



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

Rapport d'enquête de sécurité



E-2018-03-I

Date de l'évènement

30 mars 2018

Lieu

Gao (Mali)

Type d'appareil

Antonov 12 BK

Organisme

CAVOK Air



AVERTISSEMENT

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 lois et des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement 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 heure locale du Mali.

CRÉDITS

		Page de garde
Figure 1	BEA-É ASECNA	13
Figure 2	BEA-É.....	14
Figure 3	Ministère des armées.....	15
Figures 4 et 5	BEA-É.....	16
Figure 6	Gendarmerie nationale	17
Figure 7	BEA-É.....	17
Figure 8	RESEDA/BEA-É.....	22
Figure 9	RESEDA/BEA-É.....	23
Figure 10	RESEDA/BEA-É.....	26
Figure 11	RESEDA/BEA-É.....	27

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur le personnel	8
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	11
1.9. Télécommunications	11
1.10. Renseignements sur l'aéroport	12
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Constatations sur l'aéronef et la piste	15
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.14. Intervention des secours	19
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	19
1.16. Essais et recherches	19
1.17. Renseignements sur les organismes	19
1.18. Renseignements supplémentaires	20
2. Analyse	21
2.1. Séquence de l'évènement	21
2.2. Recherche des causes	22
3. Conclusion	29
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	29
3.2. Causes de l'évènement	29
4. Recommandations de sécurité	31
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	31
4.2. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	32

GLOSSAIRE

An	Antonov
ASECNA	agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar
CAG	circulation aérienne générale
CVR	<i>cockpit voice recorder</i> , enregistreur de voix dans le poste de pilotage
DGA	direction générale de l'armement
DGA EP	direction générale de l'armement - essais propulseurs
EdA	Économat des armées
FDR	<i>flight data recorder</i> , enregistreur de paramètres de vol
FOH	facteurs organisationnels et humains
FL	<i>flight level</i> , niveau de vol
ft	<i>foot/feet</i> – pieds (1 ft \approx 0,305 mètre)
kt	<i>Knots</i> - nœuds (1 kt \approx 1,852 km/h)
g	unité d'accélération (1g = 9.81 m/s ²)
mb	millibar
NBAAI	<i>National Bureau of Air Accident Investigation of Ukraine</i> , bureau d'enquête analyse ukrainien
RESEDA	restitution des enregistreurs de données d'accidents
VFR	<i>visual flight rules</i> , règles de vol à vue

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 30 mars 2018 à 16h48

Lieu de l'évènement : base militaire de Gao (Mali)

Organisme : Société CAVOK Air

Aéronef : Antonov 12 BK UR-KDM

Nature du vol : transport de fret

Nombre de personnes à bord : 7

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 30 mars 2018, un Antonov 12 de la société CAVOK Air effectue une mission logistique au profit des forces armées françaises stationnées à Gao.

L'appareil est en provenance de Bamako. À 16h48, l'appareil touche durement la piste secondaire 07 droite de l'aéroport de Gao.

Après trois rebonds, l'appareil atterrit. Le train avant s'affaisse et rentre dans son compartiment. L'appareil poursuit sa course, l'avant du fuselage frottant sur la piste sur une distance d'environ 500 mètres, puis s'immobilise.

L'équipage, indemne, évacue l'aéronef.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État¹ (BEA-É) ;
- un pilote de la société CAVOK Air ayant une expertise sur Antonov 12 ;
- un mécanicien de la société CAVOK Air ayant une expertise sur Antonov 12 ;
- un médecin militaire français breveté de médecine aéronautique ;
- deux officiers de l'armée de l'air malienne.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - essais propulseurs (DGA EP)/restitution des enregistreurs de données d'accidents (RESEDA) ;
- *National Bureau of Air Accident Investigation of Ukraine (NBAAI-Ukraine)* ;
- militaire français parlant le russe (pour les entretiens à Gao) ;
- traducteur de russe du centre de formation interarmées au renseignement (CFIAR).

¹ Selon les termes du décret n° 2018-346 du 9 mai 2018, le nom du BEAD-air a été modifié.
Le bureau s'appelle désormais Bureau Enquêtes Accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État ou BEA-É.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : VFR²

Type de mission : transport de fret

Dernier point de départ : aéroport de Bamako

Heure de départ : 15h15

Point d'atterrissage prévu : base militaire de Gao

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

L'An 12 transporte des vivres frais provenant de Châlons-Vatry (France), chargés le 29 mars 2018. Il fait une escale de nuit à Ghardaïa (Algérie). Le matin du 30 mars 2018, l'équipage décolle de Ghardaïa à 4h30 heure locale (3h30 heure du Mali) à destination de Gao. Lors de l'arrivée à Gao à 6h50 heure locale, au regard de la mauvaise visibilité sur le terrain, le commandant de bord décide de remettre les gaz et de se dérouter sur Bamako (Mali) où il se pose sans encombre. À Bamako, l'équipage est informé qu'un autre An 12 de la même compagnie s'est posé à Gao 20 minutes après qu'eux-mêmes ont renoncé à atterrir. En milieu de journée, après s'être informé que les conditions météorologiques s'amélioreraient, l'équipage décide de repartir vers Gao.

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

L'aéronef décolle de Bamako vers 14h30. Le transit s'effectue en vol VFR à une altitude de 5 200 mètres et à 380 km/h environ. La navigation et la finale sur Gao sont réalisées à vue à l'aide d'un GPS. Le contact est établi avec la tour de contrôle de Gao et les conditions météorologiques sont communiquées à l'équipage (3 000 mètres de visibilité). Lors de l'approche du terrain, l'appareil est mis en configuration atterrissage (sortie du train et des volets à 35°). Aucun dysfonctionnement des systèmes n'est apparu lors de la finale.

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

Arrivant à vue de la piste 07 D, le commandant de bord effectue, en courte finale, une correction d'axe sur la droite pour s'aligner correctement sur la piste et rattrape son plan de descente en augmentant sa pente.

L'appareil touche la piste dans l'axe environ 300 mètres après le seuil à une vitesse de 249 km/h, rebondit trois fois, puis se pose finalement en effaçant le train avant dans son logement. Selon des témoignages, l'appareil aurait touché sur le train avant lors du premier toucher. L'avion s'immobilise vers 16h49, au travers du taxiway Echo, à 1 400 mètres environ du seuil de piste, après avoir glissé sur la piste sur environ 500 mètres.

L'équipage, indemne, coupe les moteurs et les systèmes et évacue l'appareil. Les pompiers interviennent immédiatement et détectent un feu moteur. Ils procèdent alors à l'extinction de l'incendie.

² VFR : *visual flight rules* - règles de vol à vue.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : Mali
 - commune : Gao
 - coordonnées géographiques : N 16°14'53,6"/W 000°00'21,2"
- Moment : jour

1.2. Dommages corporels

Les sept membres d'équipage n'ont subi aucun dommage corporel.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'Antonov 12 est endommagé.

1.4. Autres dommages

Les différents rebonds ont laissé des traces et quelques débris sur la piste³. La piste a été inutilisable pendant environ 6 heures, le temps de tracter l'avion sur son aire de stockage. Celle-ci a été rendue opérationnelle à 23h00.

1.5. Renseignements sur le personnel

Tous les membres d'équipage sont de nationalité ukrainienne.

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord

- Âge : 50 ans
- Formation :
 - école de formation : *Buguruslan Civil Aviation School (ex URSS)*
 - année de sortie d'école : 1990
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12
Total (h)	10 714	8 356	211	211	87	87

- Date du précédent vol comme pilote : 30 mars 2018 sur Antonov 12

³ Les débris proviennent essentiellement de l'avant de l'avion.

1.5.1.2. Pilote

- Âge : 60 ans
- Formation :
 - école de formation : *Balashov Flight Military School (ex URSS)*
 - année de sortie d'école : 1979
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12
Total (h)	8 444	8 153	268	268	62	62

- Date du précédent vol comme pilote : 30 mars 2018 sur Antonov 12

1.5.1.3. Ingénieur de vol

- Âge : 61 ans
- Formation :
 - école de formation : *Vasilkov Aviation Technical School (ex URSS)*
 - année de sortie d'école : 1978
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12
Total (h)	11 662	6 180	201	201	70	70

- Date du précédent vol : 30 mars 2018 sur Antonov

1.5.1.4. Navigateur

- Âge : 53 ans
- Formation :
 - école de formation : *Vorochilovgrad Military Navigation School (ex URSS)*
 - année de sortie d'école : 1986
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12
Total (h)	8 724	6 772	167	167	62	62

- Date du précédent vol : 30 mars 2018 sur Antonov 12

1.5.1.5. Opérateur radio

- Âge : 51 ans
- Formation :
 - école de formation : *Kirovograd Civil Aviation School* (ex URSS)
 - année de sortie d'école : 1992
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12	sur tout type	dont Antonov 12
Total (h)	7 616	1 120	193	193	57	57

- Date du précédent vol : 30 mars 2018 sur Antonov 12

1.5.1.6. Autres personnels

Technicien 1

- Âge : 47 ans
- Formation :
 - école de formation : *Egoriev Civil Aviation School* (ex URSS)
 - année de sortie d'école : 1991
- Date du précédent vol : 30 mars 2018 sur Antonov 12

Technicien 2

- Âge : 53 ans
- Formation :
 - école de formation : *Perm Military Aviation School* (ex URSS)
 - année de sortie d'école : 1985
- Date du précédent vol : 30 mars 2018 sur Antonov 12

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Exploitant : CAVOK Air
- Pays d'appartenance : Ukraine
- Aéroport de stationnement : Vinnytsia (UKWW)
- Type d'aéronef : Antonov 12 BK
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	An 12 BK	UR-KDM 02348107	7 359
Moteur 1	modèle « AI-20M ser.6A »	H2016110	10 252
Moteur 2	modèle « AI-20M ser.6 »	H28236003	6 639
Moteur 3	modèle « AI-20M ser.6A »	H2126009	11 859
Moteur 4	modèle « AI-20M ser.6 »	H27636048	4 958
APU	modèle « TG-16M 2 ser »	OM42102019	260

L'Antonov 12 BK est un avion-cargo quadrimoteur qui peut embarquer jusqu'à 20 tonnes de fret. Sa conception en fait un avion adapté aux infrastructures sommaires. L'aéronef concerné par l'évènement est sorti d'usine le 14 avril 1972.

Conformément au règlement de maintenance de l'Antonov 12, l'accélération verticale maximale à l'atterrissage est de 2 g.

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 a été utilisé dans son domaine de vol et de performances pendant toute la durée du vol excepté à l'atterrissage.

La masse de l'appareil au moment de l'atterrissage était de 57 511 kilogrammes.

En configuration atterrissage (volets sortis à 35°), pour un An 12, à la masse comprise entre 56 et 58 tonnes, la vitesse d'approche minimale est de 228 km/h et la vitesse maximale est de 300 km/h.

1.6.3. Carburant

- Type de carburant utilisé : kérosène Jet A-1
- Quantité de carburant au décollage : 13 882 kilogrammes
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 7 855 kilogrammes

1.7. Conditions météorologiques

Selon le bureau météorologique militaire de Gao, à 16h48, le vent est du travers droit (150°). La force du vent est comprise entre 2 et 7 kt.

La température est de 39,5 °C, l'humidité de 5% et la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer (QNH) est de 1 010 hPa⁴.

Une brume sèche est présente sur le terrain et réduit la visibilité à environ 3 000 mètres.

1.8. Aides à la navigation

Le vol entre Bamako et Gao ainsi que l'approche sont réalisés à vue. La navigation et l'approche sont effectuées en VFR à l'aide du GPS (GPS Garmin 155XL).

L'aéroport de Gao ne dispose pas d'équipements de radionavigation ni de moyens de finale ILS.

Le VOR ne fonctionne pas.

1.9. Télécommunications

Le commandant de bord est en liaison avec la tour de contrôle de l'aéroport de Gao.

⁴ hPa : hectoPascal.

1.10. Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport de Gao est situé dans une zone de conflit armé et est fermé au transport public. Les aéronefs autorisés à s'y poser obéissent à des règles d'utilisation qui sont dérogatoires aux règles de la CAG⁵. La documentation utilisée par les équipages sont les NOTAM⁶, les AIP⁷, les SUP AIP⁸ et un document émis quotidiennement qui donne des informations complémentaires à la documentation civile.

Le commandant de bord est seul habilité à juger si les conditions sont réunies pour pouvoir se poser⁹.

L'aéroport de Gao est composé de deux pistes parallèles orientées 07/25.

La piste en dur, au nord, est fermée pour cause de travaux¹⁰. La piste 07R/25L, au sud, seule ouverte, est en latérite et mesure 1 800 mètres de long sur 30 mètres de large.

⁵ CAG : circulation aérienne générale.

⁶ NOTAM : *Notice to Airmen* – information aéronautique temporaire.

⁷ AIP : *Aeronautical Information Publication* – publication d'information aéronautique.

⁸ SUP AIP : suppléments à l'AIP.

⁹ Pour mémoire, selon les règles de la circulation aérienne générale, la visibilité en vol dans un espace aérien non contrôlé doit être de 5 000 mètres pour une vitesse supérieure à 140 kt (259 km/h) et 1 500 mètres pour une vitesse inférieure à 140 kt. Dans un espace aérien contrôlé, la visibilité doit être de 5 000 mètres pour une altitude inférieure au FL 100. En VFR spécial, l'avion doit être hors des nuages et à vue du sol, la visibilité en vol ne doit pas être inférieure à 1 500 mètres et la vitesse doit être de 140 kt maximum.

¹⁰ La piste en dur a été remise en état le 23 juillet 2018.

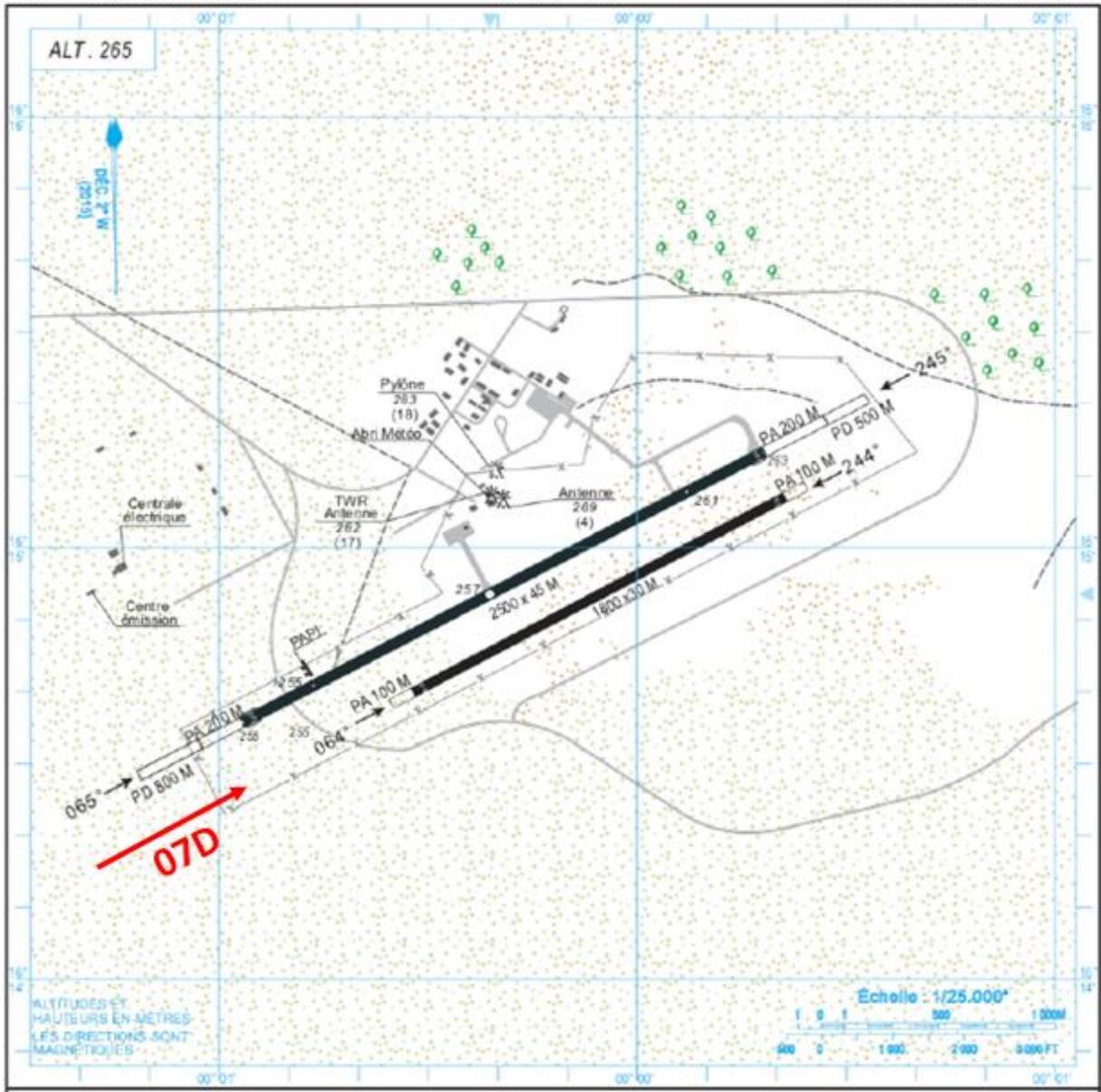


Figure 1 : extrait de la carte d'atterrissage à vue

La piste en latérite n'est pas équipée de balisage permanent. Un balisage temporaire composé de balises de rappel (lampes « flash ») peut être installé à l'extrémité de la piste pour matérialiser le seuil. Au moment de l'évènement, ce balisage temporaire est en place à la demande de l'équipage.



Figure 2 : balisage temporaire de piste

1.11. Enregistreurs de bord

L'aéronef est équipé de deux enregistreurs de paramètres et d'un enregistreur de voix :

- FDR¹¹: modèle BUR-SL1 ser. 9 ;
- CVR¹²: modèle CVR-120A.

Les données du CVR et du FDR ont été extraites par le bureau ukrainien chargé des enquêtes de sécurité (NBAAI).

Les paramètres enregistrés par le FDR sont les suivants :

- accélérations verticales ;
- position de la gouverne de profondeur ;
- position de la gouverne de direction ;
- braquage des ailerons ;
- couple des moteurs (X4) ;
- *reverse* ;
- pression cabine ;
- vitesse ;
- altitude.

¹¹ FDR : *Flight Data Recorder* : enregistreur de paramètres de vol.

¹² CVR : *Cockpit Voice Recorder* : enregistreur de voix en cabine.

Les paramètres enregistrés sur le FDR ne permettent pas de déduire l'attitude de l'appareil (assiette, roulis, tangage) ni le cap.

Les données que contient le CVR sont inexploitable car le boîtier n'était pas alimenté au moment de l'incident. Au moment de la parution de ce rapport, la cause de la non alimentation du CVR n'est pas déterminée.

1.12. Constatations sur l'aéronef et la piste

1.12.1. Constatations sur l'aéronef

Le train d'atterrissage avant est fortement endommagé. Les deux moteurs droits sont hors service suite à une rupture d'une canalisation carburant ayant entraîné l'inflammation du carburant répandu dans le compartiment moteur.

La partie inférieure avant du fuselage est abîmée suite à l'impact lors de l'affaissement puis aux frottements sur la piste.



Figure 3 : l'An 12 immobilisé après sa course d'atterrissage



Figure 4 : train d'atterrissage avant replié en partie dans son logement de train (photo prise sur la zone de stockage de l'avion)



Figure 5 : état de la partie avant de l'appareil (capotage du radôme)

1.12.2. Constatations sur la piste



Figure 6 : piste d'atterrissage après le poser de l'Antonov 12

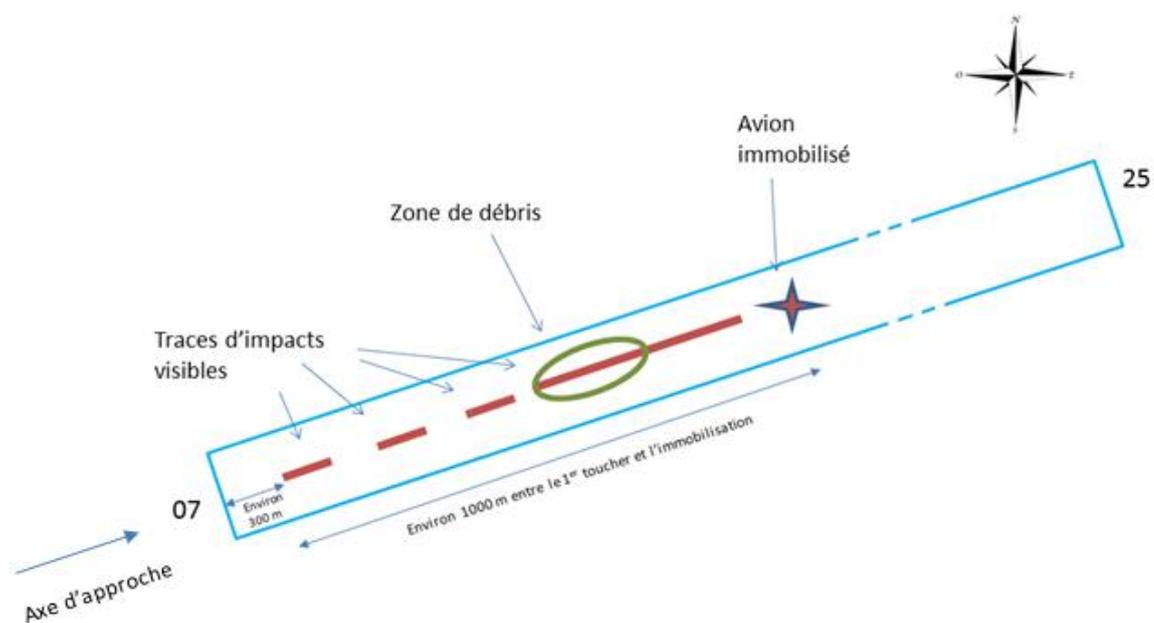


Figure 7 : schéma des traces de l'avion sur la piste 07D de Gao (non à l'échelle)

Les débris ont été immédiatement évacués et la piste rapidement remise en état pour permettre son utilisation par d'autres aéronefs.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

1.13.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : classe 1¹³
 - date : 26 avril 2017
 - résultat : apte VML¹⁴
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : classe 1
 - date : 18 octobre 2017
 - résultat : apte VML
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.13.1.3. Ingénieur de vol

- Dernier examen médical :
 - type : classe 1
 - date : 27 septembre 2017
 - résultat : apte VNL¹⁵
 - validité : 7 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.13.1.4. Navigateur

- Dernier examen médical :
 - type : classe 1
 - date : 27 septembre 2017
 - résultat : apte VNL
 - validité : 7 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

¹³ Les personnels navigants techniques professionnels de l'aéronautique civile doivent répondre aux dispositions administratives et normes médicales de « classe 1 ».

¹⁴ VML : le demandeur ou le titulaire d'une licence doit porter des verres de correction multifocaux et avoir une paire de réserve à bord.

¹⁵ VNL : le demandeur ou le titulaire d'une licence doit porter des verres de correction pour la vision rapprochée et avoir une paire de réserve à bord.

1.13.1.5. Opérateur radio

- Dernier examen médical :
 - type : classe 1
 - date : 20 avril 2017
 - résultat : apte VNL
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.13.1.6. Autres membres d'équipage : deux techniciens

- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

1.14. Intervention des secours

L'alerte « crash » est actionnée par la tour à 16h48.

Les pompiers arrivent sur place à 16h50 à bord de 3 véhicules (dont 2 véhicules d'intervention polyvalents). Ils détectent un feu sur le moteur n° 4 (extrémité droite de l'aéronef) et procèdent à son extinction.

Un tapis de mousse de protection est projeté sous le cockpit par précaution car des écoulements de fluides sont détectés.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

L'équipage évacue de lui-même l'aéronef dès son immobilisation. Tous les membres d'équipage sont indemnes.

1.16. Essais et recherches

Le bureau ukrainien chargé des enquêtes de sécurité des aéronefs civils (NBAAI) a analysé les FDR et CVR et a assisté le directeur d'enquête du BEA-É dans ses investigations auprès des intervenants locaux.

RESEDA a analysé les données du FDR.

1.17. Renseignements sur les organismes

CAVOK Air est une compagnie aérienne ukrainienne spécialisée dans le transport de fret. Elle a été mandatée par la société britannique *Air Charter Service* pour effectuer du transport logistique au profit de l'Économat des Armées (EdA) qui assure le soutien logistique aux forces françaises stationnées à Gao.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Expérience des équipages

Les équipages de CAVOK Air sont habitués au terrain de Gao. En 2017, le commandant de bord avait effectué plus de 20 missions sur ce terrain.

1.18.2. Responsabilités dans le cockpit

C'est le commandant de bord qui est en charge de l'atterrissage et qui le réalise. Le co-pilote assiste le commandant de bord dans ses fonctions.

2. ANALYSE

L'analyse qui suit s'appuie sur les résultats des expertises, sur les constatations effectuées sur l'aéronef et sur les témoignages.

Elle présente dans un premier temps la séquence de l'évènement, puis s'attache à identifier dans un second temps les causes de l'incident.

2.1. Séquence de l'évènement

La description de la séquence repose sur les informations issues des plans de vol, les données du FDR et les témoignages.

Le FDR donne des informations concernant la position des ailerons, de la gouverne de profondeur ainsi que de la gouverne de direction. On peut déduire de ces informations les actions du pilote sur les commandes et identifier deux phases de vol distinctes : une longue finale plutôt stable, suivie d'une courte finale caractérisée par de nombreuses corrections. Cette courte finale commence à T0-38''.

La France et l'Algérie sont dans le même fuseau horaire. Le décalage entre la France et le Mali est de 1 heure.

J est considéré comme le jour de l'évènement.

- J-1 : récupération du fret à Vatry (France), décollage à 13h00 (heure locale) et arrivée à Ghardaïa (Algérie) à 16h55 (heure locale).
- J : décollage de Ghardaïa à 3h30 (heure locale) pour une arrivée prévue à Gao 3h20 plus tard.
- 6h50 : arrivée de l'An 12 en finale sur l'aéroport puis remise des gaz vers Bamako.
- 8h50 : arrivée à Bamako.
- 14h44 : décollage de Bamako pour Gao.
- 16h45 : arrivée en longue finale sur Gao.

T0 est défini comme l'instant du premier impact sur la piste (16h48).

- Jusqu'à T0-38'' : l'équipage pense être axé sur la piste et conduit une approche stable.
- T0-38'' (soit 2 600 mètres environ du seuil de piste) : l'équipage corrige son plan et sa trajectoire pour s'aligner sur l'axe de piste.

L'action sur les gouvernes en courte finale montre une volonté d'aligner l'avion sur l'axe de piste (virages à droite) et une action à piquer pour adapter le plan de descente de l'aéronef.

- T0 : premier contact avec la piste mesuré à 2,9 g et premier rebond. L'extraction par calcul permet de déduire que la vitesse verticale au moment du toucher était d'environ 362 pieds par minute. Le commandant de bord a essentiellement une action à piquer volontaire sur la commande de gouverne de profondeur pendant les 15 dernières secondes de vol.
- T0+2,5 secondes : deuxième impact à 2 g suivi d'un rebond.
- T0+5,2 secondes : troisième impact à 2,9 g suivi d'un rebond.
- T0+6,3 secondes : atterrissage final avec une accélération verticale à 2,5 g.
- T0+23 secondes : immobilisation finale.

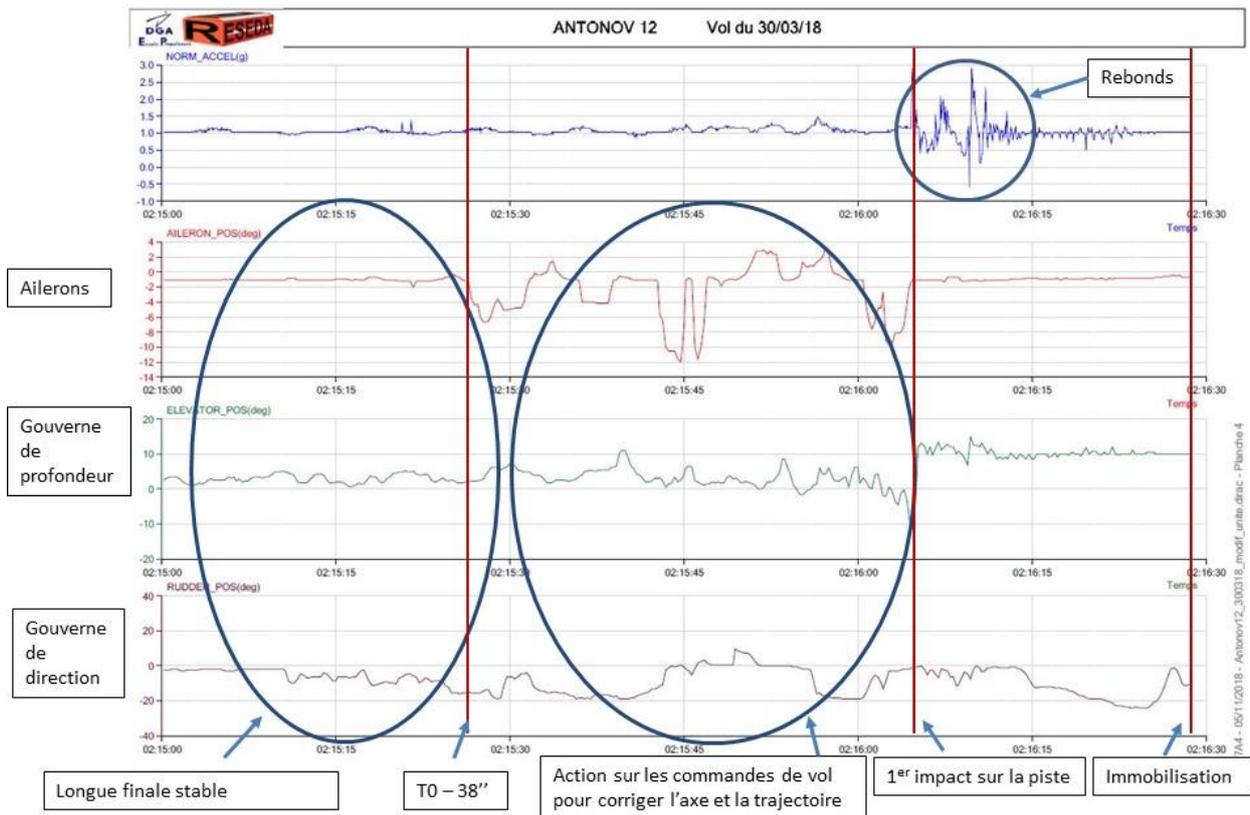


Figure 8 : action sur les commandes de vol en courte finale

2.2. Recherche des causes

2.2.1. Fonctionnement des systèmes

2.2.1.1. Fonctionnement de l'aéronef jusqu'en finale

L'analyse du FDR montre que les quatre moteurs fonctionnaient correctement lors du vol et de l'atterrissage. Le FDR ne détecte pas de variation de vitesse ni de perte de puissance. Aucun message de panne ou de détresse n'a été envoyé.

L'appareil répondait normalement aux sollicitations de l'équipage et celui-ci n'a repéré aucune défaillance en vol.

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

2.2.1.2. Origine des endommagements

Conformément au règlement de maintenance de l'Antonov 12, l'accélération verticale maximale à l'atterrissage est de 2 g.

Le FDR indique que l'appareil a rebondi trois fois. Deux impacts avoisinent les 3 g d'accélération verticale.

Les endommagements constatés sur l'aéronef attestent d'efforts en surcharge subis lors de contacts répétés et violents avec la piste. Les impacts successifs ont provoqué des endommagements aux moteurs et l'affaissement du train avant. L'endommagement des moteurs est consécutif à l'atterrissage. L'analyse par le NBAAI a montré que les chocs ont provoqué la rupture d'une canalisation de carburant. Celui-ci s'est répandu dans le capot moteur et s'est enflammé au contact des parties chaudes.

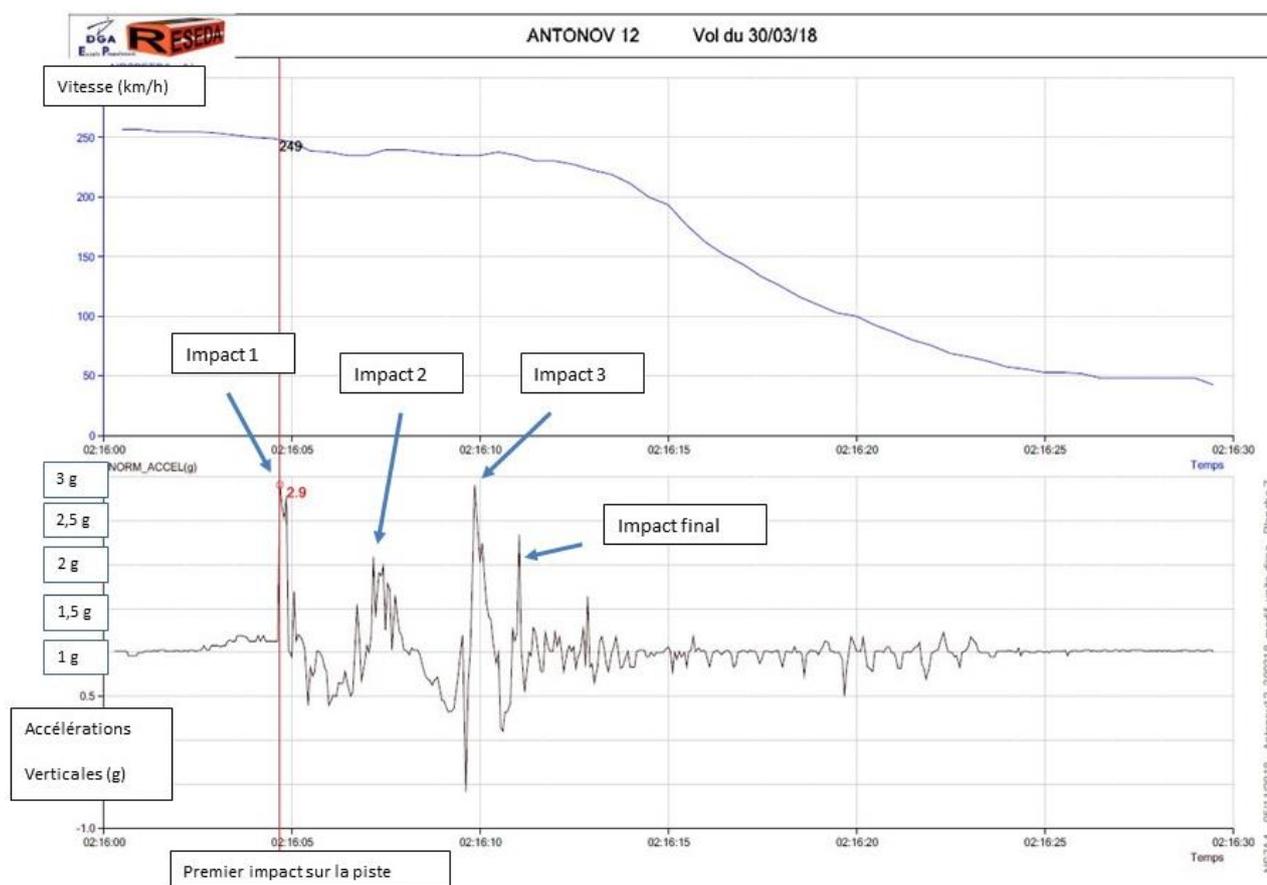


Figure 9 : toucher et rebonds

L'affaissement du train et les endommagements des moteurs 3 et 4 sont consécutifs à un contact initial violent avec la piste et aux rebonds consécutifs.

2.2.2. Perception de la piste

Les données du service météorologique donnent, au moment de l'incident, une visibilité horizontale au niveau du sol de 3 000 mètres, soit 43 secondes de vol à 250 km/h. Le vol s'effectuant à vue, la navigation et la prise de repère ne sont pas aisées. De plus, la piste utilisable est en latérite. Ce matériau de couleur orangée se confond facilement avec le terrain désertique environnant. Le contraste entre la piste et son environnement est donc très faible, rendant la perception de la piste particulièrement délicate pour l'équipage. Les feux à éclats installés et allumés à la demande de l'équipage pour mieux matérialiser le seuil de piste sont peu efficaces de jour. Ces feux n'ont pas été détectés par l'équipage. L'équipage n'a donc perçu la piste que tardivement.

La faible visibilité combinée à un terrain difficilement repérable a contribué à une approche instable.

2.2.3. Focalisation de l'attention de l'équipage sur le seuil de piste

L'équipage n'a pas immédiatement repéré précisément la piste de l'aéroport et a conduit dans un premier temps une approche non axée sur la piste. Les témoignages ainsi que les données du FDR décrivent en effet une approche instable en courte finale.

Ce n'est qu'en courte finale, reconnaissant tardivement la piste, que l'équipage s'est correctement aligné sur l'axe. Cette approche non stable et la détection tardive de la piste ont conduit l'équipage à une focalisation de l'attention sur le point de poser de l'aéronef caractérisée par une action à piquer sur la gouverne de profondeur.

Focalisé sur la recherche du seuil et de l'axe de piste, l'équipage n'a pas réussi à stabiliser le plan d'approche. Cette approche instable a contribué à l'évènement.

2.2.4. Fatigue de l'équipage

Après avoir pris en compte l'avion, chargé le fret à Vatry, le jeudi 29 mars 2018 dans la matinée, l'équipage arrive à Ghardaïa (Algérie) à 16h55. L'équipage redécolle à 4h30 locale (3h30 heure de Gao) en direction de Gao mais, au moment de l'atterrissage à 6h50, il remet les gaz en raison d'une mauvaise visibilité et se dirige sur Bamako.

L'équipage va alors patienter durant 6 heures en attendant une amélioration des conditions météorologiques sans aucune adaptation physiologique des organismes. En effet, parti de France la veille, l'équipage n'a pas eu le temps de s'acclimater aux conditions climatiques difficiles de cette région.

La fatigue probable de l'équipage peut être à l'origine d'une baisse de vigilance entraînant une altération de sa capacité d'analyse. Ainsi, en présence de conditions environnementales défavorables et d'une approche non stable, l'équipage n'a pas été en mesure de remettre en cause son plan d'action relatif à l'atterrissage à Gao, démarche trop coûteuse en ressources cognitives.

La fatigue probable de l'équipage, en entraînant une altération de sa capacité cognitive, a contribué à l'évènement.

2.2.5. Pression opérationnelle

La mission de l'équipage consiste à livrer des vivres frais aux forces armées françaises. Le respect des délais est un principe fortement ancré au sein de l'équipage, qui a à cœur de remplir sa mission dans les temps impartis.

De plus, la cargaison à bord de l'aéronef est constituée de vivres frais et de produits congelés. La limite de livraison est fixée au samedi 31 mars 2018 matin, soit le lendemain. Même si les délais offrent une certaine marge de manœuvre, la pression opérationnelle a poussé l'équipage à accomplir au plus tôt sa mission de livraison de fret.

La nature du fret transporté et l'exigence professionnelle de l'équipage l'ont conduit à s'imposer une pression temporelle forte dans le but de réussir la mission au plus tôt. Cette pression opérationnelle a contribué à l'évènement.

2.2.6. Influence de l'atterrissage d'un autre équipage

Le matin du 30 mars 2018, la visibilité était d'environ 3 000 mètres. Jugeant la visibilité insuffisante¹⁶, le commandant de bord a décidé de remettre les gaz et de se dérouter sur Bamako. Vingt minutes plus tard, un Antonov 12 de la même compagnie effectuant un transport de fret au profit de la MINUSMA¹⁷ se pose à Gao.

Au moment de l'évènement à 16h45, les conditions météorologiques lors de l'atterrissage, notamment la visibilité, étaient très similaires à celles rencontrées le matin même. Elles avaient conduit à la remise de gaz.

Le fait qu'un autre équipage ait réussi à atterrir dans des conditions météorologiques semblables (3 000 mètres de visibilité le matin) à celles auxquelles l'équipage avait été confronté a pu provoquer un sentiment de frustration et d'échec.

Ainsi, en fin d'après-midi, malgré des conditions d'atterrissage délicates, l'équipage a persévéré sachant qu'un autre aéronef avait pu se poser dans les mêmes conditions quelques heures plus tôt.

Le fait qu'un aéronef identique et de la même compagnie ait pu se poser dans des conditions analogues à celles dans lesquelles l'équipage avait décidé de remettre les gaz le matin est un facteur de pression supplémentaire. Ce sentiment de frustration et d'échec a induit un comportement de persévérance ayant pu contribuer à l'évènement.

¹⁶ Le manuel d'exploitation de la société CAVOK spécifie notamment qu'une visibilité de 4 000 mètres est nécessaire pour atterrir.

¹⁷ MINUSMA : Mission multidimensionnelle intégrée des nations unies pour la stabilisation au Mali.

2.2.7. Action inadaptée sur les commandes de vol

L'extrait du manuel de vol de l'An 12 ci-dessous décrit les cas dans lesquels les actions du pilote sont susceptibles de provoquer des rebonds lors de l'atterrissage :

« A- au lieu de maintenir la gouverne de profondeur stable au toucher des roues de l'avion, le pilote tire la gouverne de profondeur vers l'arrière ;

B- action vigoureuse sur la gouverne de profondeur vers l'arrière au toucher des roues du train principal lors de l'atterrissage avec les volets sortis à 25°, surtout par vent fort ;

C- action disproportionnée sur la gouverne de profondeur vers l'arrière à l'atterrissage de l'avion, dont le centre de gravité s'est déplacé vers l'avant ou faible réserve de carburant ;

D- faible hauteur de l'arrondi de l'avion. »

Les éléments indiqués par le FDR et les témoignages montrent que les cas B et C ne correspondent pas à la configuration de l'avion. L'analyse du FDR montre que le pilote a initié une dernière action à cabrer juste avant le toucher de la piste (0,7 secondes) pour, immédiatement après, pousser le manche vers l'avant jusqu'à l'arrêt complet de l'aéronef.

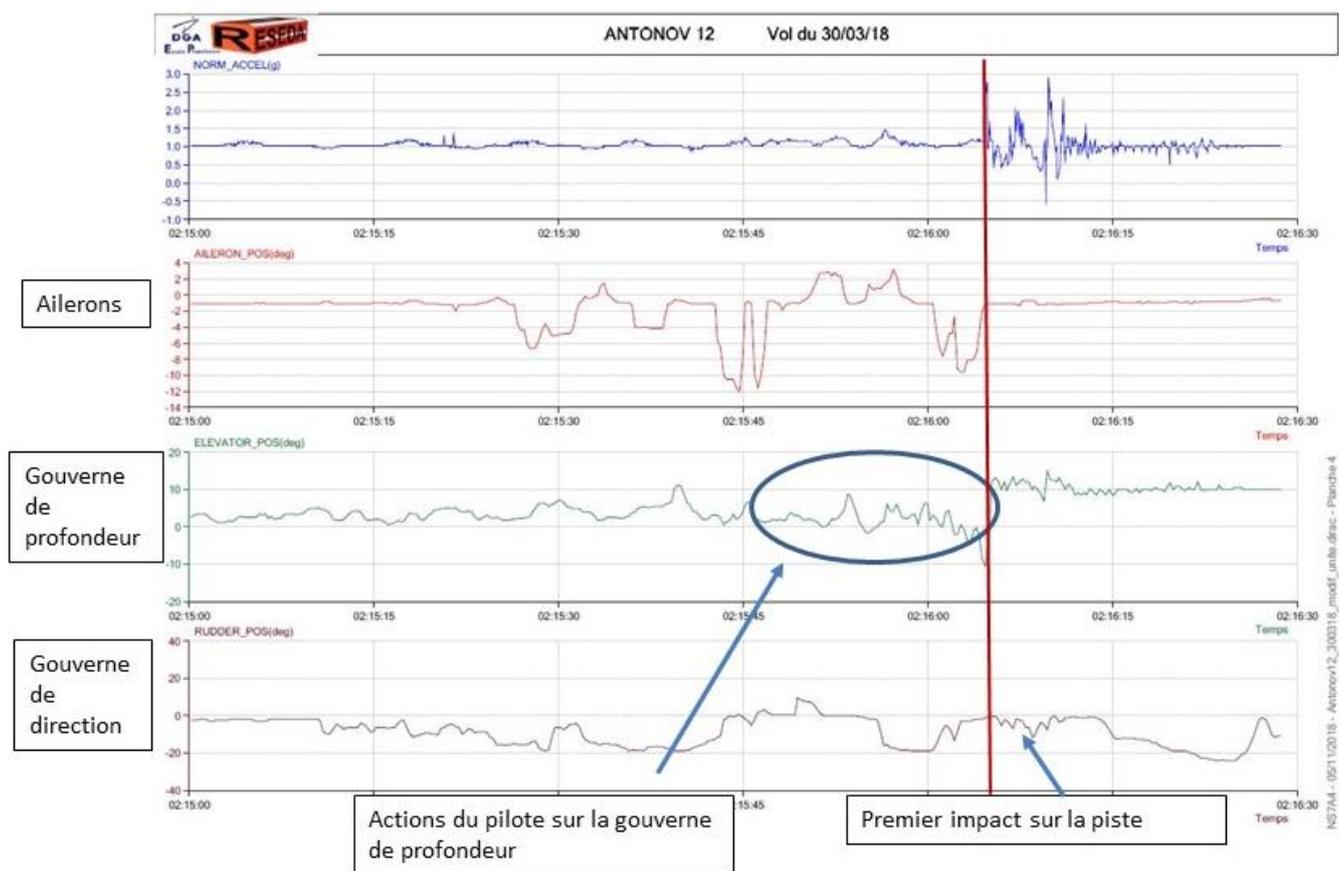


Figure 10 : actions sur la gouverne de profondeur

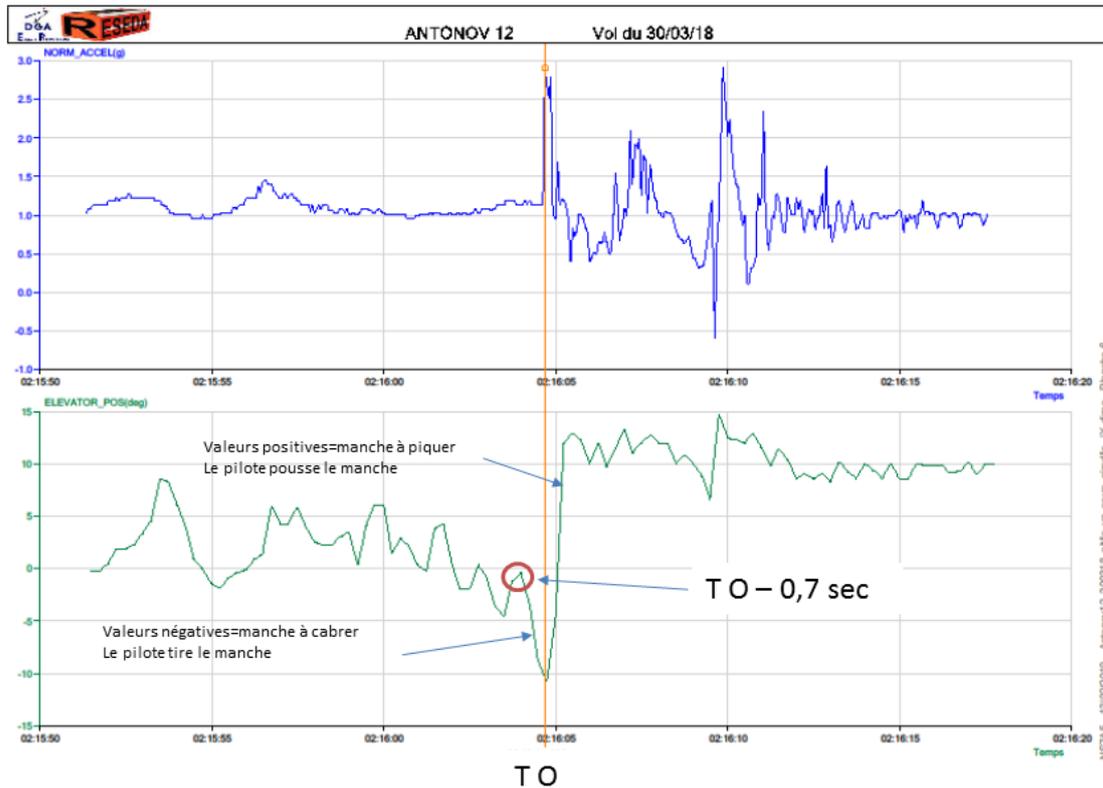


Figure 11 : action sur la gouverne de profondeur

Une action trop tardive du pilote pour effectuer l'arrondi a provoqué les rebonds.

2.2.8. Organisation du cockpit

Lors des entretiens, il est apparu un fort gradient hiérarchique entre le commandant de bord et les autres membres d'équipage. En outre, l'analyse de l'« *operations manual* » spécifie que seul le commandant de bord a un rôle dans la prise de décision de la remise des gaz. Les entretiens n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence d'une discussion entre les membres d'équipage relative à la prise de décision de réaliser l'atterrissage malgré les conditions de vol en cours (météorologie, approche non stable). Les entretiens laissent à penser que les décisions dépendent uniquement du commandant de bord et ne semblent pas pouvoir être remises en question.

Les entretiens suggèrent l'existence d'un cockpit de type autocratique. Ce type de cockpit, excluant les membres d'équipage de la décision de remise des gaz, ne favorise pas le développement d'une synergie au sein de l'équipage. Le manque de synergie de l'équipage est un facteur contributif à l'évènement.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est un atterrissage manqué sur une piste en latérite par visibilité dégradée d'un avion affrété réalisant une mission logistique.

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

Le 30 mars 2018, l'An 12 UR-KDM effectue un transport de vivres frais à Gao au profit des forces armées françaises. Arrivant en finale sur l'aéroport, la visibilité limitée incite l'équipage à effectuer une remise des gaz et à se dérouter vers Bamako. En début d'après-midi, jugeant que les conditions s'améliorent, l'équipage redécolle et se présente en finale sur la piste en latérite 07 droite de Gao.

La visibilité étant réduite à 3 000 mètres et la piste difficilement repérable, l'équipage sollicite le contrôle aérien de Gao pour matérialiser le seuil de piste avec des feux à éclat.

L'équipage ne perçoit cette piste secondaire que tardivement et n'effectue des corrections pour rattraper son axe et son plan qu'en courte finale. Par voie de conséquence l'approche est non stabilisée.

Cette finale non stable aboutit à l'exécution d'un arrondi tardif et mal maîtrisé.

L'appareil touche la piste et rebondit à trois reprises.

Un ou plusieurs de ces contacts avec la piste ont produit des efforts excessifs sur le train avant et l'effacement de ce dernier.

L'aéronef glisse sur l'avant du fuselage sur une distance de 500 mètres avant de s'immobiliser.

L'équipage coupe les moteurs et les systèmes, puis évacue l'aéronef par ses propres moyens.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de cet évènement relèvent du domaine environnemental et de celui et des facteurs organisationnels et humains.

Les éléments suivants ont contribué à une détection tardive de la piste en service :

- les conditions de visibilité réduites par la brume sèche (inférieures à 3 000 mètres) ;
- l'absence de contraste de la piste en latérite avec le terrain environnant ;
- le manque d'efficacité du balisage lumineux portatif installé en seuil de piste à la demande de l'équipage.

Les facteurs suivants ont contribué à l'exécution d'une finale non stable et à un arrondi tardif et mal maîtrisé :

- la focalisation de l'attention sur le point de poser, conduisant à poursuivre un atterrissage mal engagé sans remise de gaz ;
- la pression opérationnelle visant à livrer des vivres frais dans les temps ;
- l'émulation induite par la performance d'un autre équipage de la même compagnie qui a pu se poser plus tôt à Gao dans les mêmes conditions ;
- la fatigue accumulée par l'enchaînement des vols et les conditions climatiques, propice aux erreurs de jugement et aux retards de décision ;
- l'organisation du cockpit ne favorisant pas la synergie au sein de l'équipage.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Procédures d'approche sur terrains sommairement équipés

L'atterrissage sur la piste en latérite de Gao est délicat. La faible visibilité et la couleur de la piste se confondant avec le sol environnant rendent l'approche et l'atterrissage difficiles.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CAVOK Air d'adapter des procédures concernant l'usage de terrains sommairement équipés.

R1 - [E-2018-03-I]

4.1.2. Remise de gaz

L'équipage s'est focalisé sur son point de poser et a persévéré dans la conduite d'une approche non stable. Une remise des gaz pour mettre en place une nouvelle approche ou pour se dérouter sur un autre aéroport aurait diminué considérablement le risque d'incident.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CAVOK Air de procéder aux rappels nécessaires concernant la procédure relative aux remises de gaz.

R2 - [E-2018-03-I]

4.1.3. Synergie au sein de l'équipage

La synergie au sein de l'équipage n'a pas favorisé l'instauration d'un dialogue qui aurait permis de détecter et de réagir face à une configuration d'atterrissage critique.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CAVOK Air de développer les instructions CRM (*Crew Resource Management*) pour pallier le manque de synergie au sein de l'équipage.

R3 - [E-2018-03-I]

4.2. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement

Fonctionnement du CVR

Des enregistrements ont pu être extraits du CVR mais ils ne correspondaient pas aux derniers vols de l'appareil. Il apparaît que le CVR n'avait pas été mis sous tension depuis plusieurs jours. La présence et le bon fonctionnement d'un CVR sont obligatoires, car il s'agit d'un équipement indispensable à l'analyse des vols et qui contribue à la sécurité. Ces enregistrements auraient apporté des éléments de compréhension précieux à l'analyse du vol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CAVOK Air de mettre en place une procédure ou un dispositif permettant de s'assurer du bon fonctionnement permanent du CVFDR.

R4 - [E-2018-03-I]