



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 20 juillet 2009

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2008-012-A

Date de l'événement	28 août 2008
Lieu	15 km sud Bouaké (République de Côte d'Ivoire)
Type d'appareil	Gazelle SA 341 F2
Immatriculation	FMCPK
Organisme	BATALAT Licorne
Unité	Escadrille d'hélicoptères mixte de Bouaké

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

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

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

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 de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page 1 : SIRPA terre.

Page 9 : extrait carte aéronautique du DETALAT.

Pages 15, 17, 18, 22, 29 : BEAD-air.

Pages 27, 28 : documentation technique Gazelle.

Page 21 : Google earth.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
GLOSSAIRE	6
SYNOPSIS	8
1. Renseignements de base	9
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Mission	9
1.1.2. Déroulement	9
1.1.3. Localisation	10
1.2. Tués et blessés	10
1.3. Dommages à l'aéronef	11
1.4. Autre dommage	11
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	11
1.5.2. Autre personnel	12
1.6. Renseignements sur l'aéronef	12
1.6.1. Maintenance	13
1.6.2. Performances	13
1.6.3. Masse et centrage	13
1.6.4. Carburant	14
1.6.5. Autres fluides	14
1.7. Conditions météorologiques	14
1.7.1. Prévisions	14
1.7.2. Observations	14
1.8. Aides à la navigation	14
1.9. Télécommunications	14
1.10. Enregistreurs de bord	15
1.11. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	15
1.12. Examen de l'épave	17
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.13.1. Le pilote commandant de bord	18
1.13.2. Le pilote	19
1.14. Incendie	19
1.15. Survie des occupants	19
1.15.1. Secours aux victimes	19
1.15.2. Organisation des secours	19
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	20
1.18. Renseignements supplémentaires	20
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	20
2. Analyse	21
2.1. Contexte opérationnel	21
2.1.1. Les zones de travail	21
2.1.2. La mission	21
2.2. Déroulement de l'événement	22
2.3. Élaboration des hypothèses	23
2.3.1. Prise à parti par des tirs d'armes légères	23
2.3.2. Malaise en vol d'un des membres d'équipage	24
2.3.3. Application d'une procédure de secours liée à une panne majeure	24
2.3.4. Raté d'exécution au cours d'une évolution	25
2.3.5. Coupure involontaire de la génération hydraulique	26
3. Conclusion	30
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	30
3.2. Causes de l'événement	30
4. Recommandations de sécurité	31

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	31
4.1.1. Rappel des règles de vol	31
4.1.2. Ergonomie de l'interrupteur « coupure générale hydraulique »	31
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	31
4.2.1. La balise de détresse	31
4.2.2. Les enregistreurs de bord	32
ANNEXES	33
ANNEXE 1 Croquis du positionnement des débris et de l'épave	34
ANNEXE 2 Description détaillée des dégâts occasionnés	35

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photographies

Vue d'ensemble de la zone de l'accident.....	15
L'épave sous divers angles	17
Photos de l'interrupteur général de coupure hydraulique.....	18
Trajectoire probable	22
Interrupteurs du manche pilote.....	29

Schémas

Synoptique de la génération hydraulique sur Gazelle.....	27
Interfaces pilote/machine du système hydraulique	28

Cartes

Carte des zones de vol d'entraînement.....	9
Transcription de la trajectoire GPS	21

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation légère de l'armée de terre
BATALAT	Bataillon de l'aviation légère de l'armée de terre
BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
BKN	Nuages morcelés - nébulosité : 5 à 7 octats
BSV	Bureau sécurité des vols
BTA	Boîte de transmission arrière
BTI	Boîte de transmission intermédiaire
BTP	Boîte de transmission principale
CAM	Circulation aérienne militaire
CB	Commandant de bord
CEAT	Centre d'essais aéronautique de Toulouse
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
COMALAT	Commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
COSPAS	Système spatial de recherche des navires en détresse (Russe)
CVR	<i>Cockpit voice recorder</i> - Enregistreur de voix
DETALAT	Détachement de l'aviation légère de l'armée de terre
EAALAT	Ecole d'application de l'aviation légère de l'armée de terre
EHM	Escadron hélicoptères mixte
EVASAN	Evacuation sanitaire
FAS	Filtre anti sable
FDR	<i>Flight data recorder</i> - Enregistreur de paramètres de vol
ft	<i>Feet</i> - Pied (1 ft \approx 0,30 mètre)
GPS	<i>Global positioning system</i> - Système mondial de positionnement par satellite
GTM	Groupe turbo moteur
GV	Grande visite
HIA	Hôpital d'instruction des armées
hPa	Hectopascal
IP	<i>Initial point</i> - Point initial
kt	<i>Knots</i> - Nœuds (1 kt \approx 1,852 km/h)
mb	Millibar - 1 mb = 1 hPa

MRA	Moyeu rotor arrière
MRP	Moyeu rotor principal
Nm	<i>Nautical mile</i> - Mille nautique (1 Nm = 1852 mètres)
NTI	Niveau technique d'intervention
PCB	Pilote commandant de bord
PG	Pas général
Pil	Pilote
PMC	Puissance maximale continue
PMU	Puissance maximale d'urgence
PO	Pilote opérationnel
RAC	Rotor anti couple
RAPASAN	Rapatrié sanitaire
RG	Révision générale
RHC	Régiment d'hélicoptères de combat
SAR	<i>Search and rescue</i> - Recherche et sauvetage
SARSAT	<i>Search And Rescue Satellite Aided Tracking</i> - Satellite équipé d'instruments de recherche et de sauvetage
SAS	Système d'augmentation de stabilité
SEA	Service des essences des armées
SPAD	Système perfectionné anti dérapant
TR0	Kérosène
VOLTAC	Vol tactique
VP	Visite périodique
VSU	Visite semestrielle en unité

SYNOPSIS

Date de l'événement : le 28 août 2008 à 16 h 38.

Lieu de l'événement : 15 km au sud de la ville de Bouaké en République de Côte d'Ivoire.

Organisme : aviation légère de l'armée de terre.

Commandement organique : force Licorne.

Unité : bataillon de l'aviation légère de l'armée de terre (BATALAT) Licorne.

Aéronef : hélicoptère Gazelle SA 341 F2.

Nature du vol : vol d'entraînement à la navigation tactique.

Nombre de personnes à bord : 1 pilote commandant de bord et 1 pilote en fonction.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Un hélicoptère de type Gazelle SA 341 F2 effectuant un entraînement à la navigation tactique dans le sud de Bouaké entre en collision avec le sol. L'aéronef est détruit et les deux pilotes sont grièvement blessés.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense-air (BEAD-air).
- Un officier moniteur pilote ayant une expertise sur hélicoptère Gazelle.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur hélicoptère Gazelle.
- Un officier médecin ayant une expertise en médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- Centre d'essais des propulseurs de Saclay (CEPr).
- Centre d'essais aéronautique de Toulouse (CEAT).
- Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).

Déclenchement de l'enquête technique

Le bureau sécurité des vols (BSV) du commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (COMALAT) a alerté le BEAD-air dès qu'il a eu connaissance de l'événement, le 28 août 2008 en fin de soirée.

Un directeur d'enquête technique a été désigné.

Un expert pilote, un expert mécanicien et un expert médecin, tous les trois basés à Abidjan, lui ont été associés

Le directeur d'enquête technique a rejoint la Côte d'Ivoire par voie aérienne civile le 30 août 2008.

Enquête judiciaire

Les premiers actes judiciaires ont été réalisés sur le site même de l'accident par les prévôts de Bouaké. Ceux-ci ont ensuite transmis le dossier vers le procureur de la République près le tribunal aux armées de Paris.

Le parquet du tribunal aux armées de Paris s'est saisi de l'affaire.

Un officier de police judiciaire de la section judiciaire de la gendarmerie de l'air de Balard a été commis.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : gerfaut 12.

Type de vol : CAM.

Type de mission : entraînement à la navigation tactique.

Dernier point de départ : détachement interarmées de Bouaké.

Heure de départ : 15 h 26.

Point d'atterrissage prévu : détachement interarmées de Bouaké.

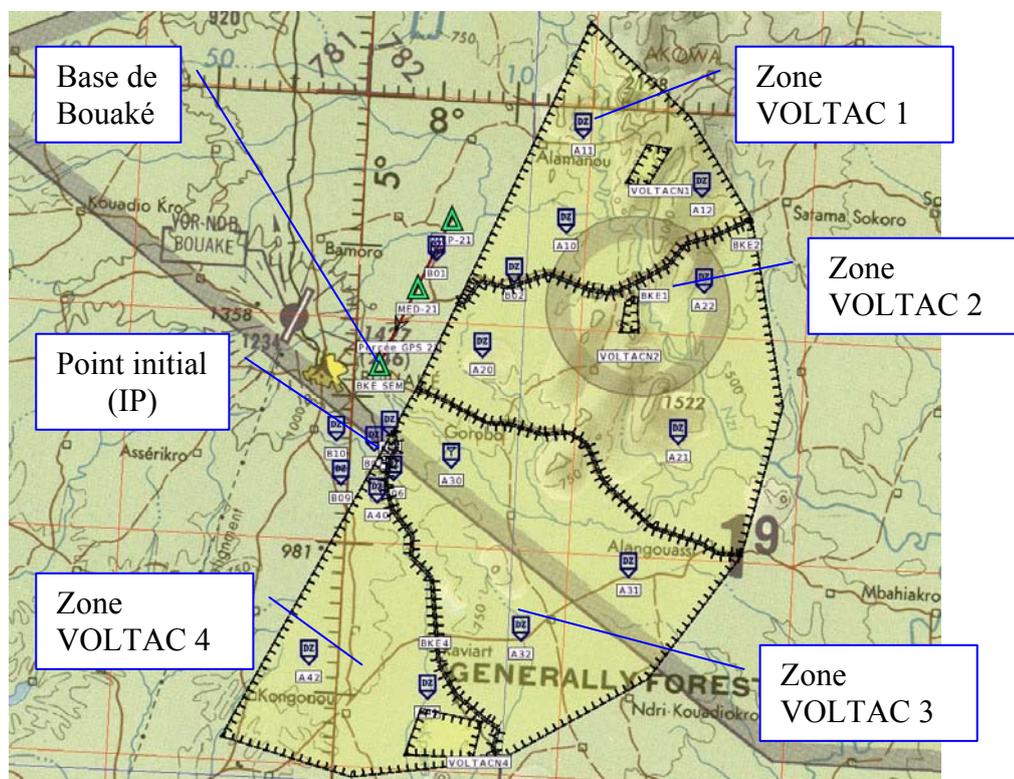
1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le briefing mission a été réalisé par le jeune pilote. L'équipage a ensuite effectué toutes les étapes de procédures avant de décoller à l'heure prévue.

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

Le vol consiste à effectuer une navigation tactique (hauteur de vol comprise entre 0 et 50 mètres/sol) en « zone 4 » des zones de Bouaké.



Carte des zones de vol d'entraînement

Après le décollage, l'aéronef rejoint le point initial (IP) à une hauteur de sécurité de 100 mètres/sol, avant de descendre pour débiter la partie tactique de la navigation.

Le trajet initialement prévu est réalisé dans le sens antihoraire. L'équipage effectue également des passages de reconnaissance des différentes zones de poser d'urgence qui se trouvent à proximité de leur trajectoire.

Après 1 heure et 10 minutes de vol, l'appareil rejoint le point initial où le pilote commandant de bord (PCB) effectue le message de position.

La Gazelle entame alors la branche retour vers la base de Bouaké. Sur cette branche finale, 3 km après avoir passé le point initial, l'hélicoptère vire à gauche pour rejoindre une zone de rizières située à 1 km par le travers gauche.

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

La partie significative de la trajectoire avant l'impact a pu être reconstituée grâce aux témoignages de trois Ivoiriens et aux informations enregistrées dans le récepteur GPS emporté par l'équipage.

Après avoir survolé les obstacles d'entrée de la rizière (supérieurs à 40 mètres/sol), l'hélicoptère descend vers une hauteur de 25 mètres/sol à une vitesse de 180 km/h survolant ainsi la rizière d'est en ouest.

Après avoir survolé les trois quarts de la rizière, il vire à droite, effectuant un demi-tour au cours duquel il percute le sol.

1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : République de Côte d'Ivoire ;
- commune : Raffierkro ;
- coordonnées géographiques:
 - N 07°34'45'' ;
 - E 005°00'10''.
- altitude du lieu de l'événement : 250 mètres.

– Moment : jour.

– Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Bouaké à 20 km dans le 350° du lieu de l'événement.

1.2. Tués et blessés

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4. Autre dommage

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Pilote commandant de bord

- Age : 31 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : 3^{ème} régiment d'hélicoptères de combat (RHC) d'Etain.
- Formation :
 - qualification : pilote de combat et PCB sur hélicoptère Gazelle ;
 - école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EAALAT) de Dax.
 - année de sortie d'école : 1998.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur SA341	Sur tous types	Dont sur SA341	Sur tous types	Dont sur SA341
Total (h)	1905,2	1325,1	91,9	44,7	15,7	2,6
Dont nuit	314,5	209,5	14,3	7,5	2,1	0,3
Dont VSV	125,1				1,3	

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 20 août 2008 ;
 - de nuit : 20 août 2008.
- Carte de circulation aérienne :
 - type : vol aux instruments en circulation aérienne militaire ;
 - date d'expiration : 9 juin 2009.

1.5.1.2. Pilote

- Age : 24 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : 3^{ème} RHC d'Étain.
- Formation :
 - qualification : pilote de combat sur hélicoptère Gazelle ;
 - école de spécialisation : EAALAT de Dax ;
 - année de sortie d'école : 2007 ;
 - heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur SA341	Sur tous types	Dont sur SA341	Sur tous types	Dont sur SA341
Total (h)	297,6	202,6	90,4	48,3	14,4	7,8
Dont nuit	45,6	27,9	18,3	12,9	3,3	2,8
Dont VSV	35,4				2,1	0,8

- Date du dernier vol comme pilote : 27 août 2008 :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 20 août 2008 ;
 - de nuit : 27 août 2008.
- Carte de circulation aérienne :
 - type : vol aux instruments en circulation aérienne militaire ;
 - date d'expiration : 27 juin 2008.

1.5.2. Autre personnel

Néant.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre.
- Commandement organique d'appartenance : aviation légère de l'armée de terre.
- Base aérienne de stationnement : détachement interarmées de Bouaké.
- Unité d'affectation : escadrille d'hélicoptères mixte de Bouaké.
- Type d'aéronef : Gazelle SA 341 F2
 - configuration : filtre anti sable, platine canon, viseur clair T200, viseur d'observation ATHOS ;
 - armement : sans objet.

– Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 341 F2	1152	7519,3	EMJ ¹ : 2559	VP ² : 393,3
Moteur	Astazou III C2	282/5052	7043,3	RG ³ : 1369,3	VP ² : 393,3

1.6.1. Maintenance

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

Dernières interventions techniques :

- sur la cellule, du 6 au 12 août 2008 à 2547,1 heures de vol cellule ;
- sur le groupe turbomoteur (GTM), le 9 août 2008 à 1357,4 heures de vol moteur.

1.6.2. Performances

Les réglages moteurs sont cohérents pour l'emploi de cet appareil dans les conditions du jour :

- une température de 30°C ;
- une altitude pression de 300 mètres.

1.6.3. Masse et centrage

1.6.3.1. Masse et centrage au décollage

- La masse à vide équipée (fiche de pesée du 15/08/08) : 1362 kg.
- La masse du carburant au décollage (inscrite sur la formule 11) : 280 kg.
- La masse équipage (prise en compte 100 kg / pilote équipé) : 200 kg.
- Le fret en soute est estimé à : 36 kg.
- Le devis de masse au décollage est de : 1878 kg (le devis de masse équipage inscrit sur la formule 10 est de : 1850 kg).
- Le calcul du centrage au décollage est de : 2,89 m (la norme étant entre 2,80 et 3,14 m).

1.6.3.2. Masse et centrage estimés au moment de l'accident

- La masse du carburant restant à bord après 1 heure et 10 minutes de vol : 136 kg.
- Les autres paramètres étant inchangés, le devis de masse au moment de l'accident : 1734 kg.
- Le calcul du centrage au moment de l'accident : 2,89 m (la norme étant entre 2,80 et 3,14 m).

¹ EMJ = Entretien majeur

² VP = visite périodique

³ RG = révision générale

1.6.4. Carburant

Pour les appareils militaires basés en Côte d'Ivoire, le carburant est fourni par le service des essences des armées (SEA) :

- type de carburant utilisé : F35 ;
- quantité de carburant au décollage : 350 litres ;
- quantité de carburant restant au moment de l'événement : 170 litres.

1.6.5. Autres fluides

- Les résultats d'expertise des huiles des ensembles mécaniques (BTP, BTI, BTA, GTM) sont conformes aux normes spécifiées.
- Les résultats d'expertise de l'huile du circuit hydraulique sont conformes aux normes spécifiées.
- Le témoin de colmatage hydraulique n'est pas apparent.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Pour l'après midi du 28 août 2008, les prévisions étaient :

- la température comprise entre 28°C et 31°C ;
- le vent venant du sud/sud-ouest avec une force allant de 5 kt au sol à 15 kt à 200 ft ;
- une couverture nuageuse morcelée est prévue à partir de 1200 ft ;
- la visibilité de 8 km ;
- des nuages d'orage (cumulonimbus) en fin de journée de façon temporaire et localisée.

1.7.2. Observations

Les conditions météorologiques observées ce jour là étaient conformes aux prévisions.

1.8. Aides à la navigation

- Un calculateur GPS équipant l'aéronef n'a pas été mis en fonctionnement par l'équipage au cours de cette mission.
- Un calculateur GPS mobile de type Garmin, modèle GPSMAP 96 (S/N : 74302638), présent à bord de l'aéronef, était en fonctionnement au cours de cette mission. Ce dernier a pu être expertisé au BEA (Le Bourget) et a permis de retranscrire la trajectoire de l'aéronef jusqu'au moment de l'accident.

1.9. Télécommunications

- Les moyens radios de la Gazelle fonctionnaient de façon nominale. L'équipage a émis son dernier message, vers les « opérations » du camp de Bouaké, quelques minutes avant l'accident, afin de signaler le passage au point initial en retour vers la base.
- Le PCB était en possession du téléphone portable de mission.

1.10. Enregistreurs de bord

L'aéronef n'est pas équipé d'enregistreurs de paramètres (FDR, CVR).

1.11. Renseignements sur l'épave et sur l'impact

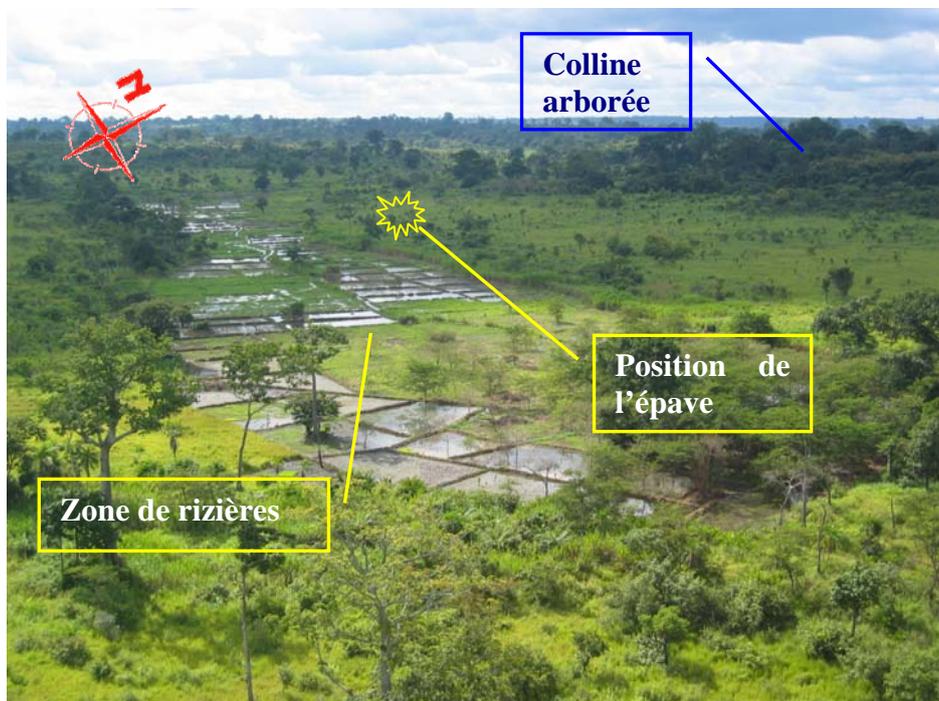
Les experts, pilote et mécanicien, se sont rendus dès le lendemain sur les lieux de l'accident afin de mettre en œuvre les mesures conservatoires et de réaliser les premières constatations.

Cependant, ils ont noté que la zone avait subi une pollution due à :

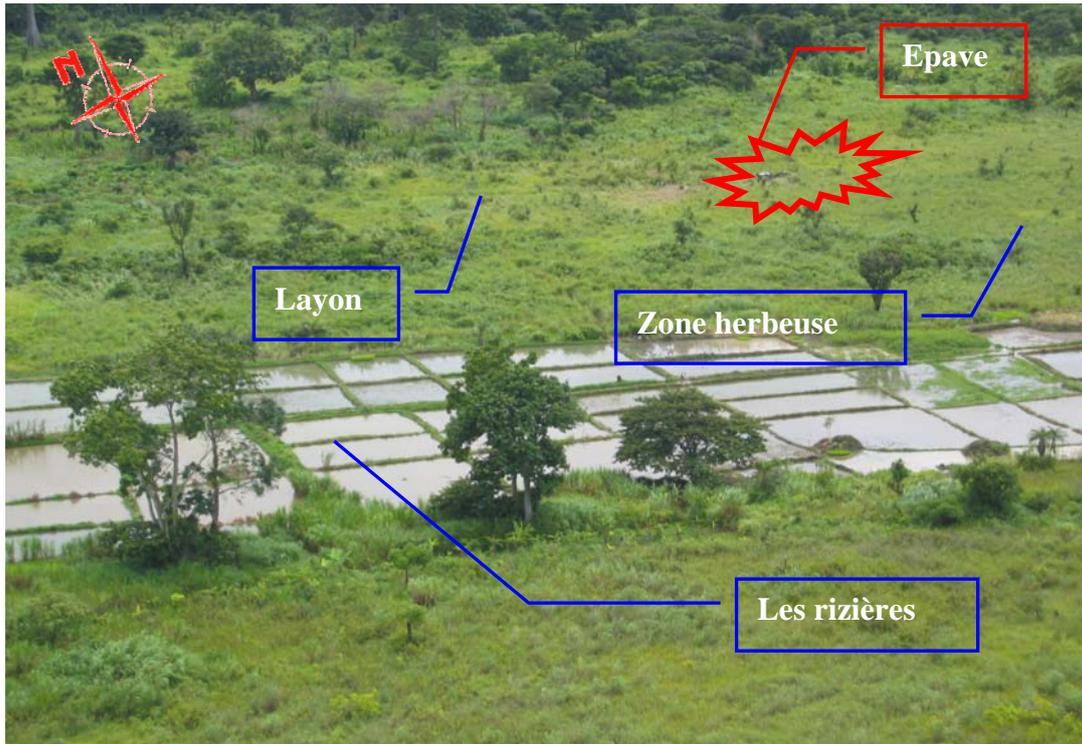
- l'intervention des sauveteurs ;
- l'atterrissage d'un hélicoptère d'intervention ayant déployé des commandos en charge de sécuriser la zone ;
- la présence de badauds ;
- l'action de la prévôté dans le cadre de l'enquête judiciaire.

Néanmoins, le commandant de l'escadrille d'hélicoptères mixte de Bouaké, est arrivé rapidement sur place. Il a pu réaliser un grand nombre de photos et établir un croquis de la zone en situant les différents points d'impacts supposés ainsi que la majorité des débris de l'aéronef et objets divers.

La zone de l'accident se caractérise par un thalweg évasé orienté est-ouest avec en son point le plus bas une série de rizières bordées par des grands arbres. Du côté nord des rizières, le sol remonte légèrement. Il s'agit d'une première zone partiellement dégagée mais couverte d'herbes hautes, d'arbustes et d'arbres épars. En remontant vers la ligne de crête au nord, le dénivelé est plus marqué et la végétation plus importante. Au nord de cette zone, on trouve un village à environ deux kilomètres.



Vue d'ensemble de la zone de l'accident



Zone de l'épave

Les débris de l'aéronef sont répartis sur une zone d'environ cinquante mètres de long et vingt mètres de large.

Le croquis du positionnement des débris et de l'épave fait l'objet de l'annexe 1.

En début de zone, on retrouve un premier éclat puis le sabot arrière de poutre de queue. Environ dix mètres devant et légèrement désaxée à droite, une zone d'environ huit mètres est labourée, des éclats de structure en nids d'abeille et de pales y sont retrouvés.

A vingt mètres du premier impact supposé, une zone circulaire est complètement désherbée et labourée. A cet endroit, on retrouve : une multitude de débris de plexiglas correspondant aux deux bulles avant de la cabine, le compas de secours ainsi que la casquette de la planche de bord.

Quatre mètres plus loin, un taillis d'environ deux mètres de haut est resté intact, la trousse traumatisme y est retrouvée.

Un peu plus loin et légèrement à droite de l'axe sont retrouvés étalés sur dix mètres, la hache de bord, le corps du viseur d'observation, la porte cabine droite, une demi partie du filtre anti sable, le berceau support canon, le bras porte oculaire du viseur d'observation, la jambe de train avant droite.

Puis, dix mètres après le taillis, la partie centrale de l'aéronef est posée sur le flanc droit. L'ensemble boîte de transmission principale (BTP), moyeu rotor principal (MRP) et les trois pales sont restés solidaires.

La poutre de queue repose en un seul morceau, sur le flanc gauche, juste devant la partie centrale. Le fenestron repose sur la planche de bord et sur la porte cabine gauche.

Le GTM est retrouvé avec ses capotages à moins de deux mètres à droite de la poutre de queue.

Le siège pilote (place droite) est retrouvé environ six mètres devant l'épave.

1.12. Examen de l'épave

La collision de la Gazelle avec le sol a eu pour conséquence la destruction de l'aéronef. La description détaillée des dégâts occasionnés fait l'objet de l'annexe 2.



L'épave sous divers angles

La position des commandes de vol, des interrupteurs et les indications des instruments de vol apportent des informations sur les derniers instants du vol.

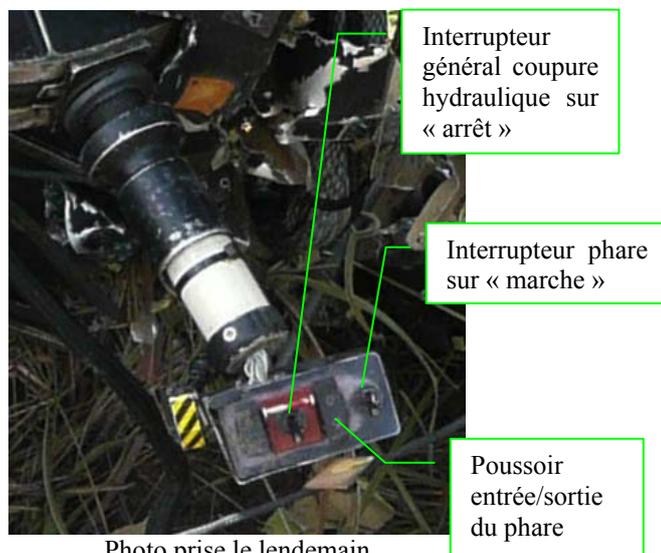
- Les commandes de vol :
 - la commande de pas général est retrouvée plein petit pas ;
 - les palonniers sont retrouvés dans la position complètement enfoncés à gauche.
- les commandes du bloc manettes :
 - la manette de débit est plein avant dans son cran en régime vol ;
 - la manette coupe feu est en avant et freinée (position normale) ;
 - le frein rotor est en position plein avant, position vol ;
 - les positions des manettes principales sont conformes à la position vol.
- Les instruments de vol :
 - l'indicateur couple mètre : l'aiguille est restée bloquée à 108% ;
 - la sonde altimétrique : l'aiguille est restée bloquée à une hauteur sol de 6 mètres ;
 - l'altimètre indique 250 mètres à 1012 hPa ;

- le compas gyromagnétique indique sensiblement un cap au 065°.
- Les interrupteurs :
- les interrupteurs sont en position normale de vol : commandes GTM, pompe carburant, SAS, générations électriques, éclairages ;
 - seule la position de l'interrupteur général coupure hydraulique ne peut être déterminée avec certitude. En effet, sa position n'est pas visible sur les différentes photos prises le soir même de l'accident (accumulation de terre sablonneuse entre l'interrupteur et le système de protection). Lors de l'inspection de l'épave le lendemain après midi, il est retrouvé sur arrêt. Cependant, cette position n'est pas fiable car beaucoup de personnes ont eu accès à l'épave et la position de certaines commandes ont évolué par rapport aux photos de la veille (calage altimétrique, interrupteur armement).



Interrupteur
général coupure
hydraulique

Photo prise le soir même de l'accident



Interrupteur
général coupure
hydraulique sur
« arrêt »

Interrupteur phare
sur « marche »

Poussoir
entrée/sortie
du phare

Photo prise le lendemain

Photos de l'interrupteur général de coupure hydraulique

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

Les deux blessés ont reçu les soins destinés à stabiliser leurs blessures à l'antenne chirurgicale d'Abidjan, avant leur rapatriement sanitaire, par voie aérienne civile, vers l'hôpital d'instruction des armées de Percy.

1.13.1. Le pilote commandant de bord

- Dernier examen médical :
- type : visite systématique unité (VSU) ;
 - date : 2 juin 2008 ;
 - résultat : apte par dérogation (port de verres correcteurs obligatoire en vol et emport d'une paire de lunettes de secours) ;
 - validité : 24 mois.
- Examens biologiques : néant.

- Blessures:
 - traumatisme de la hanche droite ;
 - traumatisme facial ;
 - traumatisme cervical ;
 - traumatisme de la jambe droite ;
 - traumatisme crânien avec amnésie.

1.13.2. Le pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique unité (VSU) ;
 - date : 9 octobre 2007 ;
 - résultat : apte ;
 - validité : 24 mois.
- Examens biologiques : néant.
- Blessures :
 - traumatisme du membre inférieur droit ;
 - traumatisme de l'épaule droite ;
 - traumatisme crânien avec amnésie.

1.14. Incendie

Néant

1.15. Survie des occupants

1.15.1. Secours aux victimes

Le pilote, assis en place droite, a été éjecté avec son siège vers l'avant.

Le PCB est demeuré attaché à son siège dans l'épave.

Les témoins ivoiriens, présents à proximité de la zone de l'accident, sont intervenus rapidement pour porter secours aux deux pilotes blessés et les éloigner de l'épave.

Les ivoiriens ont ensuite rapatrié les deux pilotes, en véhicule personnel, vers la base militaire de Bouaké où ils ont été pris en charge par les services médicaux avant d'être rapatriés sur l'hôpital militaire de la force Licorne à Abidjan.

1.15.2. Organisation des secours

Alerté par l'officier adjoint aux opérations de l'EHM du retard de « gerfaut 12 », le commandant d'escadrille a procédé au déclenchement d'une mission de recherche et sauvetage (SAR).

Après vérification auprès du centre de Toulouse en charge de la surveillance du système COSPAS-SARSAT, aucun signal de balise de détresse n'avait alors été détecté.

La Gazelle effectuant la mission SAR a mis le cap en direction du « point initial », dernier point de contact de « gerfaut 12 ».

C'est en approchant de ce point, que l'équipage de secours a repéré l'épave et a procédé à un atterrissage à proximité de la zone de l'accident.

Il a pu alors se rendre compte de la présence de nombreux civils ivoiriens et a été informé par ces mêmes civils du rapatriement des blessés par voie routière.

1.16. Essais et recherches

Une vérification de la détection satellitaire de la balise de détresse par le centre COSPAS-SARSAT de Toulouse a été organisée et a permis de confirmer :

- le bon fonctionnement de la balise concernée ;
- la détection du signal dans la région de Bouaké.

La lecture de la mémoire du GPS a été réalisée au BEA.

1.17. Renseignements sur les organismes

Le détachement du 3^{ème} RHC d'Étain a pris ses quartiers en Côte d'Ivoire au début du mois d'août.

1.18. Renseignements supplémentaires

L'épave est demeurée sous surveillance militaire sur le site même de l'accident pendant 7 jours, en raison de la difficulté d'accès pour les véhicules lourds. En effet, un véhicule s'est embourbé et un autre s'est renversé en tentant de rejoindre le site de l'accident.

L'évacuation de l'épave s'est donc faite par hélicoptage (« *sling* ») vers le site de Bouaké où elle a été conditionnée afin de rejoindre la France par voie maritime.

Au cours des diverses manipulations sur le site, certaines pièces ont été perdues, dont le boîtier de commande de l'interrupteur de coupure générale de l'hydraulique. Celui-ci n'a donc pas pu être expertisé.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Une reconstitution de la fin de navigation a été réalisée par un équipage composé de l'expert pilote et du moniteur pilote de Bouaké en présence des témoins afin de valider leurs témoignages.

2. ANALYSE

2.1. Contexte opérationnel

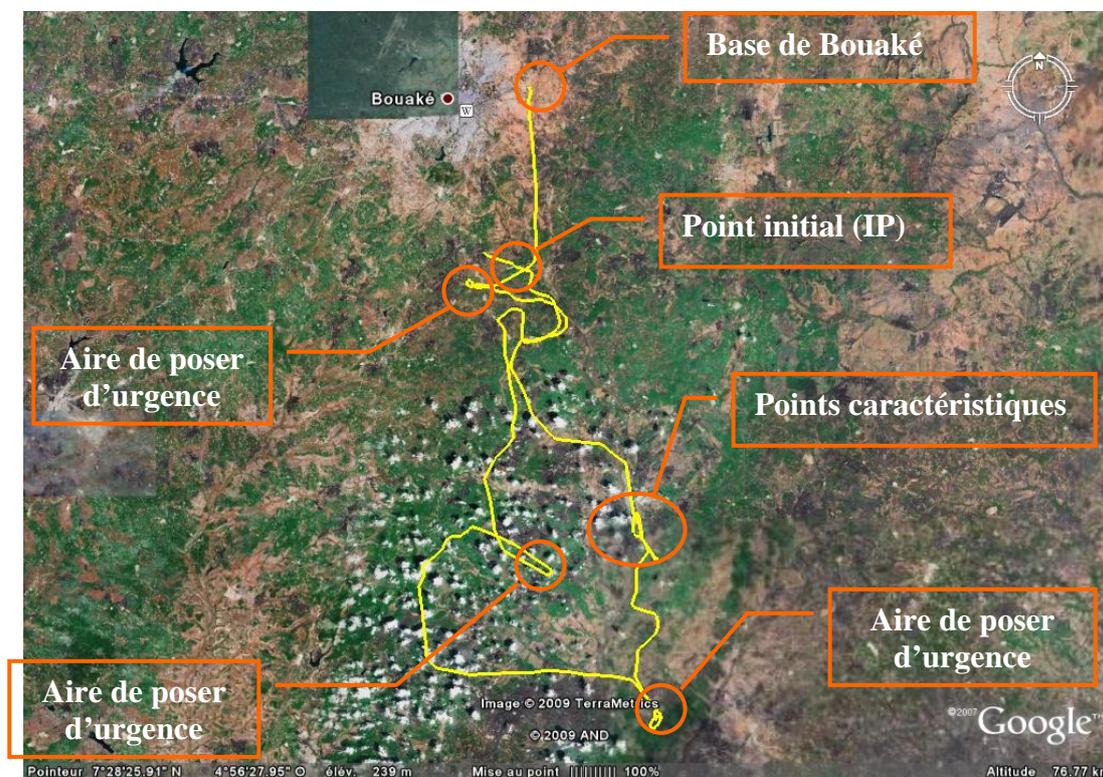
2.1.1. Les zones de travail

À l'arrivée du détachement, le commandant d'escadrille a décidé de mettre en place des zones d'entraînement au vol tactique autour de la base de Bouaké. Il s'agissait de définir, repérer et cartographier des secteurs, des trajectoires et des points clés. Ce travail a été réalisé sous la direction du moniteur pilote du détachement. Tous les pilotes ont été briefés et des vols de reconnaissance ont été réalisés, afin de repérer les différentes aires de poser d'urgence, les limites des zones, les trajectoires à adopter, le positionnement des points d'entrée et de sortie, etc. Au jour de l'événement, seules trois zones étaient reconnues des équipages et considérées comme opérationnelles : les zones 1, 2 et 4 (cf. page 9).

Les équipages avaient pour consigne de mettre à profit les missions afin de continuer la reconnaissance des différents secteurs.

2.1.2. La mission

L'équipage constitué d'un pilote commandant de bord expérimenté et d'un jeune pilote effectue à bord d'une Gazelle SA 341 F2 une mission d'entraînement au vol tactique dans la zone VOLTAC 4. Cette mission est au profit du jeune pilote en place droite qui est en charge du pilotage de l'appareil et du suivi de la trajectoire de navigation, le PCB étant en charge de la gestion de la mission et de la sécurité en vol.



Transcription de la trajectoire GPS

Le PCB a effectué un vol de reconnaissance dans la zone VOLTAC 4, mais pour le pilote, il s'agit de sa première mission dans le secteur.

Le PCB met donc à profit la navigation pour faire une reconnaissance visuelle des aires de poser d'urgence en effectuant un passage au-dessus de chacune des aires présentes sur la carte de navigation.

Après une heure de navigation tactique, la Gazelle est de retour à l'IP, et le PCB effectue le message prévu en direction des opérations de Bouaké afin de se signaler en retour vers la base. Après avoir passé le point initial, l'équipage s'écarte de la trajectoire directe pour se diriger vers la seule zone dégagée dans son champ d'observation, ce qui pourrait correspondre à la volonté d'y réaliser une démonstration ou un exercice particulier.

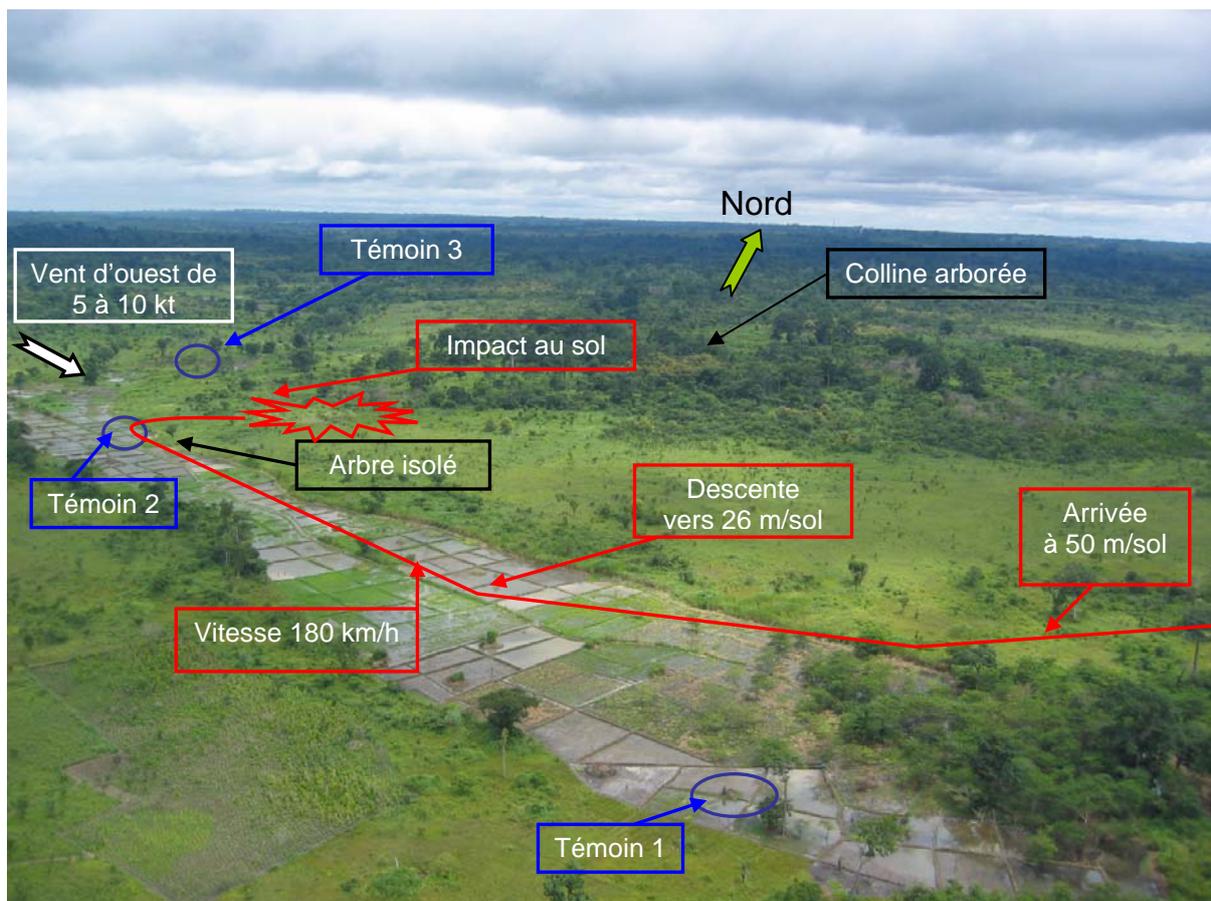
La navigation effectuée en zone de vol tactique (zone 4) est conforme à l'ordre de mission.

Le temps de vol est cohérent pour la réalisation de cette navigation.

L'écart pris par rapport au trajet retour direct pourrait correspondre à la volonté de réaliser une démonstration ou un exercice particulier.

2.2. Déroulement de l'événement

Les témoignages des locaux ayant assisté à l'accident, comparés aux informations du GPS, ont permis de définir une trajectoire finale probable.



Trajectoire probable

Trois kilomètres après l'IP, la Gazelle amorce un virage à gauche en direction d'une zone de rizières située 1 kilomètre par le travers gauche. Après avoir passé un groupe d'arbres (hauteur supérieure à 40 mètres), elle descend vers une hauteur sol de 26 mètres et survole les rizières sur un cap ouest avec une vitesse de 180 km/h. Aux trois quarts des rizières, l'appareil engage un virage à droite au passage d'un arbre isolé. Il se retrouve alors, en vent arrière, en virage et à très faible hauteur. Au cours du virage, l'appareil remonte légèrement d'environ 6 mètres avant de chuter à la vitesse de 10 mètres par secondes (ce taux de chute dont la validité n'est pas certifiée est obtenu par calcul en fonction des informations GPS).

Il touche le sol en virage à droite avec une assiette à cabrer.

La séquence établie par l'expertise de l'épave est la suivante :

- un premier contact est vraisemblablement réalisé par le sabot de la dérive, alors que la Gazelle est en dérapage à gauche ;
- l'impact principal sur l'avant de l'atterrisseur droit et de la structure avant, occasionne un basculement de la structure principale vers l'avant ;
- puis simultanément :
 - le contact du rotor principal, la pale jaune en premier ;
 - la destruction de la structure avant droite de la cabine et l'arrachement du tableau de bord ;
 - la désolidarisation de la poutre de queue ;
 - le basculement de la BTP vers l'avant gauche ;
 - la désolidarisation du GTM en projection vers l'avant.

2.3. Élaboration des hypothèses

En l'absence de déclarations de la part de l'équipage (les deux pilotes ont subi un traumatisme entraînant la perte de la mémoire pour ce qui concerne une grande partie de leur séjour africain incluant la mission du jour), différentes hypothèses ont été élaborées en fonction des témoignages (témoins, experts), des indices relevés sur le site, et des différentes expertises effectuées sur l'épave :

- prise à parti par des tirs d'armes légères ;
- malaise en vol d'un des membres d'équipage ;
- application d'une procédure de secours liée à une panne majeure ;
- raté d'exécution au cours d'une évolution ;
- coupure involontaire de la génération hydraulique.

2.3.1. Prise à parti par des tirs d'armes légères

Aucune trace d'impact de balle n'a été retrouvée lors de l'examen de l'épave.

Les témoins qui ont assisté à l'événement, et qui ont participé activement au sauvetage des pilotes, ne font pas mention de bruits de détonation.

De plus, le secteur de Bouaké est relativement calme et le détachement n'a signalé aucun accrochage armé depuis son arrivée.

L'hypothèse selon laquelle cette Gazelle aurait été prise à parti par un tir d'armes légères est rejetée.

2.3.2. Malaise en vol d'un des membres d'équipage

Le seul type de malaise envisageable serait un malaise entraînant une crispation sur les commandes.

Les deux pilotes ont été traités par l'antenne chirurgicale de l'hôpital du détachement d'Abidjan. Les médecins n'ont décelé aucun symptôme laissant envisager un malaise préalable à l'accident.

De plus, si l'un des pilotes avait eu un malaise, l'autre aurait sans doute tenté de reprendre les commandes ce que ne montre pas l'analyse des données des dernières secondes de la trajectoire.

L'hypothèse selon laquelle l'un des pilotes aurait eu un malaise ayant généré ce type de trajectoire est rejetée

2.3.3. Application d'une procédure de secours liée à une panne majeure

2.3.3.1. Bilan des expertises

Les expertises menées sur les éléments de l'épave ont permis d'établir les faits suivants :

- le moteur et la chaîne de transmission de puissance étaient dans un état mécanique satisfaisant au moment de l'événement ;
- le moteur délivrait une puissance élevée ;
- les commandes moteur étaient continues, du plafonnier en cabine jusqu'au moteur ;
- les commandes de vol étaient continues, de la cabine jusqu'aux leviers d'attaque des servocommandes ;
- tous les endommagements constatés résultent du choc à l'impact ;
- les fluides utilisés étaient tous conformes à leurs spécifications respectives ;
- les servocommandes fonctionnaient de façon nominale.

Les expertises qui ont été menées sur l'épave de cette Gazelle n'ont pas permis de déceler de panne sur les systèmes principaux.

2.3.3.2. Procédures de secours se terminant en « poser campagne »

L'équipage a pu être amené à appliquer une procédure de panne soit dans un cas réel soit pour entraînement :

- l'extinction turbine qui nécessite l'action immédiate du passage en autorotation, est à exclure car cela ne correspond pas aux témoignages et à l'expertise ;
- les pannes du rotor anti-couple (panne d'entraînement ou panne de commande) sont à exclure. En effet, la reconstitution de la trajectoire et les traces retrouvées sur le RAC, attestent qu'il était bien entraîné en rotation et que les commandes fonctionnaient ;
- la panne de roue libre : elle se caractérise par des à-coups en lacet, du bruit, une odeur de brûlé, des vibrations haute fréquence et nécessite de se poser dès que possible sur une zone favorable par une approche de précaution au moteur. Cela ne correspond pas à l'évolution réalisée ;
- pour les pannes :
 - baisse de pression d'huile moteur ;
 - baisse de pression d'huile de la boîte de transmission principale ;
 - limaille GTM ;

- colmatage filtre carburant ;

la procédure prévue ne correspond pas avec la trajectoire suivie.

- La panne de régulation est signifiée à l'équipage par :
 - des battements de couple ;
 - une sur vitesse moteur ;
 - une perte de puissance.

La conduite à tenir peut nécessiter la mise hors circuit du régulateur mais au final, impose une approche de précaution au moteur. Ce qui ne correspond pas à la trajectoire suivie.

- La panne du circuit hydraulique des commandes de vol avec ou sans allumage du voyant BPHY demande la réaction suivante du pilote :
 - prise de la vitesse refuge (150km/h ou la vitesse de puissance minimum soit 120 km/h) à hauteur de sécurité ;
 - analyse de la panne ;
 - si confirmée dans tous les cas coupure de l'interrupteur « SERVO » au PG ;
 - la procédure prévoit une vitesse maximale de 180 km/h et une inclinaison maximale de 30°.

Elle se termine par une approche de précaution (limitation de l'effort à fournir). Cette procédure ne correspond pas à la trajectoire suivie.

Nota : l'interrupteur « SERVO » a été trouvé en position arrêt le lendemain, sans qu'il soit certain que cette position soit celle au moment de l'accident. Mais l'évolution avant l'impact ne retranscrit pas l'application de la procédure enseignée.

L'hypothèse selon laquelle l'équipage aurait tenté d'appliquer une procédure d'urgence est rejetée car la trajectoire finale reconstituée ne correspond pas à une procédure de secours connue.

2.3.3.3. Autre possibilité

Le décollement d'un ou de plusieurs rubans adhésifs de protection sur le bord d'attaque d'une pale ou de plusieurs pales principales, entraînant un balourd, n'est pas retenu :

- les rubans adhésifs avaient été changés récemment ;
- l'étude de l'état des pales ne mentionne pas cette anomalie.

2.3.4. Raté d'exécution au cours d'une évolution

Le raté d'exécution correspond une évolution qui a été insuffisamment maîtrisée, entraînant un contact avec le sol.

Le choix pour cet équipage de quitter la trajectoire directe de retour vers la base en se dirigeant vers une zone dégagée peut s'expliquer par la décision du PCB de faire exécuter au pilote une évolution particulière ou de réaliser lui-même une démonstration.

Les exercices types enseignés en vol de combat qui correspondent à l'évolution menée sont :

- prise de terrain en « U » ou en « O » ;
- arrêt rapide en virage.

Quel que soit l'exercice entrepris, le maintien à pleine vitesse de la trajectoire restituée nécessitait de prendre une inclinaison importante avec du palonnier à droite. Cette inclinaison importante aurait conduit à une perte de portance compensée soit par une action à cabrer au

cyclique, soit par une action au pas général, soit par la combinaison des deux, ceci afin de maintenir la hauteur sol au détriment de la vitesse air qui aurait rapidement diminué.

La perte de portance aurait été accentuée par la combinaison de l'inclinaison, de la perte de vitesse, de l'action aux palonniers à droite (virage dérapé, nécessité de contrer le couple de renversement) le tout associé au passage en vent arrière. La combinaison de ces éléments aurait imposé une demande de puissance très rapide et supérieure au couple maximal autorisé (indication couple mètre bloquée à 108%). Au regard des conditions extérieures du moment, de la masse de l'aéronef et de la demande de puissance, il est probable que le GTM ou le régulateur auraient alors atteint leurs limites de fonctionnement, ne délivrant pas la puissance suffisante à l'évolution entreprise.

Ainsi :

la manœuvre serrée initiée apparaît très délicate à réaliser dans les conditions relevées.

Deux cas sont envisageables en fonction du membre d'équipage aux commandes :

– cas où le pilote est aux commandes

L'exercice demandé peut correspondre à la nécessité de répéter un exercice imparfaitement réalisé au cours de l'entraînement en zone 4.

Le pilote a pu, par une action inadaptée sur les commandes de vol, mettre l'appareil dans une situation que ne pouvait rattraper le PCB, soit en raison de la faible hauteur de vol soit par réaction trop tardive.

– cas où le PCB est aux commandes

L'équipage termine une navigation tactique d'une heure et dix minutes au cours de laquelle ont été réalisées de nombreuses manœuvres. Le pilote aux commandes est au fait des performances de cet appareil dans les conditions de pression et de température du jour, ce qui n'est pas le cas du PCB.

Celui-ci possède une grande expérience, notamment en Afrique. Il s'agit d'un pilote confirmé doté d'un excellent jugement. Cependant, en reprenant les commandes pour sa démonstration, il peut avoir été surpris, soit par le comportement de l'aéronef, soit par l'environnement, et ne pas avoir été en mesure de maîtriser sa trajectoire, notamment en raison de la faible hauteur de vol.

Ainsi dans les deux cas :

l'hypothèse d'un raté d'exécution au cours d'une évolution tactique est possible.

2.3.5. Coupure involontaire de la génération hydraulique

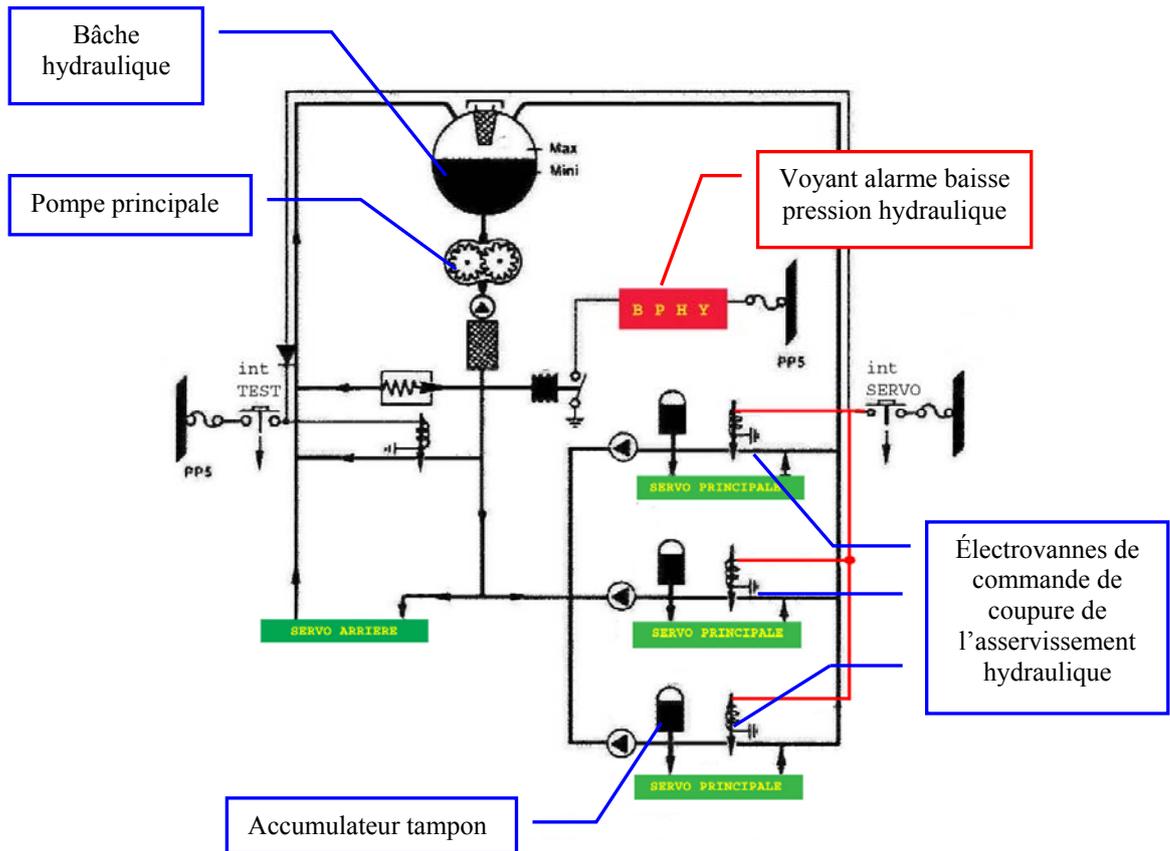
2.3.5.1. La génération hydraulique

La génération hydraulique de la Gazelle fournit l'énergie nécessaire à l'asservissement des commandes de vol par servocommandes hydrauliques.

L'expertise a permis de vérifier le fonctionnement normal et progressif de ces servocommandes, sans permettre de définir leur positionnement au moment de l'impact.

Sur ce type de Gazelle l'installation hydraulique de base est complétée par un dispositif de sécurité constitué par trois accumulateurs hydrauliques et un système d'alarme de baisse de pression.

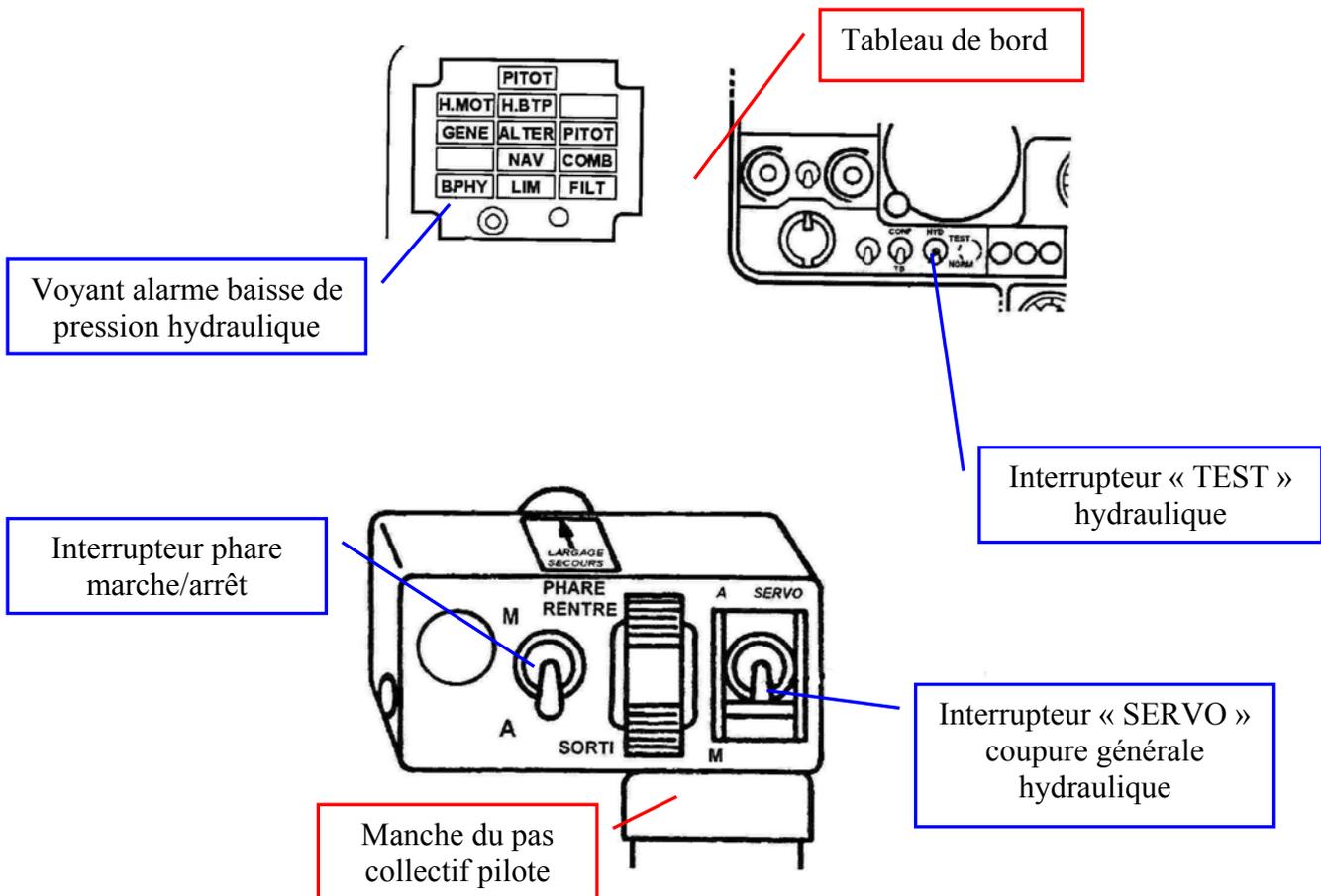
Ce dispositif permet au pilote de rejoindre la vitesse refuge (150 km/h), facilitant le pilotage sans assistance hydraulique, en cas de panne de génération.



Synoptique de la génération hydraulique sur Gazelle

Le pilote possède à sa disposition :

- un interrupteur principal « SERVO » de coupure générale de l'assistance hydraulique qui est installé sur le manche du pas collectif pilote ;
- un interrupteur « TEST », placé sur la planche de bord, servant à tester le fonctionnement de la pompe hydraulique lors de la mise en route ;
- un voyant d'alarme « BPHY » de baisse de pression hydraulique situé sur le panneau de panne de la planche de bord, servant à prévenir le pilote d'une éventuelle baisse de pression dans le circuit (panne de la pompe, fuite dans le circuit).



Interfaces pilote/machine du système hydraulique

En cas de baisse de pression hydraulique, le pilote est alerté par le voyant « BPHY ». Il sait alors que l'assistance hydraulique au pilotage va disparaître. Il dispose d'environ 60 secondes (grâce aux accumulateurs tampons) pour appliquer la procédure suivante :

- réduire la vitesse pour atteindre une vitesse comprise entre la vitesse refuge et 120 km/h ;
- stabiliser sa trajectoire ;
- couper les servocommandes par l'intermédiaire de l'interrupteur principal « SERVO » de coupure générale de l'assistance hydraulique.

Le pilotage se fait alors sans assistance et nécessite de la part du pilote des efforts beaucoup plus importants, ce qui limite grandement la manœuvrabilité de l'appareil.

2.3.5.2. Cas de la coupure intempestive

La mise sur arrêt de l'interrupteur « SERVO » a pour effet de couper immédiatement les servocommandes gauche, droite et longitudinale. Ceci revient à arrêter instantanément l'assistance hydraulique au pilotage sans le secours des accumulateurs tampons.

Les conséquences immédiates sont :

- durcissement des commandes de vol ;
- arrêt de la compensation du pas entre la pale avançante et la pale reculante ce qui a pour conséquence aérodynamique :
 - une inclinaison vers la droite ;
 - un couple à cabrer.

Plus la vitesse est élevée au moment de la coupure, plus les effets aérodynamiques seront violents et difficiles à contrer.

La trajectoire finale suivie par l'appareil, à la fois dans le plan vertical et le plan horizontal, semble correspondre avec les effets aérodynamiques liés à une coupure du système hydraulique.

Les conséquences ont pu être aggravées par le fait que la Gazelle volait à une très basse hauteur.

Cet interrupteur fait l'objet d'une attention particulière de la part des moniteurs envers les jeunes pilotes pour leur rappeler la dangerosité du phénomène.

Par ailleurs, il est protégé par un pontet dont la fonction est d'interdire une action involontaire sur cet interrupteur.

Situé sur le manche du pas collectif du pilote, il est placé à côté du variateur de phare et de l'interrupteur de mise en marche du phare. L'action de mise en marche du phare et celle de coupure de l'assistance hydraulique est la même : il suffit de pousser l'interrupteur vers le haut. Une erreur est donc possible d'autant plus que le pilote, alors occupé par la trajectoire de l'appareil, n'identifie pas visuellement l'interrupteur avant de le manœuvrer.



Interrupteurs du manche pilote

Le comportement de l'appareil au cours de cet événement semble correspondre aux effets aérodynamiques consécutifs à une coupure de l'assistance hydraulique.

En raison de la faible hauteur de vol, entre 20 et 30 mètres/sol, et de la vitesse élevée, les pilotes n'étaient pas en mesure de reprendre le contrôle de l'appareil et d'éviter le contact avec le sol.

En conséquence, l'hypothèse selon laquelle l'interrupteur de coupure de l'assistance hydraulique a pu être positionné sur « arrêt » de façon involontaire est possible.

3. CONCLUSION

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

Il s'agit d'une mission d'entraînement au vol tactique dans le secteur sud de Bouaké.

L'équipage est composé d'un PCB expérimenté et d'un jeune pilote qui effectue son premier détachement en Afrique.

La lecture de la mémoire du GPS effectuée par le BEA montre que :

- l'appareil suit le trajet de la navigation prévue ;
- dans le cadre de l'instruction, il effectue la reconnaissance de plusieurs points de poser d'urgence.

Au cours du trajet retour, après avoir rejoint le « point initial » et effectué le message ad-hoc, l'appareil s'écarte de la trajectoire directe par un virage par la gauche et survole une rizière à une hauteur de 26 mètres et à une vitesse de 180 km/h.

L'appareil part en virage à droite et heurte le sol.

La Gazelle est détruite et les deux pilotes sont grièvement blessés.

Les expertises qui ont été menées par le CEPr et le CEAT ont permis de mettre en évidence que :

- le moteur était en fonctionnement et qu'il délivrait un maximum de puissance au moment de l'impact ;
- cette puissance correspondait à ce que demandait le pilote au pas général ;
- les commandes de vols étaient intègres avant l'impact ;
- les systèmes hydrauliques ne montrent aucune panne.

3.2. Causes de l'événement

Deux hypothèses restent possibles :

- un raté d'exécution au cours d'une manœuvre de pilotage soit pour un exercice mal restitué par le jeune pilote et que le PCB n'aurait pas eu la possibilité de rattraper, soit par le PCB lui-même, au cours d'une démonstration mal exécutée ;
- une erreur de manipulation liée à l'utilisation involontaire de l'interrupteur de coupure générale d'hydraulique par le pilote qui aurait provoqué, par réaction aérodynamique et durcissement des commandes de vol, la perte de contrôle de l'aéronef.

Les conséquences connues d'une action sur cet interrupteur sur le comportement en vol de la Gazelle sont en effet :

- un virage par la droite relativement violent ;
- une assiette à cabrer ;
- un durcissement instantané des commandes de vol rendant le pilotage particulièrement difficile surtout à une vitesse supérieure à 150 km/h.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Rappel des règles de vol

Au cours de cet événement, la Gazelle évoluait à basse hauteur et vitesse élevée. Ces deux éléments ont sans doute été des facteurs contributifs à l'accident.

Le bureau enquêtes accidents défense air rappelle que :

le vol tactique se caractérise par le respect des trajectoires de sécurité et le choix d'une vitesse adaptée au terrain et à l'environnement opérationnel.

4.1.2. Ergonomie de l'interrupteur « coupure générale hydraulique »

Le positionnement de l'interrupteur de coupure générale de l'hydraulique sur une platine fixée sur le pas général est de nature à générer des erreurs de manipulation.

Même si un pontet protège cet interrupteur, il n'interdit pas une action involontaire.

De plus, cet interrupteur est positionné juste à côté de l'interrupteur phare et la mise en marche du phare correspond à l'action de la coupure hydraulique.

Le positionnement de la main sur cette platine fait l'objet de multiples rappels de la part des moniteurs lors de la formation des jeunes pilotes.

De plus, lors des vols de nuit, de nombreux cas d'erreur de manipulation sont avérés.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'ALAT :

- **d'étudier la possibilité de modifier la protection de cet interrupteur afin d'éviter toute erreur de manipulation ;**
- **d'insister sur les rappels au sein des unités sur l'attention que doivent porter les pilotes lors de la manipulation des interrupteurs de cette platine.**

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

4.2.1. La balise de détresse

Au cours de cet accident, la balise de détresse mise en place à bord de toutes les Gazelles de l'armée de terre ne s'est pas déclenchée. Cela n'a permis ni la localisation précise de l'épave, ni la réaction immédiate et efficace des moyens de recherche et sauvetage.

Lors des accidents ou incidents aériens impliquant des Gazelles de l'ALAT équipées de ce type de balise, celle-ci ne s'est déclenchée qu'à de très rares occasions.

Le constructeur recommande un positionnement de la balise de détresse sous un angle de 45° par rapport au plan horizontal, alors qu'actuellement les balises sont positionnées parallèlement au plan horizontal.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'ALAT :

d'envisager, en liaison avec l'industriel, un positionnement de la balise de détresse qui assure son déclenchement systématique en cas de choc violent.

4.2.2. Les enregistreurs de bord

Cet appareil n'est équipé ni d'enregistreur de paramètres, ni d'enregistreur vocal.

Bien que la compréhension globale de cet événement repose en grande partie sur l'analyse de la trajectoire rendue possible par l'exploitation des données GPS mémorisées, les paramètres de vol, d'attitude, de fonctionnement moteur ou encore la signalisation de pannes, demeurent primordiaux pour la compréhension de la plupart des événements.

De plus, un enregistreur vocal peut également restituer les conversations et traduire l'ambiance à bord ainsi que les actions et le comportement de l'équipage.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'ALAT :

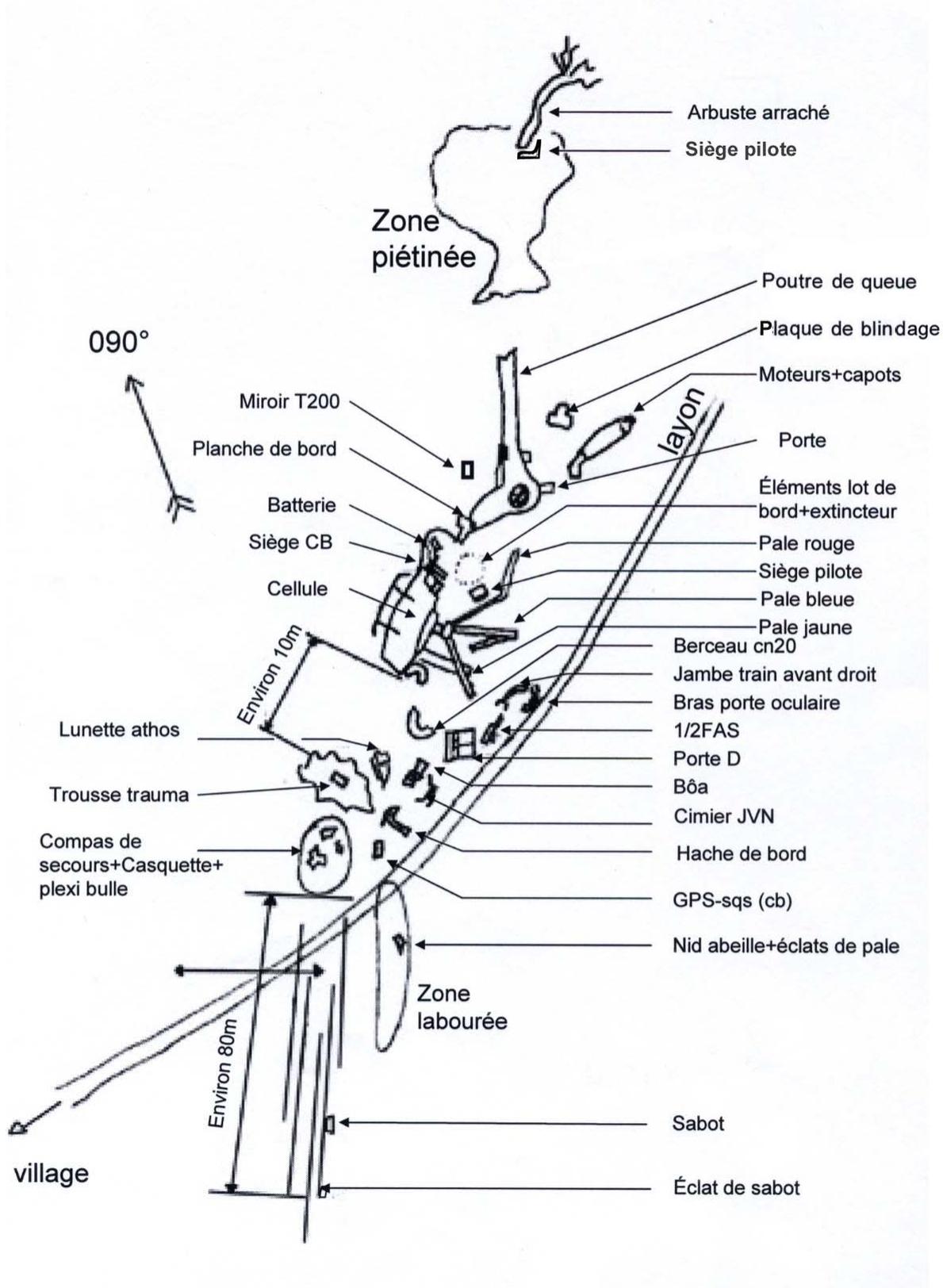
d'étudier la possibilité d'équiper l'ensemble du parc hélicoptère d'enregistreurs de paramètres et de voix.

ANNEXES

Annexe 1 : Croquis du positionnement des débris et de l'épave	34
Annexe 2 : Description détaillée des dégâts occasionnés	35

ANNEXE 1

Croquis du positionnement des débris et de l'épave



ANNEXE 2

Description détaillée des dégâts occasionnés

La structure avant (poste de pilotage)

La cabine est ouverte en deux parties : la partie inférieure et la partie haute.

Pour la partie inférieure :

- le plancher cabine est fortement endommagé, presque séparé de la structure centrale ;
- les poutres longitudinales sont sectionnées ;
- la structure inférieure est pliée à la jonction avec la structure centrale ;
- les bielles de commandes de vols sont déformées, certaines sont coupées et présentes des cassures au niveau des embouts de rotules ;
- le plancher cabine est sectionné à l'avant des sièges pilotes ;
- le plancher palonnier côté droit (pilote) est détruit alors que le côté gauche est mieux préservé ;
- le manche pilote est sectionné à la base ;
- le manche collectif est retrouvé en position plein petit pas, le boîtier commande est arraché, il est retenu par le câblage ;
- l'index de réglage de la première butée indique 40° ;
- les palonniers sont en position : complètement enfoncés à gauche ;
- à l'avant, la cellule est découpée au niveau de la partie supérieure de la trappe batterie ;
- le cadre n°18 n'existe plus, seuls des fragments sont retrouvés avec diverses parties de l'habitacle ;
- les montants, droit et gauche, du système inférieur coupe câble sont déformés et sectionnés à la base du cadre n°18 ;
- la batterie est restée dans son logement ;
- le tube Pitot est tordu à 90° ;
- l'emplacement du phare escamotable est enfoncé ;
- le pylône radio s'est arraché du plancher ;
- la planche de bord est restée solidaire par les câbles d'alimentation.

Pour la partie haute de la cabine restée solidaire de la structure centrale :

- le montant gauche est tordu ;
- le portillon gauche est en place sans grande déformation ;
- le support du viseur d'observation n'est plus en place ;
- la structure centrale supérieure en nid d'abeille est cassée en deux endroits : devant la baladeuse et à l'aplomb du commutateur radio passager ;
- le montant supérieur droit est également plié au milieu de la porte avant ;
- la cellule repose sur le portillon droit qui est très déformé sur la partie supérieure ;
- la poutre canon est tordue vers l'arrière, déchirée sur la face avant et supérieure, le berceau canon n'est plus en place, la vis de réarmement est tordue à 90° ;
- la porte droite a été arrachée avec son montant ;
- le système de largage est en place et plombé ;
- le montant inférieur est déformé vers l'intérieur, le plexiglas avant bas est brisé ;
- la porte gauche présente peu de déformations, elle a également été arrachée avec une partie de son montant avant ; le système de largage est en place et plombé, les plexiglas sont intacts ;
- le bloc manette n'a pas souffert, les trois manettes sont retrouvées en position vol.

La structure centrale

- Le côté gauche est intact à l'exception de deux déchirures :
 - une déchirure rentrante d'environ dix centimètres sur la demi-coquille en alignement du marche pied et du filtre anti sable (FAS) ;
 - la deuxième déchirure se trouve au niveau du passage de la traverse arrière du train d'atterrissage, elle présente des arrachements et des déformations.
- le support avant du groupe turbomoteur (GTM) est tordu, le GTM n'est plus en place, les fixations sont arrachées ;
- l'ensemble BTP/MRP est resté en place, l'axe de fixation arrière gauche est cisailé de part et d'autre de la chape, le support avant du BTP a la branche gauche tordue ;
- les trois servocommandes principales sont en places et ne présentent pas de déformations apparentes ;
- les bielles de maintien de la platine assouplie sont en place ;
- les amortisseurs de vibrations sont déformés ;
- les contres fiches du coupe câble ne présentent pas de déformation ;
- le capot BTP côté gauche est en place avec son agrafe avant verrouillée ;
- la servocommande principale avant gauche s'est encastrée dans la partie supérieure du capot ;
- le dessous de la structure centrale est intact et ne présente pas de trace de glissade ;
- le côté droit repose sur le sol, il ne présente pas de déformation ni de traces de glissade, le portillon droit toujours en place est en position ouverte coincé sous la cellule, l'obturateur du tube polyvalent présente un léger enfoncement avec rayures de la peinture ;
- le support lance leurres droit est en place et ne présente aucune déformation, ni rayure ;
- le bouchon de réservoir est en place verrouillé et sans trace de choc ;
- le trou de passage de la traverse arrière est détérioré, la traverse arrière ayant reculée d'une valeur égale à son diamètre ;
- la jonction poutre de queue est déformée vers le bas sur environ 60° en partie supérieure du cadre ;
- les rivets de fixation de la poutre de queue ont été cisailés ;
- le cadre de jonction présente plusieurs arrachements :
 - un premier orienté vers l'extérieur au niveau du passage des câbles de direction (poules de direction très endommagées),
 - le deuxième côté gauche au niveau du marche pied ;
 - un dernier au niveau de la fixation droite du support GTM.
- la grille trou d'homme est en place, à l'intérieur tout est normal à l'exception de la boîte de jonction radio qui présente des déformations.

La soute

L'ensemble de la soute est bien conservé :

- la ferrure de la contrefiche est partiellement arrachée sur les deux fixations avant ;
- la contrefiche ne présente pas de déformation apparente ;
- la ferrure supérieure de la contrefiche est en place sans déformation.

Le train d'atterrissage

- Le train gauche est en place et complet ;
- la demi jambe arrière est toujours solidaire de la traverse arrière ;
- la bande polyuréthane est détériorée ;
- la structure centrale présente des déformations et des arrachements importants au niveau du passage de la traverse ;
- le train droit n'est plus en place, il est cassé en plusieurs parties :
 - une cassure à l'avant de la demi jambe de train arrière ;
 - deux cassures de part et d'autre de la demi-jambe avant.

L'ensemble BTP, MRP et pales

- La BTP n'est pas endommagée, elle ne présente pas de trace de surchauffe, la couleur de l'huile est normale, l'ensemble BTP/MRP a légèrement basculé vers l'avant et la gauche ;
- tous les équipements de la BTP sont en place et ne présentent pas de défaut apparent à l'exception des deux « vés » ;
- les deux plateaux cycliques sont retrouvés en butée haute, les trois biellettes de commandes de pas sont en place, non déformées et toujours fixées aux plateaux et manchons ;
- les compas fixes et mobiles sont en place et ne présentent pas de déformations ;
- les trois manchons sont remontés vers le haut et sont venus en butée contre le haut du MRP ;
- les liaisons des adaptateurs dynamiques avec les pales jaune et bleue sont sectionnées du côté des pales, l'adaptateur dynamique pale rouge est resté en place ;
- la pale rouge est partiellement cassée à environ un mètre du pied de pale, le bord d'attaque ne présente pas de trace de choc à l'exception du saumon ;
- la pale jaune est cassée à environ un mètre du pied de pale, le bord d'attaque ne présente pas de trace de choc, le saumon est endommagé ;
- la pale bleue est restée entière, elle est ouverte sur toute sa longueur côté bord de fuite, le bord d'attaque ne présente pas de trace de choc à l'exception du saumon ;
- la peinture des trois pales côtés intrados et extrados est partiellement enlevée.

La poutre de queue

La poutre de queue est retrouvée entière devant l'épave, elle est restée dans le sens de la marche, elle est repose sur le flanc gauche.

- Le cadre de jonction resté complet est plié vers le côté droit sur environ 180° ;
- les rivets de fixation avec la structure centrale sont cisailés à l'exception d'un morceau d'environ dix centimètres juste à droite de la boîte de transmission intermédiaire (BTI) ;
- sur le flanc droit, elle présente une large déchirure rentrante ;
- le demi-plan fixe droit présente un choc en milieu de bord d'attaque accompagné d'une déformation en bord de fuite ;
- le tube longeron est partiellement sectionné vers l'arrière au niveau de la ferrure d'attache ;
- la dérive latérale est sectionnée en deux parties à la hauteur de la fixation ;
- la partie supérieure est restée en place, elle ne présente aucun impact en bord d'attaque ;
- la partie inférieure retrouvée à proximité ne présente pas de choc particulier ;
- le carénage secteur arrière est en place et intact ;
- la dérive principale ne présente aucun choc, ni déformation en bord d'attaque ;
- le carénage feu anti collision est resté en place, il est intact ;

- le sabot arrière est absent ;
- à l'arrière la poutre de queue présente une grande déformation située entre l'arrière du sabot jusqu'à la poignée de manutention ;
- la dérive latérale est partiellement cassée au niveau du demi-plan fixe.

L'ensemble MRA

- L'ensemble MRA est en place bloqué par la déformation du fenestron ;
- la servocommande arrière est en place sans défaut apparent, elle s'est remise en position neutre ;
- les treize pales ont frotté sur la veine d'air du fenestron ;
- chaque pale à l'extrémité en bord de fuite est pliée.

La BTI

- La BTI est restée en place ;
- la patte de fixation avant est sectionnée ;
- la bride avant est restée avec l'arbre de transmission oblique et la structure centrale ;
- la BTI ne présente pas de trace de surchauffe, il n'y a pas de limaille retrouvée sur le bouchon magnétique et elle contient de l'huile ;
- la liaison avec l'arbre de transmission arrière est restée en place ;
- le flector présente du foisonnement et du cloquage.

La transmission arrière

- L'arbre oblique est entier, il est retrouvé sensiblement à sa place ;
- la bride BTI est en place toujours solidaire de l'arbre et sans déformation apparente ;
- la bride avant est cassée à la base, des morceaux sont restés solidaires du flector assurant la liaison avec la BTP ;
- l'arbre présente une déformation par écrasement avec de légères marques ;
- la transmission arrière est restée en place sur la poutre de queue ;
- les roulements de transmission sont intacts, ils ne présentent pas de traces de surchauffe et sont toujours fixés à leur emplacement ;
- à environ trente centimètres de la bride avant BTI la transmission présente une déformation par écrasement ;
- la transmission arrière est sectionnée entre le deuxième roulement et le secteur arrière.

Le GTM

- L'ensemble constitué du GTM, de l'embrayage et de la roue libre est retrouvé en avant et à droite de l'épave avec ses capotages, posé sur la partie supérieure du GTM ;
- les deux points de fixations du GTM sur son support arrière sont cassés ;
- pas de trace d'incendie ou de surchauffe sur le moteur ;
- le flector de liaison avant avec la BTP est resté solidaire de la roue libre, les trois des fixations sont sectionnées ;
- la tuyère est en place pliée sur la gauche du moteur ;
- les accessoires sont tous en place sans déformation apparente à l'exception du support de la bobine d'allumage plié vers le bas ;
- l'entrée d'air ne présente pas de déformation apparente ;

- les pales du compresseur ne présentent pas de trace ou de déformation apparente ;
- le capot droit ne présente pas de déformation, seule la ferrure d'attache a été arrachée ;
- le capot gauche est déformé et partiellement cassé ;
- la géné-démarreur et l'alternateur sont restés en place, leurs câblages ont été arrachés ;
- le curseur du boîtier mini rupteur indique la position 85° (position vol) ;
- le levier de manœuvre de la manette de débit est en place, la rotule ne présente pas de déformation apparente ;
- la ferrure inférieure fermeture capot est déformée ;
- le bouchon magnétique électrique est en place, sans particule magnétique visible ;
- l'embrayage est en place, il ne présente pas de trace de surchauffe ni de défaut apparent, il tourne librement avec la roue libre sans bruit anormal ;
- la roue libre est bloquée ;
- l'arbre couple mètre est en place, deux des ergots de mesure du couple sont cassés, le troisième est tordu.