer ne peut être inférieure de jour à 150 ft/sol. Les dérogations accordées en opération sont inférieures à cette limite.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

au commandement des opérations spéciales, en liaison avec le commandement des forces aériennes, et conformément à la politique de gestion du risque adoptée par l'armée de l'air, de mettre en cohérence le chapitre traitant de la norme particulière 070315 du REAT 2014 avec la prise en compte des besoins opérationnels du COS.

ANNEXE

ANNEXE extrait règles d'emploi des équipages transport de juin 2014.....38

ANNEXE

extrait règles d'emploi des équipages transport de juin 2014

3.1.5 VOL EN CAM T

Se référer au RCAM. La CAM T s'applique à tous les vols qui, pour des besoins d'entraînement ou pour des raisons techniques ou opérationnelles ne peuvent être effectués ni en CAM V ni en CAM I et sont exécutés soit :

- à l'intérieur d'espaces réservés (où elle remplace la CAM C);
- en dehors d'espaces réservés dans des conditions spécifiques (ou elle remplace la CAM V).

La CAM T ne s'applique pas aux vols de liaison.

Les autorités chargées d'élaborer les exercices ou d'ordonner des vols exécutés selon les règles de la CAM T définissent les niveaux minimaux adaptés à chaque exercice ou mission ordonnée.

Les aéronefs en CAM T ne volent pas au-dessous du niveau minimal suivant :

Normes standard :

- Hauteur minimale d'exécution des manœuvres tactiques définies par les MET si elle existe
- A défaut :

Jour	330 ft
Nuit	1000 ft

Norme particulière 07 03 15

Pour les vols d'entraînement et missions particulières, l'autorité en charge de l'exercice ou exerçant l'OPCON de l'aéronef peut définir dans les ordres et directives, après avis de la BAAP, des valeurs qui ne seront jamais inférieures à :

Jour	150 ft
Nuit	500 ft