



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 11 avril 2007

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2006-015-A

Date de l'événement	14 juin 2006
Lieu	Rennes Saint-Jacques (35)
Type d'appareil	EADS Socata TBM 700
Immatriculation	N°136 F-MABR
Organisme	Aviation légère de l'armée de terre
Unité	Escadrille avions de l'armée de terre

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

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

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	5
<i>Table des illustrations</i>	6
<i>Synopsis</i>	7
1 Renseignements de base	9
1.1 Déroulement du vol.....	9
1.1.1 Mission.....	9
1.1.2 Déroulement.....	9
1.1.2.1 Préparation du vol.....	9
1.1.2.2 Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement.....	10
1.1.3 Localisation.....	10
1.2 Tués et blessés.....	10
1.3 Dommages à l'aéronef.....	11
1.4 Autres dommages.....	11
1.5 Renseignements sur le personnel.....	11
1.5.1 Membres d'équipage de conduite.....	11
1.5.1.1 Moniteur.....	11
1.5.1.2 Pilote stagiaire.....	13
1.5.2 Mécanicien.....	14
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	14
1.6.1 Maintenance.....	15
1.6.2 Masse et centrage.....	15
1.6.3 Carburant.....	15
1.7 Conditions météorologiques.....	16
1.7.1 Prévisions.....	16
1.7.2 Observations.....	16
1.8 Télécommunications.....	16
1.9 Renseignements sur l'aérodrome.....	16
1.10 Enregistreurs de bord.....	18
1.11 Renseignements sur l'aéronef et sur la zone.....	18
1.11.1 Examen de la zone.....	18
1.11.1.1 Position du TBM 700.....	18
1.11.1.2 Relevé des traces.....	20
1.11.1.3 Examen de l'aéronef.....	20
1.12 Renseignements médicaux et pathologiques.....	24
1.13 Essais et recherches.....	24
1.14 Renseignements sur les organismes.....	24
1.14.1 Cellule instruction de l'EAAT.....	24
1.14.2 Stage « commandant de bord ».....	25
1.14.3 Durée du travail.....	25
2 Analyse	26
2.1 Manœuvres du train.....	26
2.1.1 Éléments recueillis ou établis.....	26
2.1.2 Verrouillage du train en position basse.....	28
2.2 Analyse de l'erreur de manipulation.....	28
2.2.1 Défaut d'ergonomie du TBM 700.....	29
2.2.2 Fatigue latente du moniteur.....	30
2.2.2.1 Activité aérienne du moniteur avant le stage « commandant de bord ».....	30
2.2.2.2 Emploi du temps du moniteur pendant le stage « commandant de bord ».....	30

2.2.2.3 Conclusion sur la fatigue latente du moniteur	32
2.2.3 Préoccupations du moniteur	33
2.2.4 Recours à des routines inadaptées	34
2.2.4.1 Facteurs pouvant conduire au recours à des routines inadaptées	35
2.2.4.2 Absence d'inhibiteurs aux routines inadaptées	37
2.2.4.3 Détection / Rattrapage de l'erreur	37
2.2.4.4 Conclusion sur le recours à des routines inadaptées	39
2.3 Étude de la synergie de l'équipage.....	40
2.3.1 Perception et mode d'action du moniteur	40
2.3.2 Perception et mode d'action du pilote	41
2.3.3 Conclusion sur la synergie de l'équipage	41
2.4 Présentation chronologique des événements et des plans d'action des 2 membres de l'équipage de conduite.....	42
3 Conclusion	44
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement.....	44
3.1.1 Éléments relatifs à l'ALAT	44
3.1.2 Éléments relatifs à l'EAAT	44
3.1.3 Éléments relatifs à la cellule instruction	44
3.1.4 Éléments relatifs au moniteur	44
3.1.5 Éléments relatifs au vol	45
3.1.6 Éléments relatifs à la réalisation du vol du 14 juin 2006.....	45
3.2 Mécanisme de l'événement.....	45
4 Recommandations de sécurité	47
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	48
4.1.1 La durée du travail.....	48
4.1.2 Encadrement de l'EAAT	49
4.1.3 Séquencement de la phase d'accélération du posé-décollé.....	49
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	50
Annexes	51
1 Transcription des communications radio téléphoniques	52
2 Programme du « stage commandant de bord »	56
3 Effets de la fatigue sur la performance	58

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation légère de l'armée de terre
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
CB	Commandant de bord
COMALAT	Commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
CRM	<i>Crew resources management</i> Gestion des ressources de l'équipage
EAAT	Escadrille avions de l'armée de terre
Ft	<i>Feet</i> Pied (1 Ft \approx 0,305 m)
GA	Groupe d'artillerie
Kt	<i>Knot</i> Nœud (1kt \approx 1,852 km/h)
TNS	Train non sorti
VFR	<i>Visual flight rules</i> Règles de vol à vue

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Table des photos :

Photo 1 : vue générale	_____	page 19
Photo 2 : position de l'armoire électrique	_____	page 19
Photo 3 : armoire électrique	_____	page 19
Photo 4 : impact sur l'armoire électrique	_____	page 19
Photo 5 : trace sur le bord gauche de la piste 28	_____	page 20
Photo 6 : trace à l'extérieur de la piste 28	_____	page 20
Photo 7 : principaux dommages sur la cellule et l'aile du TBM 700	_____	page 22
Photo 8 : tube de Pitot retrouvé en amont de l'armoire	_____	page 23
Photo 9 : principaux dommages sur le train principal gauche	_____	page 23
Photo 10 : reconstitution à l'EAAT	_____	page 27
Photo 11 : emplacements des commandes de train et des volets	_____	page 29

Table des figures :

Figure 1 : Tour de piste en pistes 28 et 10 à Rennes Saint-Jacques	_____	page 17
Figure 2 : Trajectoire et position estimées du TBM 700 après son immobilisation au sud de la piste 28	_____	page 18

SYNOPSIS

- Date de l'événement : mercredi 14 juin 2006 vers 22h45.¹
- Lieu de l'événement : aéroport de Rennes Saint-Jacques.
- Organisme : armée de terre.
- Commandement : commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (COMALAT).
- Unité : escadrille avions de l'armée de terre (EAAT).
- Aéronef : TBM 700.
- Nature du vol : vol d'instruction.
- Nombre de personnes à bord : 3.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours de la phase d'accélération, lors d'un posé-décollé², le TBM 700 sort de piste. L'équipage est indemne et l'aéronef est endommagé.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense (BEAD-air), nommé enquêteur désigné.
- Un adjoint enquêteur, du BEAD-air, à l'enquêteur désigné.
- un enquêteur de première information (EPI).
- un officier pilote ayant une expertise sur TBM 700.
- un officier mécanicien ayant une expertise sur TBM700.
- un médecin du personnel navigant.

¹ Toutes les heures sont exprimées en heures locales.

² Manœuvre au cours de laquelle un aéronef se pose sur une piste puis décolle sans avoir marqué d'arrêt. Elle est utilisée pour des missions d'entraînement afin de limiter le temps d'occupation de la piste ou pour éviter de revenir au seuil de piste lorsque celle-ci n'est pas suffisamment longue pour permettre un décollage de la position d'arrêt.

Autres experts consultés

- EADS SOCATA.
- Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques de la Défense (SIMMAD).
- Institut de médecine aérospatiale du service de santé des armées (IMASSA).

Déclenchement de l'enquête technique

Les actions d'enquête technique ont été déléguées à un EPI sous la responsabilité de l'enquêteur désigné du BEAD-air.

Enquête judiciaire

Néant.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	FMY 8040
Type de vol	CAG ³ VFR ⁴
Type de mission	Tours de piste
Dernier point de départ	Rennes Saint Jacques
Heure de départ	22h30
Point d'atterrissage prévu	Rennes Saint Jacques

1.1.2 Déroulement

1.1.2.1 Préparation du vol

Le vol s'intègre dans le programme du stage pour l'obtention de la qualification de commandant de bord (CB) sur TBM 700. Son objectif est de former le stagiaire au pilotage en place droite⁵. L'équipage de conduite se compose donc du stagiaire en place droite, PF⁶, et du moniteur en place gauche, PNF⁷. Un mécanicien sol participe à la mission en tant que vigie⁸. L'équipage effectue le *briefing* de la mission vers 15h30. La répartition des tâches, particulière à cette mission, y est abordée. Plus spécifiquement, il est retenu que, lors des posés-décollés, le moniteur configure l'aéronef pour le décollage en réglant les compensateurs et en rentrant les volets vers la position de décollage.

³ CAG : Circulation aérienne générale.

⁴ VFR : *Visual flight rules*, règles de vol à vue.

⁵ Dans l'ALAT, l'équipage de TBM 700 est toujours constitué de 2 pilotes. Le pilotage s'effectue toujours en place gauche, à l'exception des vols lors du stage « commandant de bord ». Les pilotes stagiaires CdB sont formés au pilotage en place droite pour apprendre à suppléer une éventuelle défaillance du pilote aux commandes.

⁶ PF : Pilote en fonction. Pilote qui assure le pilotage et la conduite de l'avion.

⁷ PNF : Pilote non en fonction. Pilote qui assure les tâches autres que le pilotage (communications radio, surveillance du vol, navigation...).

⁸ Fonction occupée par des personnels de l'unité, embarqués sur certaines missions, pour participer à la surveillance du ciel.

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

Au cours de la phase d'accélération, lors du premier posé-décollé, alors que le pilote stagiaire augmente progressivement la puissance du moteur, le moniteur actionne la commande du train d'atterrissage au lieu de celle des volets. Constatant son erreur, il ramène immédiatement la commande de train en position basse et reprend les commandes en affichant la puissance de décollage. Le TBM 700 sort de piste. L'équipage évacue l'aéronef après son immobilisation.

1.1.3 Localisation

➤ Lieu : Aéroport de Rennes Saint Jacques.

⇒ pays : France ;

⇒ département : Île et Vilaine (35) ;

⇒ coordonnées géographiques :

▪ N 48° 04' 06'' ;

▪ W 001° 44' 01''.

⇒ altitude du lieu de l'événement : 110 ft⁹.

➤ Moment : nuit.

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	3		

⁹ Ft: *Feet*, pied (1ft ≈ 0,305m).

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
			X	

1.4 Autres dommages

L'armoire d'alimentation électrique de l'éclairage d'une manche à air a été endommagée par l'aéronef lors de la sortie de piste.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1 Moniteur

- Âge : 39 ans ;
- Unité d'affectation : EAAT ;
 - ⇒ fonction dans l'unité : responsable de la cellule instruction.
- Formation : pilote d'hélicoptère et d'avion ;
 - ⇒ qualification : IRI¹⁰, CRI¹¹ (ces deux qualifications sont délivrées par la DGAC¹²);
 - ⇒ école de spécialisation : service d'exploitation de la formation aéronautique (SEFA) à Muret ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2001 ;
 - ⇒ stage CRM¹³ : mars 2005 au département de médecine aéronautique opérationnelle (DMAO) de Mont de Marsan.

¹⁰ IRI : *Instrument rating instructor*, instructeur de vol aux instruments.

¹¹ CRI : *Class rating instructor*, instructeur de classe d'aéronef.

¹² DGAC : Direction générale de l'aviation civile.

¹³ CRM : *Crew resources management*, gestion des ressources de l'équipage.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont TBM 700	Sur tous types	Dont TBM 700	Sur tous types	Dont TBM 700
Total	5149	1547	268	89	65	23
Dont nuit	699	187	28	23	3h18	1h18
Dont instruction jour (avion)	272	100	176	31	50	11
Dont instruction nuit (avion)	23	16	7	4h30	3h18	1h18

➤ Date du dernier vol comme pilote sur TBM 700 :

- de jour : 13 juin 2006 ;
- de nuit : 13 juin 2006.

➤ Carte de circulation aérienne :

- ⇒ type : carte verte¹⁴ ;
- ⇒ date d'expiration : 14 septembre 2006.

➤ Emploi du temps théorique¹⁵ :

	Lundi 12	Mardi 13	Mercredi 14
Matin	2 vols	3 h de cours	2 h de cours
Après-midi	1 vol + 1 h de cours	3 vols	4 h de cours
Nuit		1 vol	2 vols ¹⁶

¹⁴ Qualifie les normes d'aptitude au pilotage aux instruments.

¹⁵ Les activités du moniteur et du pilote s'inscrivent dans le cadre du stage « commandant de bord » sur cette période.

¹⁶ L'accident est survenu au début du 1^{er} vol.

1.5.1.2 Pilote stagiaire

- Âge : 30 ans ;
- Unité d'affectation : EAAT ;
 - ⇒ fonction dans l'unité : pilote.
- Formation : Pilote d'hélicoptère et d'avion ;
 - ⇒ qualification : pilote professionnel qualifié au vol aux instruments, instructeur en vol (CPL-IR, FI¹⁷) ;
 - ⇒ école de spécialisation : Méditerranée Air Training ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2005 ;
 - ⇒ stage CRM : septembre 2005 (au sein de l'EAAT).
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	Sur tous types	Sur TBM 700	Sur TBM 700	Sur TBM 700
Total	2389	385	229	42
Dont nuit	256	58	28	0
Lors du stage CB				2h36

- Date du dernier vol comme pilote sur TBM 700 :
 - de jour : 13 juin 2006 ;
 - de nuit : 27 avril 2006.

¹⁷ CPL-IR: *Commercial pilote licence - instrument rating*, licence de pilote commercial - qualification de vol aux instruments. FI: *Flight instructor*, instructeur en vol. Ces qualifications ont été obtenues à titre privé et validées par l'ALAT. La qualification militaire retenue est celle de « pilote ».

- Carte de circulation aérienne :
 - ⇒ type : carte blanche¹⁸ ;
 - ⇒ date d'expiration : 24 mars 2007.
- Emploi du temps :

	Lundi 12	Mardi 13	Mercredi 14
Matin		3 h de cours	3 h de cours
Après-midi	1 vol + 2 h de cours	1 vol	4 h de cours
Nuit			1 vol ¹⁹

Nota : la préparation des vols n'est pas mentionnée dans ce programme. Chacun des stagiaires est responsable de se dégager des temps libres pour la faire.

1.5.2 Mécanicien

- Âge : 34 ans ;
- Unité d'affectation : EAAT ;
 - ⇒ fonction dans l'unité : mécanicien sol ;
 - ⇒ fonction à bord : vigie ;

La vigie n'intervient pas dans le déroulement de cet événement.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre ;
- Commandement : COMALAT ;
- Base aérienne de stationnement : Rennes Saint Jacques ;
- Unité d'affectation : EAAT ;

¹⁸ Qualifie les normes d'aptitude au pilotage aux instruments.

¹⁹ L'accident est survenu au début du vol.

➤ Caractéristiques de l'aéronef :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	TBM 700	136	3650 h 00
Moteur	PT 6 –A 64	111039	3737 h 35
Hélice	Hartzell	HH 110	1726 h 00

1.6.1 Maintenance

La documentation technique du TBM 700 n° 136 témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance.

1.6.2 Masse et centrage

Au moment de l'incident, la masse de l'aéronef était de 5947 lbs²⁰ et le centrage à 21.8 %.

1.6.3 Carburant

- Type de carburant utilisé : F 34 ;
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 184 USG²¹ ;
- Répartition du carburant restant dans les réservoirs d'ailes :
 - ⇒ Aile gauche : 97 USG ;
 - ⇒ Aile droite : 87 USG.

²⁰ Lb : *pound*, livre (1Lb ≈ 0,45 kg).

²¹ USG : *Gallon US*, gallon américain (1USG ≈ 3,785 litres).

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Prévisions

Les relevés météorologiques de la station de Rennes donnent pour la journée du 14 juin 2006 :

- à 15h00 : vent du 360° pour 04 kts²², visibilité 6 km, pluie, nuages fragmentés à 900 ft et 1700 ft, température 19°C, point de rosée 18°C ;
- à 22h00 : vent du 340° pour 06 kts, visibilité 8 km, nuages fragmentés à 1000 ft, température 18°C, point de rosée 16°C.

1.7.2 Observations

Les informations météorologiques, transmises par le contrôleur sur la fréquence de la tour de Rennes Saint-Jacques entre 22h35 et 22h45, donnent un vent du 340° pour 10 kts, une visibilité de 8 km et des nuages fragmentés à 900 ft.

1.8 Télécommunications

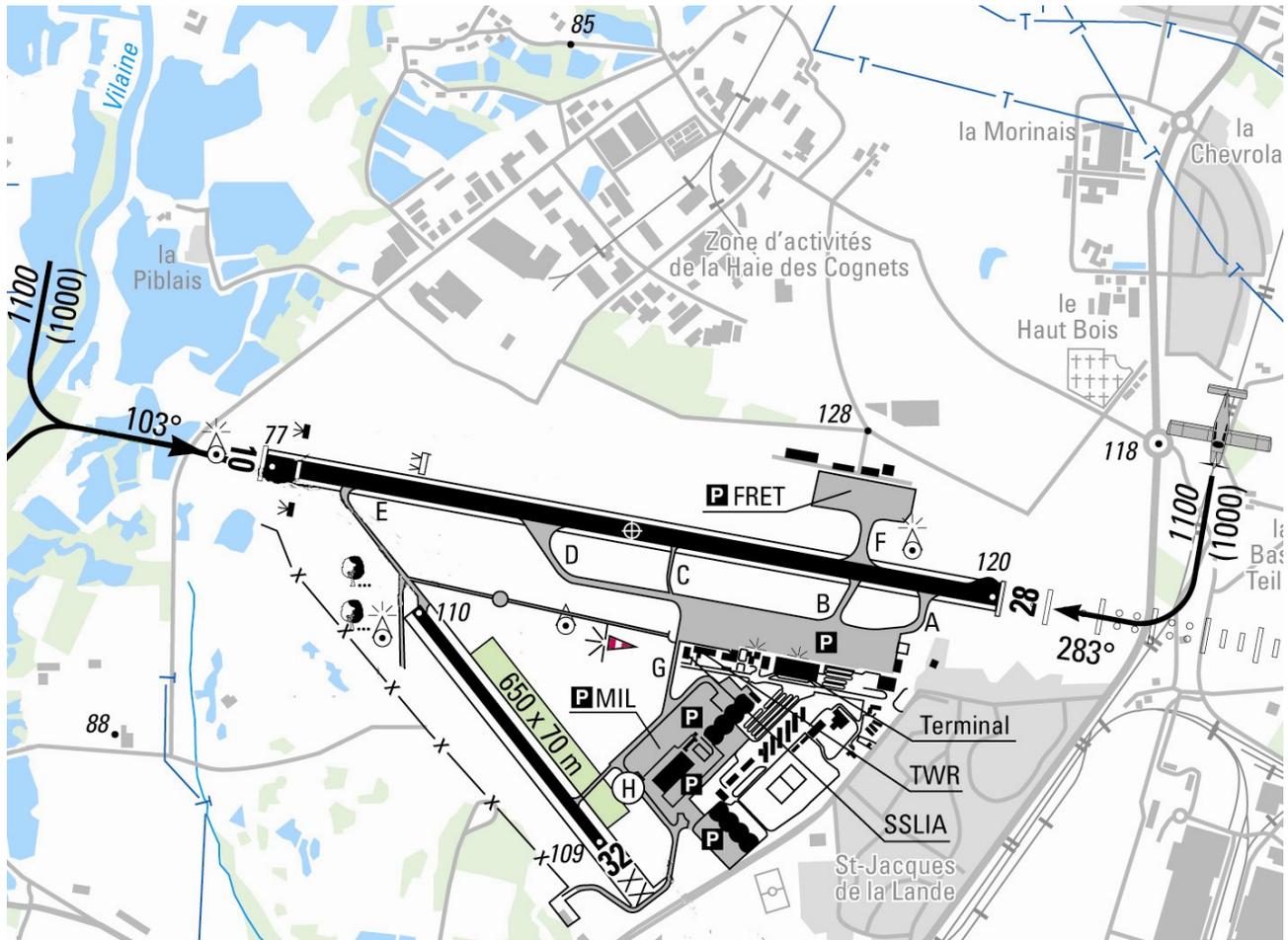
Le relevé des communications entre la tour de contrôle et les aéronefs dans la zone de Rennes Saint Jacques a été transmis au BEAD-air (annexe 1 : Transcription des communications radio téléphoniques, page 52).

1.9 Renseignements sur l'aérodrome

La piste 28²³ est en service pour le vol de nuit.

²² Kt : *Knot*, nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h).

²³ Piste 28 : la piste est approximativement au cap 280°.



Tour de piste en pistes 28 et 10 à Rennes Saint-Jacques

1.10 Enregistreurs de bord

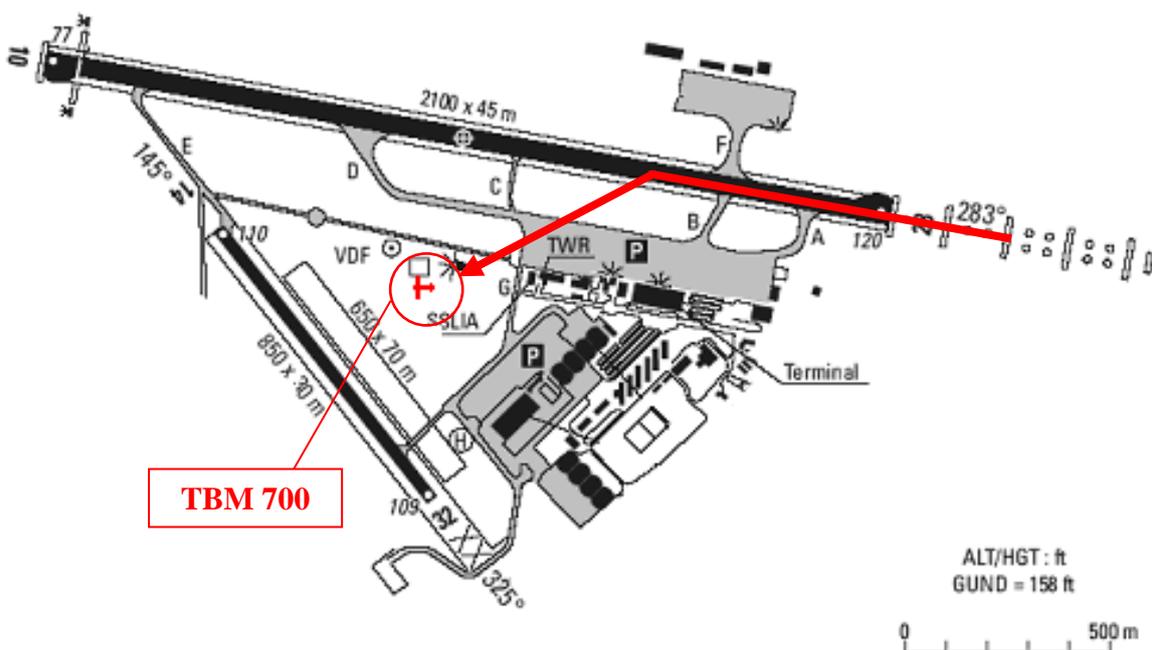
Le TBM 700 n'est équipé d'aucun enregistreur de bord.

1.11 Renseignements sur l'aéronef et sur la zone

1.11.1 Examen de la zone

1.11.1.1 Position du TBM 700

Le TBM 700 parcourt plus de 500 m hors de la piste avant de s'immobiliser. Lors de la course de l'aéronef, le volet gauche percute l'armoire d'alimentation électrique de la manche à air.



Trajectoire et position estimées du TBM 700 après son immobilisation au sud de la piste 28



Photo 1 : vue générale



Photo 2 : position de l'armoire électrique



Photo 3 : armoire électrique



Photo 4 : impact sur l'armoire électrique

1.11.1.2 Relevé des traces

Sur le bord gauche de la piste 28, a été relevée une traînée blanche. Cette trace se poursuit en dehors de la piste.



Photo 5 : trace sur le bord gauche de la piste 28



Photo 6 : trace à l'extérieur de la piste 28

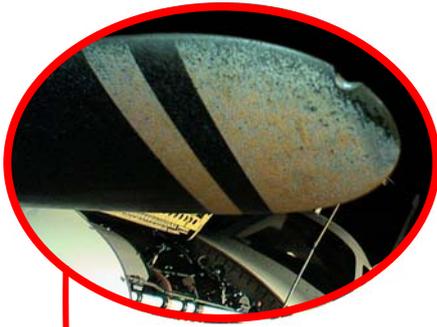
1.11.1.3 Examen de l'aéronef

Le TBM 700 s'est immobilisé dans l'herbe. Le train était sorti et verrouillé.

Les dégâts suivants ont été constatés :

- des déformations et des traces de frottements sur le saumon d'aile gauche ;
- le feu de navigation gauche détruit ;
- des frottements sur l'aileron gauche ;
- une trace d'impact sur une pale d'hélice ;
- le tube de Pitot gauche arraché et des traces de frottements sur l'intrados à ce niveau ;

- des plissements du revêtement de l'aile gauche ;
- des frottements sur le bloc de frein et la trappe de train d'atterrissage gauches ;
- une entaille sur le pneu gauche ;
- une marque de frottement sur le pneu gauche ;
- une zone d'impact sur le volet gauche (résultant de la collision avec l'armoire électrique).



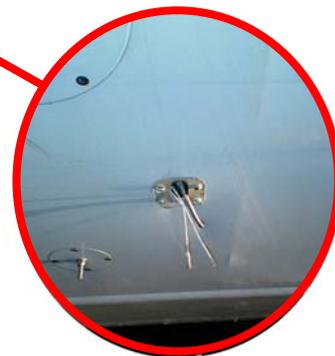
Trace d'impact sur l'hélice



Zone d'impact sur le volet gauche (choc sur l'armoire)



Saumon et aileron gauches

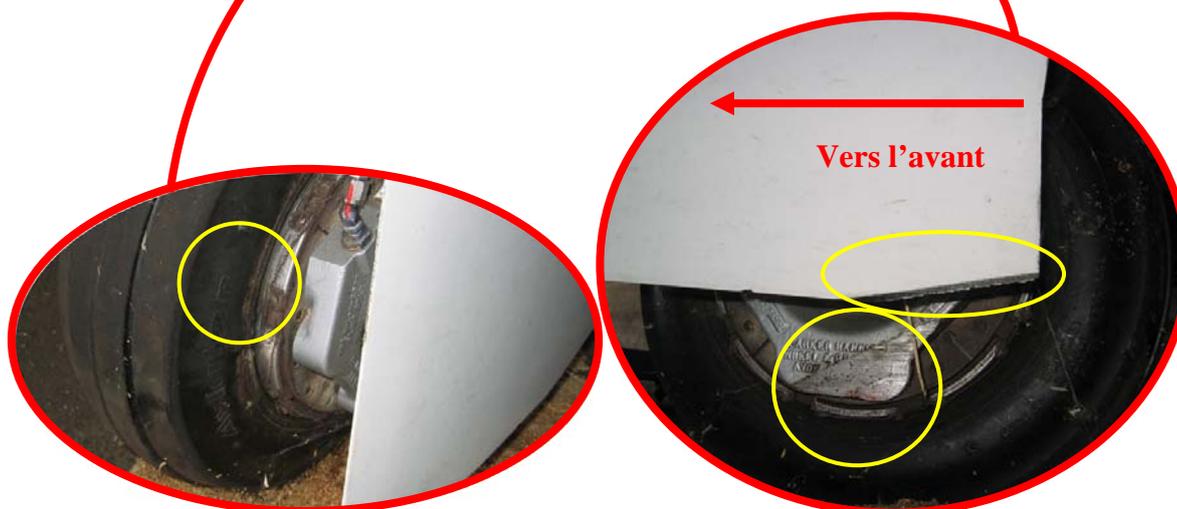


Tube de Pitot arraché et frottements sous l'aile gauche

Photo 7 : principaux dommages sur la cellule et l'aile du TBM 700



Photo 8 : tube de Pitot retrouvé en amont de l'armoire



Entaille sur le pneu gauche

Frottements sur le bloc de frein et la trappe

Photo 9 : principaux dommages sur le train principal gauche

1.12 Renseignements médicaux et pathologiques

L'équipage était apte médicalement.

1.13 Essais et recherches

- Le TBM 700 est équipé d'un système de sécurité empêchant la remontée du train, lorsque la commande est actionnée, avion au sol. Cette protection est constituée de deux microcontacts (un sur chaque jambe de train principal²⁴) qui coupent l'alimentation électrique de la centrale hydraulique pour la manœuvre du train.

Un essai de déclenchement de ces microcontacts a été effectué le 16 juin 2006 par les mécaniciens de l'EAAT.

- Un spécialiste de la société SOCATA a mené une inspection technique de l'aéronef.
- Une reconstitution du relevage du train gauche a été réalisée par le personnel technique de l'EAAT. Le but de celle-ci était de vérifier si les traces de frottements, sur le bloc de frein et la trappe, confirmaient la remontée effective du train suite à l'action du moniteur.

1.14 Renseignements sur les organismes

1.14.1 Cellule instruction de l'EAAT

Depuis 2005, la cellule instruction de l'EAAT est placée sous l'autorité d'un officier HTR²⁵. Elle est partie intégrante du FTO²⁶ aéronautique navale du centre d'entraînement, d'instruction, de préparation et d'analyse de mission (CEIPAM) de Lorient. Son effectif théorique est de 3 moniteurs sous-officiers.

Depuis 2001, l'unité a fonctionné avec les 3 moniteurs de la cellule instruction et l'officier HTR. Cependant, au moment de l'accident, seul un moniteur est réellement disponible et présent en permanence.

²⁴ Lorsqu'un seul des deux amortisseurs des jambes principales est comprimé, il y a interdiction de relevage du train. Il est nécessaire que les deux amortisseurs soient détendus pour que le train puisse manœuvrer.

²⁵ HTR : *Head of training representative*, responsable pédagogique délégué. Cet officier n'appartient pas à la cellule instruction. Il est garant de la conformité de l'instruction dispensée par celle-ci au regard de la réglementation.

²⁶ FTO : *Flight training organization*, organisme de formation au vol. Il délivre des licences de pilote d'avion et des qualifications associées. Cet organisme, bien que militaire, est reconnu par l'autorité de l'aviation civile et son activité est conforme à la réglementation aéronautique civile européenne.

En effet, un moniteur a quitté l'armée en janvier 2006 et n'a pas été remplacé. Le HTR s'apprêtait à rejoindre la vie civile début juillet et la monitrice était en position de congé de maternité depuis mai.

1.14.2 Stage « commandant de bord »

Le stage « commandant de bord » est un stage spécifique à l'ALAT²⁷ (aviation légère de l'armée de terre). Il comporte une phase de cours théoriques et 5 vols d'instruction, dont 4 avec le PF en place droite (annexe 2 : Programme du « stage commandant de bord », page 56).

Il se déroule sur environ 7 jours ouvrables²⁸, une fois par an. C'est au cours de ce stage qu'est abordée en vol de jour et de nuit la situation particulière de l'inversion des fonctions : PF en place droite et PNF en place gauche²⁹, dans le but d'apprendre à pallier une incapacité du pilote en place gauche.

Ni le manex³⁰, ni aucun autre document ne décrit la répartition des tâches relatives à cette inversion des fonctions.

1.14.3 Durée du travail

La notion de durée du travail (temps de service, temps de repos, temps de vol, amplitude de vol...) n'est pas définie par l'ALAT³¹.

Bien qu'une note interne du commandant de l'EAAT décrive les modalités d'engagement des personnels dans le cadre des missions opérationnelles, elle n'envisage cependant pas le cadre des missions de formation.

²⁷ Les autres stages s'appuient sur les normes civiles (JAR FCL).

²⁸ Cette durée est donnée à titre indicatif. Elle peut varier sensiblement en fonction du nombre de stagiaires et des contraintes liées à la météorologie ou à la disponibilité des aéronefs. Le cours est d'ailleurs déposé auprès du COFAT (commandement des organismes de formation de l'armée de terre) sur une durée théorique de 4 semaines.

²⁹ Aucun vol d'entretien n'est prévu par la suite en unité, avec l'inversion des fonctions.

³⁰ Manex : Manuel d'exploitation. Ce document réalisé sous la responsabilité de l'exploitant, rassemble les consignes d'exploitation, les procédures relatives à l'utilisation de l'avion, les consignes relatives à la zone d'exploitation et les dispositions sur la formation et le maintien des compétences des équipages.

³¹ Une instruction précise toutefois que la surveillance de l'état de fatigue des équipages doit être un souci du commandement.

2 ANALYSE

Après une étude liminaire qui permettra de déterminer si le train d'atterrissage s'est rétracté ou non, l'analyse portera successivement sur l'erreur de manipulation du moniteur et sur l'évolution de la synergie de l'équipage dans la période qui a suivi.

2.1 Manœuvres du train

2.1.1 Éléments recueillis ou établis

L'aéronef était au sol lorsque le moniteur a actionné la commande de train sur « rentré ». Cependant, les 3 membres d'équipages témoignent avoir ressenti un enfoncement à gauche semblant indiquer que, malgré l'interdiction de relevage au sol, la jambe gauche, tout au moins, se serait rétractée.

De plus :

- un essai de cinématique a montré que, lors du relevage du train, la jambe gauche du train principal se rétracte la première ;
- l'étude des traces de laminage, coté gauche, sur le bloc de frein et sur la trappe démontre qu'elles ne peuvent être la conséquence d'un choc avec un objet au sol compte tenu de la divergence des plans laminés avec la direction de la trajectoire de l'aéronef.

La reconstitution à l'EAAT montre sans ambiguïté que les traces de laminage sont dans un même plan lorsque la jambe de train se trouve dans une position médiane ;



Matérialisation du plan des frottements



Extension du plan des frottements vers le saumon

Photo 10 : reconstitution à l'EAAT

- l'étude d'un technicien d'EADS Socata confirme également l'usure du pneu selon ce même plan ;
- l'examen des traces de frottements relevées sur l'intrados (au niveau de l'emplacement du tube de Pitot arraché) et sur le saumon de l'aile gauche révèle qu'elles n'ont pu être provoquées qu'avec la jambe de train gauche relevée et l'avion incliné à gauche ;
- l'essai du dispositif d'interdiction de relevage du train, par le service technique de l'escadrille et par un technicien d'EADS Socata, n'a révélé aucun dysfonctionnement.

En conséquence :

lorsque le moniteur a actionné la commande du train sur « relevage », l'avion devait être partiellement sustenté (amortisseurs détendus) pour permettre la rétractation³² du train.

2.1.2 Verrouillage du train en position basse

Le moniteur constatant son erreur, repositionne sans délai la commande de train sur « sorti ». Il décide alors de reprendre les commandes de vol (il amène le manche dans le secteur arrière droit) et pousse la manette des gaz vers la puissance maximale. Ces actions franches ont pu avoir les conséquences suivantes :

- la rapidité de la mise en puissance crée un couple moteur entraînant l'avion vers la gauche ;
- l'avion décroche de façon dissymétrique à gauche (action sur le manche, présence du radar météorologique sur l'aile gauche, niveau de carburant plus élevé côté gauche).

Le TBM 700 décolle incliné à gauche et le saumon de l'aile gauche frotte sur la piste (trace blanche sur le côté gauche de la piste 28). C'est probablement lors de cette phase que le train principal gauche est ressorti et s'est verrouillé en position basse.

Ensuite, l'aéronef retombe d'abord sur le train principal, puis sur le train auxiliaire³³, avant de s'immobiliser plusieurs centaines de mètres plus loin.

2.2 Analyse de l'erreur de manipulation

L'objectif de cette analyse est de dégager les facteurs qui ont amené le moniteur à manipuler, par erreur, la commande du train d'atterrissage au lieu de celle des volets.

³² Lorsque le moniteur relève la commande de train, l'avion roule sur la piste avec une vitesse vraisemblablement proche de la vitesse de rotation. La puissance du moteur ayant été partiellement réajustée par le pilote et les volets étant toujours en position « atterrissage », la sustentation ne pouvait que s'en trouver augmentée. Il en résulte que, même si le TBM 700 était toujours au sol, les amortisseurs étaient probablement détendus rendant alors inefficients les contacteurs d'interdiction de relevage au sol.

³³ L'examen des traces au sol montre que la roue avant a touché le sol après celles du train principal.

Les causes envisagées de l'erreur de manipulation du moniteur sont :

- la confusion entre les 2 commandes résultant d'un défaut d'ergonomie du TBM 700 ;
- un état de fatigue latente ;
- des préoccupations ;
- le recours à des routines inadaptées.

2.2.1 Défaut d'ergonomie du TBM 700

L'expertise du moniteur sur TBM 700 est certaine. Une méconnaissance de l'emplacement des commandes ne peut donc être envisagée. Par ailleurs, leur disposition et leurs différences physiques (couleur et forme) excluent toute cause d'ordre ergonomique.



Photo 11 : emplacements des commandes de train et des volets

L'hypothèse que l'erreur de manipulation du moniteur soit liée à une cause d'ordre ergonomique est REJETÉE.

2.2.2 Fatigue latente du moniteur

2.2.2.1 Activité aérienne du moniteur avant le stage « commandant de bord »

L'activité aérienne du moniteur peut être qualifiée de soutenue, 268 heures de vol dans le semestre écoulé dont 65 heures dans le dernier mois. De plus, bien que sensiblement identique, en volume, à l'activité aérienne des autres pilotes de l'unité, celle-ci est constituée, pour plus des 2/3, de vols d'instruction : 176 heures de vol d'instruction dans le semestre écoulé dont 50 heures dans le dernier mois. Ces missions étant plus exigeantes (préparation, réalisation et débriefing) que celles dévolues habituellement à l'unité, elles ont été davantage génératrices de fatigue.

2.2.2.2 Emploi du temps du moniteur pendant le stage « commandant de bord »

L'étude de l'emploi du temps du moniteur pendant le stage « commandant de bord » appelle plusieurs remarques concernant son élaboration, son contrôle et sa réalisation.

- La durée du stage « commandant de bord³⁴ » n'a pas été modifiée, bien que le moniteur assure seul le fonctionnement de la cellule instruction, au lieu des 3 moniteurs habituels (l'officier HTR ne peut pas être disponible en permanence). Il doit donc, à la fois, organiser le stage, animer les cours théoriques, assurer l'instruction aérienne, suivre en temps réel l'activité des stagiaires et, le cas échéant³⁵, modifier l'emploi du temps initialement prévu, tout en assurant le suivi du stage.

Plus spécifiquement, entre le début du stage le lundi et l'accident le mercredi soir, le moniteur (annexe 2 : Programme du « stage commandant de bord », page 56) :

- ⇒ réalise 7 vols avant celui de l'accident dont un, de nuit, la veille de l'accident ;
- ⇒ assure une dizaine d'heures de cours théoriques ;
- ⇒ commence sa journée à l'heure normale le mardi et la termine après 23h40 à l'issue d'un vol de nuit ;

³⁴ Le stage « commandant de bord » a débuté le lundi 12 juin 2006.

³⁵ Deux vols ont été interrompus, l'un suite à un problème mécanique et l'autre pour une collision aviaire, obligeant le moniteur à modifier la mission suivante pour réaliser les exercices non effectués auparavant.

⇒ arrive à l'EAAT, le mercredi, 1 heure plus tard³⁶ avant d'entamer une journée de cours théoriques à l'issue de laquelle sont programmés 2 vols de nuit consécutifs³⁷ ;

⇒ assure également les tâches dévolues à sa fonction de responsable de la cellule instruction.

L'emploi du temps du moniteur, pendant le stage « commandant de bord », est donc dense et ne lui laisse aucun temps de récupération.

- Les responsabilités de commandant de l'EAAT englobent également des responsabilités techniques³⁸. Il n'a vraisemblablement pas eu le temps nécessaire de porter un regard critique sur la préparation et l'organisation du stage et sur le programme proposé ;
- Pendant cette période, le commandant de l'EAAT est absent (stage). L'officier adjoint, qui le remplace, cumule alors ses fonctions de HTR, d'officier de sécurité des vols (OSV) avec celles de commandant d'unité par intérim. Il doit aussi effectuer les formalités de son prochain départ à la retraite. Devant assurer toutes ces charges, l'officier adjoint n'a pas pu être suffisamment disponible lui-même pour venir en aide au moniteur en participant au stage ;

³⁶ Le premier cours théorique du moniteur est inversé avec celui d'un autre moniteur par rapport au programme initial pour permettre cette arrivée retardée.

³⁷ L'accident se produit au début du 1^{er} vol de nuit.

³⁸ Le document unique de l'organisation (DUO) de l'EAAT ne mentionne pas de poste d'adjoint technique (officier ou sous-officier supérieur expérimenté) au commandant d'unité. De fait, ce dernier se retrouve seul pour assumer 2 fonctions primordiales et, de surcroît, il ne dispose pas des connaissances intrinsèques à celles d'un spécialiste technique.

- Il n'existe pas de réglementation sur la durée du travail du personnel navigant de l'ALAT³⁹. Le moniteur et l'encadrement de l'EAAT n'ont donc aucune norme à laquelle se référer ni aucun repère leur permettant de détecter et de reconnaître que l'emploi du temps du moniteur est particulièrement générateur de fatigue.

Plus généralement, la motivation et l'implication des personnels, dans la réussite des missions confiées à l'unité, ne leur permettent pas de faire preuve de la clairvoyance nécessaire à la détection d'une fatigue qui s'installe de façon insidieuse et qui représente un danger potentiel pour la sécurité des vols.

2.2.2.3 Conclusion sur la fatigue latente du moniteur

Il est vraisemblable que la chaîne de commandement⁴⁰, ayant connaissance de l'absence conjoncturelle de moniteurs à l'EAAT, ait plus spécifiquement sous-estimé les conséquences :

- du cumul des fonctions du chef de l'EAAT (officier adjoint, commandant d'unité par intérim, OSV et HTR) ;
- de l'absence de 2 des 3 moniteurs pour le fonctionnement de la cellule instruction et de la difficulté pour le HTR de participer à la réalisation du stage « commandant de bord ».

De surcroît, aucune règle n'étant définie pour borner l'activité (durée du travail)⁴¹ les acteurs pouvaient difficilement prendre conscience et évaluer la charge de travail qui leur incombait. Cette charge pourrait d'ailleurs être qualifiée de « hors normes » car difficilement soutenable sur la durée.

³⁹ Par exemple, dans l'armée de l'air, la marine nationale, la direction générale des douanes et des droits indirects (DGDDI) et dans l'aviation civile, la durée du travail est réglementée.

⁴⁰ Que ce soit au niveau local ou supérieur. De plus, au niveau local, le chef du 16^{ème} groupe d'artillerie (chef de corps), n'est pas, à l'inverse de la majorité des unités de l'ALAT, du personnel navigant. Il ne possède donc pas, de fait, l'expertise dans le domaine aéronautique.

⁴¹ À l'exception d'une note rédigée par le commandant de l'unité, diffusée uniquement à l'EAAT et au 16^{ème} GA, portant sur les « règles du temps de travail des pilotes et organisation opérationnelle de l'escadrille avions ».

Ainsi, le moniteur, voulant bien faire et n'acceptant pas que l'indisponibilité de 3 moniteurs hypothèque la qualité ou augmente significativement la durée du stage « commandant de bord », n'est pas conscient de la fatigue latente qui s'installe progressivement. De son côté, le commandant de l'unité, confiant dans les capacités de son subordonné et lui-même fortement sollicité par ses fonctions principales et des tâches annexes, ne peut être suffisamment disponible pour détecter cette fatigue.

Par nature inconsciente, cette fatigue amène alors le moniteur dans un état de « vulnérabilité aux erreurs » (annexe 3 : Effets de la fatigue sur la performance, page 58).

- ❖ **L'environnement, absence de 2 des 3 moniteurs, a engendré une surcharge de travail au niveau de la cellule instruction ;**
- ❖ **La volonté de bien faire du moniteur, associée au cumul des fonctions du commandant de l'unité, n'a permis ni à l'un ni à l'autre, d'être suffisamment disponibles pour détecter, à temps, cette surcharge de travail génératrice d'une fatigue latente ;**
- ❖ **Cette fatigue, inconsciente, a alors été propice à la génération d'erreurs ;**
- ❖ **Enfin, l'absence de toute réglementation spécifique sur la durée de travail du personnel navigant n'a pas favorisé la prise de conscience, par les acteurs, d'une charge de travail pouvant être qualifiée de « hors normes ».**

2.2.3 Préoccupations du moniteur

Le moniteur est véritablement le seul personnel de la cellule instruction présent lors du stage « commandant de bord ». Il est nécessairement préoccupé par son bon déroulement tout en ayant à en assurer le support (cours et vols).

L'après midi du mercredi 14 juin 2006, cette préoccupation ne peut que s'amplifier en raison des prévisions météorologiques défavorables pour le vol de nuit. Les 2 vols programmés sont néanmoins maintenus.

Pendant le vol de nuit, le doute s'amplifie rapidement sur la possibilité de poursuite du vol. Le moniteur l'annonce d'ailleurs au contrôleur de Rennes Saint Jacques, dès le 1^{er} tour de piste, en l'informant qu'il devra peut-être interrompre le vol à l'issue du posé-décollé (annexe 1 : Transcription des communications radio téléphoniques, page 52). Cette préoccupation est d'ailleurs perceptible dans la réponse du moniteur au choix proposé par le contrôleur, pour permettre le départ d'un autre aéronef, soit de prolonger la « vent arrière », soit d'effectuer un virage de retardement. Le moniteur répond qu'il effectuera un virage car « *en prolongeant, [l'équipage n'est] pas sûr qu' [il] retrouve la piste* ». Ainsi, malgré l'expertise certaine du moniteur, ses préoccupations engendrent des doutes : doute sur la poursuite du vol, doute sur le maintien des conditions VFR, doute sur la possibilité de maintenir en visuel le terrain. De plus, il doit vraisemblablement commencer à réfléchir aux possibilités qui lui sont offertes, en cas d'annulation des 2 vols, pour la réorganisation du stage. Ces préoccupations peuvent alors altérer son jugement notamment devant sa volonté de poursuivre le vol (réalisation d'un posé-décollé et non d'un atterrissage complet pour interrompre la mission) alors que les conditions d'enseignements ne sont plus réunies compte tenu de la dégradation des conditions météorologiques.

Le moniteur est sujet à des préoccupations qui l'ont probablement détourné de son rôle dans le cockpit (capture de l'attention⁴²) et ont pu altérer son jugement, notamment en ce qui concerne sa décision de poursuivre le vol alors que les conditions d'enseignement n'étaient plus réunies.

2.2.4 Recours à des routines inadaptées

Ce chapitre envisage, d'une part, les facteurs qui ont pu conduire le moniteur à recourir à des routines inadaptées et, d'autre part, les raisons possibles d'absence d'inhibiteurs à ces routines.

⁴² La capture de l'attention se produit « *lorsque l'attention se focalise principalement sur un autre objet que la tâche en cours* ». (Manuel « *Briefings* », Institut français de sûreté aérienne (IFSA)).

2.2.4.1 Facteurs pouvant conduire au recours à des routines inadaptées

Le moniteur est préoccupé et installé dans une phase de fatigue inconsciente lorsqu'il entreprend le vol du 14 juin 2006. En outre, face à la dégradation météorologique, ses préoccupations vont s'accroître et focaliser une partie de ses ressources cognitives sur la gestion à court terme du vol et sur le report des 2 missions de nuit qui vont vraisemblablement être annulées.

Des études en psychologie (manuel « *Briefings* », IFSA) montrent qu'un sujet soumis à la fatigue adopte un « *comportement de type économique* », qui favorise « *des réactions plus routinières* » et « *un fonctionnement réactif* ». De plus, les préoccupations auxquelles il est soumis peuvent « *favoriser la production des erreurs et avoir une influence sur la gestion des erreurs dans le cockpit* ».

Ainsi, le moniteur va recourir à un mode d'actions basé sur des routines afin de gérer sa fatigue et ses préoccupations. Cependant, ce mode n'est pas adapté aux particularités du vol du 14 juin 2006, les seuls automatismes à sa disposition étant ceux acquis lors des vols habituels : PF à gauche et PNF à droite.

➤ Particularités du vol du 14 juin 2006

Le vol du 14 juin 2006 est un vol particulier, en raison de la répartition inhabituelle des tâches de conduite de l'avion au sein de l'équipage⁴³. Ce point a été abordé (uniquement de façon orale) par le moniteur lors du *briefing* de la mission dans le courant de l'après-midi.

⁴³ Cette inversion est peu courante car l'instrumentation du TBM 700 est conçue pour un pilotage de la place gauche en utilisation normale. Ainsi, le PF est-il normalement à gauche. Cette inversion des rôles n'existe que lors du stage « commandant de bord ».

Les différences avec la conduite habituelle du TBM 700, lors de posés-décollés, sont mentionnées ci-dessous.

Actions	Missions habituelles	Vol du 14 juin 2006
	Opérateur	
Affichage de la puissance	PF à gauche	PF à droite
Rentrée de volets en position décollage	PNF à droite	PNF à gauche
Réglage des compensateurs	PNF à droite	PNF à gauche
Annonce de la vitesse de rotation (Vr)	PNF à droite	PNF à gauche
Rentrée du train	PF à gauche	PNF à gauche

On constate qu'il y a un transfert symétrique des tâches de la place gauche à la place droite, à l'exception de la rentrée du train qui, contrairement à l'habitude, sera effectuée par le PNF⁴⁴.

➤ Biais de fréquence et de similarité

La performance du moniteur est altérée (fatigue et préoccupation). Lors du posé-décollé son attention est partiellement détournée de la tâche présente et de l'action qu'il doit effectuer : la rentrée des volets. Le recours à une routine associée au contexte – il est assis en place gauche – (biais de similarité⁴⁵) a pu le pousser à effectuer par automatisme l'action habituellement dévolue au PF à cette place : la rentrée du train (biais de fréquence⁴⁶). De plus, conformément au *briefing*, le moniteur a effectué le premier décollage aux commandes (PF à gauche selon la répartition habituelle), le transfert PF/PNF ayant lieu au cours du tour de piste. Ce choix a vraisemblablement nuit à la prise de conscience de l'inversion des rôles.

⁴⁴ Ce choix résulte de la volonté du moniteur de permettre au stagiaire de se concentrer sur le pilotage, en le délestant de toutes les autres tâches.

⁴⁵ « Certaines caractéristiques fonctionnelles de l'environnement peuvent déclencher des actions automatiques ». Dans le cas présent, le moniteur en place gauche est revenu à ses habitudes partielles de PF à gauche.

⁴⁶ « L'erreur de capture concerne le remplacement de l'action prévue par un programme psychomoteur ou cognitif plus récent ou plus fréquemment utilisé ». Dans le cas présent, le pilote en place gauche manœuvre habituellement le train et non les volets.

2.2.4.2 Absence d'inhibiteurs aux routines inadaptées

L'inversion des fonctions PF et PNF est rare ; elle a uniquement lieu lors des vols du stage « commandant de bord ». La fréquence de ce stage est elle aussi exceptionnelle, puisqu'il ne se déroule qu'une fois par an (au profit de 2 à 3 stagiaires).

Le moniteur n'est donc amené que très rarement à occuper la fonction PNF en place gauche. En conséquence, il ne peut avoir acquis un niveau d'expertise pour cette mission particulière et il ne peut être familiarisé avec ses spécificités.

Toutefois, il n'en prend pas conscience. Cette inexpérience est masquée par son expertise aéronautique générale, ses connaissances approfondies du TBM 700 et sa pratique intensive en missions pédagogiques.

Le moniteur est donc « novice » pour le type de mission réalisée le 14 juin 2006. Il ne lui a alors pas été possible de mettre en œuvre un fonctionnement « inhibiteur » (qui aurait pu être déclenché uniquement par un expert de la fonction de PNF à gauche) de la routine inadaptée (manœuvre du train, action habituelle du PF à gauche).

De plus, l'absence de toute référence écrite (procédures, *check-list*,...), définissant notamment la répartition des tâches pour ce vol spécifique, a pu contribuer à lui masquer son inexpérience pour ce vol spécifique. Ce manque de support l'a également empêché d'aborder avec précision la spécificité du pilotage en place droite lors du *briefing* de l'après-midi : la répartition inusuelle des tâches n'a fait l'objet que de consignes orales, à l'inverse des autres points présentés à partir d'un diaporama.

2.2.4.3 Détection / Rattrapage de l'erreur

L'examen de la documentation révèle que le posé-décollé ne fait l'objet d'aucune procédure. Non seulement la chronologie des actions à conduire par l'un et l'autre des membres d'équipage n'est pas définie, mais aucune vérification croisée n'est envisagée.

Pour le vol du 14 juin 2006, le moniteur a présenté oralement la répartition des actions à mener. Ce point, à l'inverse des autres exercices abordés, n'a cependant pas été enseigné en recourant à un support pédagogique écrit. De plus, le séquençement entre les actions à accomplir par chacun des pilotes n'a pas été défini et aucune annonce particulière, qui aurait pu permettre une vérification croisée, n'a été demandée.

Plus particulièrement, il n'a pas été défini à quel moment et selon quelle information l'avion devait être reconfiguré en vue du décollage et quand devait débiter la mise en puissance.

Cette absence de séquençement (par exemple ordre de remettre l'avion en configuration de décollage) n'a pas favorisé le déclenchement de l'action adaptée (la rentrée des volets) et n'a pas permis au PF en place droite de prendre conscience de l'erreur du PNF en place gauche puisqu'il n'attendait aucune annonce de sa part (par exemple, « volets décollage ») : il commence à afficher la puissance de décollage au moment où se produit l'erreur.

2.2.4.4 Conclusion sur le recours à des routines inadaptées

- ❖ Les préoccupations du moniteur et son état de fatigue l'ont amené à recourir à des routines afin de pouvoir libérer son attention de la tâche en cours.
- ❖ Toutefois, occupant habituellement en place gauche la fonction de PF (biais de fréquence), il actionne, par « routine », la commande de train (biais de similarité).
- ❖ N'ayant pas conscience d'être novice pour ce type de vol (inversion des tâches entre les places gauche et droite), le moniteur n'a pas perçu qu'il ne disposait pas des automatismes adéquats et n'a pas pu mettre en place des stratégies d'inhibition.
- ❖ En outre, l'absence de toute référence documentaire sur cette mission particulière a pu concourir à lui masquer son inexpérience, le briefing est inadapté aux spécificités de ce vol.
- ❖ Enfin, l'absence d'une procédure précise pour les posés-décollés, séquençement des actions et vérifications croisées :
 - ▶▶ n'a pas facilité le déclenchement de l'action adaptée, la rentrée des volets ;
 - ▶▶ n'a pas favorisé la détection, par le PF, de l'erreur du PNF.

2.3 Étude de la synergie de l'équipage

Cette étude est basée sur le modèle SRK⁴⁷ développé par Jens Rasmussen.

2.3.1 Perception et mode d'action du moniteur

Lorsque le moniteur positionne la commande de train sur « rentré », il prend immédiatement conscience de son erreur car son action entraîne le déclenchement de l'alarme sonore TNS⁴⁸ et l'allumage du voyant rouge indiquant que le train est en manœuvre.

Il positionne sans délai la commande sur « sorti ». Simultanément, il ressent un enfoncement de l'aile gauche qui le convainc que le train se rétracte. La règle associée alors est que l'avion doit voler. Assis en place gauche, il abandonne sa fonction PNF et met en œuvre des habitudes de PF (le stress conduit à revenir aux acquis les plus ancrés) : il prend les commandes (routine) pour contrer l'embarquée à gauche et tenter de décoller immédiatement. Il annonce, de façon non standard⁴⁹, au pilote d'afficher pleins gaz (retour au langage naturel dû au stress, routine qu'il verbalise) et, comme ce dernier n'agit pas selon ce qu'il attend de lui, le moniteur repousse la manette des gaz vers l'avant (routine).

Le TBM 700 sort de piste⁵⁰. Face à l'échec de sa tentative de décollage, le moniteur semble submergé par son stress et plonge dans une phase de tétanie (rupture). Il ne perçoit pas que le pilote réduit le moteur (perte de conscience de la situation momentanée). Ensuite, il demande les secours et applique les procédures d'arrêt d'urgence du moteur et d'évacuation (règles).

⁴⁷ SRK: *Skill – rules – knowledges*, routine – règles – savoir-faire.

⁴⁸ TNS : Train non sorti. L'alarme TNS se déclenche lorsque le train n'est pas verrouillé en position basse et que les volets sont en position « atterrissage ».

⁴⁹ D'après les témoignages de l'équipage, il semble que cette annonce ait été : « Gaz !gaz ! ».

⁵⁰ L'embarquée de l'avion, à gauche, qui conduit à la sortie de piste a vraisemblablement été favorisée par le couple du moteur, lors de la mise en puissance, et par l'absence de reconfiguration de l'avion en vue du décollage : compensateurs de direction et de profondeur réglés pour l'atterrissage, position d'atterrissage des volets.

2.3.2 Perception et mode d'action du pilote

Pendant la phase d'accélération du posé-décollé, le pilote est concentré sur la tenue d'axe de piste et la mise en puissance. Il n'entend pas l'alarme TNS et ne voit pas le voyant de manœuvre du train. En revanche, il perçoit l'enfoncement à gauche et imagine être confronté à un problème de pneu (crevaisin) ou de jambe du train (rupture mécanique). Il commence alors à réduire la puissance pour stopper le décollage (règle). Il ne comprend pas l'annonce puis les actions du moniteur qui prend les commandes et remet les gaz, alors que lui-même a toujours les mains sur le manche et la manette de puissance. Cependant, n'étant pas le commandant de bord, il se place en retrait et, sans lâcher les commandes, laisse agir le moniteur (règle).

Le TBM 700 sort de piste. Compte tenu de la distance importante parcourue hors de la piste, la réduction de la puissance par le pilote n'a vraisemblablement pas été immédiate. En l'absence de toute communication avec le moniteur, le pilote revient à son plan d'action initial : l'interruption du décollage. Il ramène la commande de puissance sur plein réduit (règle). Il participe ensuite à la réalisation des procédures d'arrêt d'urgence et d'évacuation (règles), aux ordres du moniteur.

2.3.3 Conclusion sur la synergie de l'équipage

- L'absence d'annonces standardisées n'a pas permis une compréhension mutuelle ni l'élaboration d'un plan d'action commun.
- Le stress, qu'a subi l'équipage, a rendu ambiguë toute communication puis a amoindri, voire annihilé sa synergie.

Dans l'urgence, il n'y a pu avoir ni échange de points de vue, ni annonce de directives précises de la part du moniteur. La situation a tourné à une confrontation de routines divergentes (poursuite du décollage pour le moniteur, interruption du décollage pour le pilote) qui ont instauré un climat d'incompréhension.

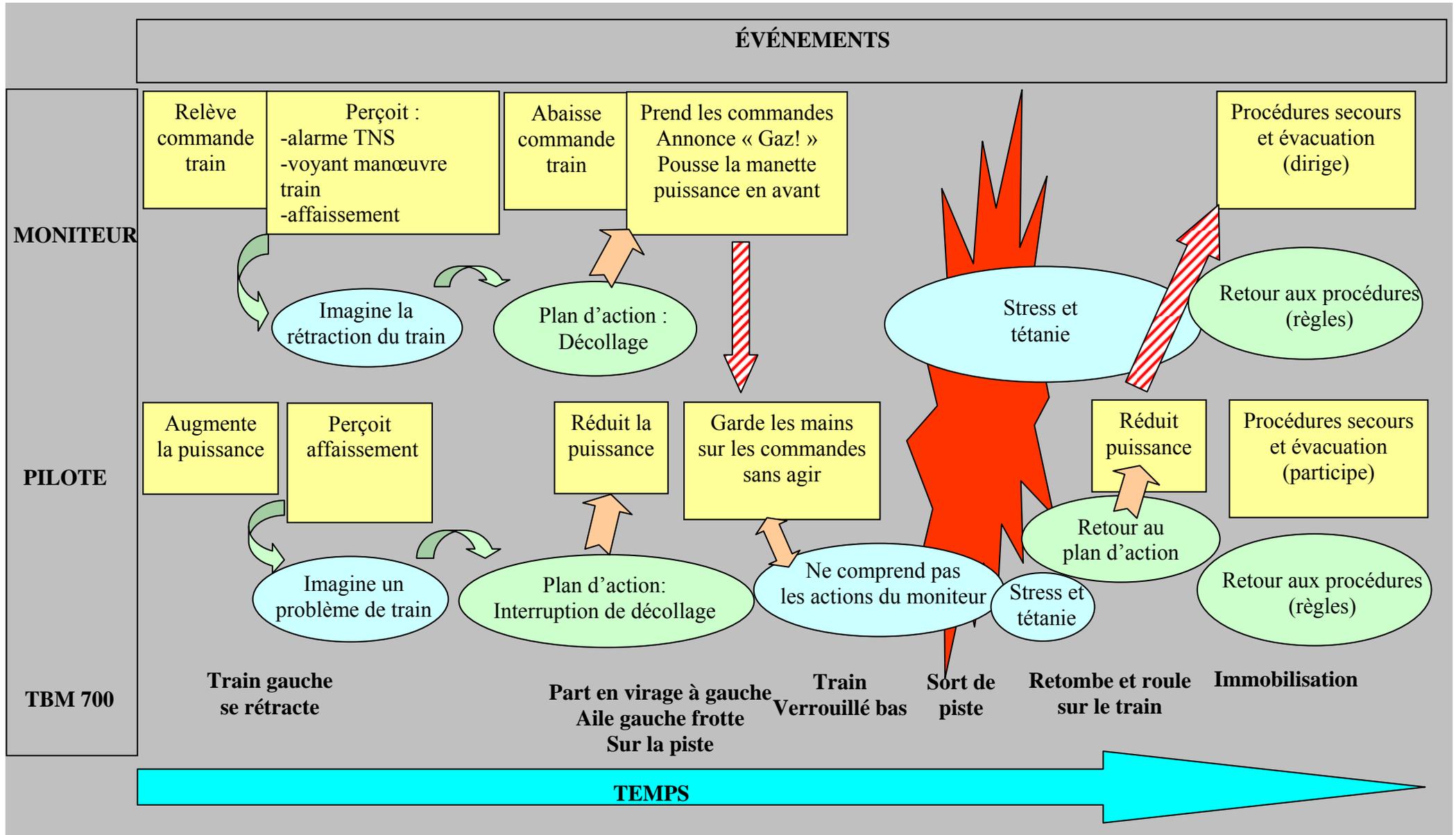
Ainsi, l'enfoncement consécutif à l'effacement du train principal gauche a eu pour conséquence de rompre la synergie qui régnait dans l'équipage de conduite, en créant des perceptions de la situation et des modes d'actions différents entre le moniteur et le pilote.

La divergence de l'objectif du moniteur (poursuite du décollage) de celui du pilote (interruption du décollage) n'a pas permis la mise en œuvre d'un plan d'action conjoint pour gérer la conduite de l'avion après l'erreur de manipulation du moniteur. Elle a probablement même contribué à la sortie de piste.

2.4 Présentation chronologique des événements et des plans d'action des 2 membres de l'équipage de conduite

La chronologie des séquences d'événements et l'évolution des plans d'action de chacun des 2 pilotes sont présentés selon le modèle *STEP*⁵¹ de Hendrick et Benner

⁵¹ STEP : *Sequentially times events plotting procedure*, procédure chronologique des événements.



3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

3.1.1 Éléments relatifs à l'ALAT

- L'activité du personnel navigant de l'ALAT n'est pas régie par des notions de durée du travail⁵² ;
- La chaîne de commandement (aux échelons local et central) a connaissance de l'absence conjoncturelle de 2 des 3 moniteurs à la cellule instruction de l'EAAT.

3.1.2 Éléments relatifs à l'EAAT

- L'activité aérienne du personnel navigant de l'EAAT est soutenue ;
- L'EAAT est une unité aérienne dépendant organiquement du 16° GA. Le chef des services techniques du 16°GA n'a pas de compétence en matière aéronautique. La responsabilité technique aéronautique est donc attribuée au commandant de l'EAAT.

3.1.3 Éléments relatifs à la cellule instruction

- Depuis plusieurs mois, un seul moniteur est disponible pour assurer l'instruction ;
- Ce moniteur assure la presque totalité du stage « commandant de bord » de juin 2006. Son emploi du temps est particulièrement chargé.

3.1.4 Éléments relatifs au moniteur

- Le moniteur fait preuve d'une grande conscience professionnelle. Il s'investit sans compter pour assurer la réussite du stage ;
- Il possède une grande expérience aéronautique et sa compétence est reconnue au sein de l'escadrille. Cependant, sa pratique de l'instruction en vol dans le cadre du stage « commandant de bord » est limitée.

⁵² La durée de temps du travail regroupe les notions de temps de service, temps de vol, période de vol, amplitude de vol, temps d'arrêt...

3.1.5 Éléments relatifs au vol

- Le vol s'inscrit dans le cadre du stage « commandant de bord » ;
- À l'exception de tous les autres vols réalisés sur TBM 700 dans l'ALAT, les vols pendant ce stage sont réalisés avec le PF en place droite. Le moniteur, PNF, est à gauche. De fait, la répartition des tâches et le travail en équipage sont inusuels ;
- Il n'existe pas de documentation de référence à ce type de vol avec inversion des places entre le PF et le PNF ;
- L'objectif de ces missions est de préparer un PNF, en place droite, à subvenir à une incapacité du PF en place gauche.

3.1.6 Éléments relatifs à la réalisation du vol du 14 juin 2006

- Les conditions météorologiques, avant vol, ne sont pas favorables à la réalisation de tours de piste et elles se dégradent pendant le vol. Lorsque le moniteur décide de réaliser le posé-décollé, les conditions d'enseignement ne sont plus réunies.

3.2 Mécanisme de l'événement

L'erreur de manipulation du moniteur, sur la commande de train, et la divergence des représentations mentales de la situation entre les 2 pilotes sont à l'origine de la sortie de piste du TBM 700 lors du posé-décollé.

L'erreur de manipulation résulte d'un défaut de performance du moniteur provenant du cumul de plusieurs facteurs liés à :

- une fatigue inconsciente ;
- diverses préoccupations qui l'assaillent à ce moment.

Lors du posé-décollé, le moniteur revient à un mode de fonctionnement basé sur des routines (économie cognitive), dont le corollaire est que ses actions se réalisent sans contrôle.

Cependant, bien qu'expert sur TBM 700 et doté d'une compétence reconnue en instruction, le moniteur n'est pas conscient de son inexpérience pour ce vol particulier (rare) pour lequel la répartition des tâches est inversée entre les 2 pilotes. La routine inadaptée qu'il met en œuvre (rentre le train) est, de plus, favorisée par un biais de similitude : pour les vols habituels, le PF en place gauche rentre le train, situation qu'il pratique fréquemment (biais de fréquence).

Enfin, le stress subi par l'équipage a favorisé le retour à un langage naturel propice à des communications ambiguës : les perceptions et les objectifs du moniteur (décollage) et du pilote (arrêt du décollage) étaient alors opposés (défaut de synergie de l'équipage).

Bien que plusieurs éléments accidentogènes fussent présents avant le vol, aucune « protection » n'a fonctionné :

- le commandement local n'a pas détecté la fatigue du moniteur, lui-même fortement sollicité pour assumer ses responsabilités multiples ;
- les conséquences de l'absence conjoncturelle de 2 des 3 moniteurs à la cellule instruction ont été sous-estimées aux différents niveaux hiérarchiques ;
- aucune réglementation, dans l'ALAT, ne définissant la durée du travail, les différents intervenants ne disposaient d'aucun repère concret et d'aucune norme afin d'apprécier et d'anticiper la fatigue engendrée notamment par l'emploi du temps dense du moniteur.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Les stages de qualification sur TBM 700 de l'ALAT sont conformes à la réglementation civile (JAR-FCL), à l'exception cependant du stage « commandant de bord », propre à l'armée de terre.

C'est au cours de celui-ci que les pilotes stagiaires reçoivent pour la première et la seule fois dans leur carrière, une information sur le pilotage en place droite : l'objectif est de les sensibiliser à l'indisponibilité éventuelle du PF.

Ces vols sont rares et la répartition des tâches y afférant est donc peu usitée. Cet usage exceptionnel n'a donc pas favorisé la rédaction de procédures ou de documents spécifiques. Les pilotes y sont ainsi encore moins familiarisés.

Avant de lancer l'étude d'une documentation de référence, procédure complexe, le **BEAD- air propose que soit étudié par COMALAT et l'EAAT le bien fondé des vols d'instruction pilotage à droite** qui, tels qu'ils sont pratiqués actuellement, risquent d'être source de dangers plus fréquents que l'indisponibilité réelle en vol d'un membre d'équipage.

Une autre étude pourrait porter sur l'utilité de privilégier le posé-décollé au *stop and go*⁵³. Bien que ce dernier impose l'utilisation d'une piste suffisamment longue pour permettre le décollage de la position et entraîne un temps d'occupation plus long de celle ci, il est plus démonstratif de l'atterrissage car il amène le stagiaire à contrôler l'avion jusqu'à l'arrêt complet et permet une reconfiguration plus sereine de l'aéronef pour le décollage.

⁵³ *Stop and go* : manoeuvre qui consiste à atterrir, arrêter l'avion, le reconfigurer pour le décollage et re-décoller de la position.

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

Les mesures de préventions préconisées par le BEAD-air s'inscrivent dans 3 domaines :

- la durée du travail pour les unités aériennes ;
- l'encadrement de l'EAAT ;
- le séquençage de la phase d'accélération du posé-décollé.

4.1.1 La durée du travail

L'étude du cas présent a montré que le moniteur n'a pu disposer d'un temps suffisant de repos physiologique dans les jours qui ont précédé l'événement. Cependant, le moniteur n'a pas cherché à se reposer de lui-même pour 2 raisons principales :

- il est passionné par son métier et ne se limitera donc pas de lui-même ;
- il n'existe pas au sein de l'ALAT de règles imposant une limitation de la durée du travail.

Les investigations ont également mis en évidence que les officiers de sa hiérarchie directe sont confrontés au même problème.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à COMALAT, d'étudier la mise en œuvre d'une réglementation spécifique sur la durée du travail permettant d'encadrer l'activité du personnel navigant.

4.1.2 Encadrement de l'EAAT

Le commandant de l'escadrille est fortement sollicité dans ses tâches journalières. Il n'a pas eu la possibilité de prendre le recul nécessaire qui lui aurait permis de détecter la fatigue du moniteur.

En effet, il exerce, en plus de ses responsabilités propres, celles de « responsable technique aéronautique ». Cette charge importante ne peut être assumée par le chef des services techniques du 16^e GA, qui ne possède aucune connaissance aéronautique. Elle revient au commandant de l'EAAT et est plus particulièrement prenante pour lui car il n'a pas de formation particulière dans les domaines technique et logistique.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à COMALAT d'étudier la possibilité de modifier la structure hiérarchique de l'EAAT afin d'y adjoindre un responsable technique aéronautique.

4.1.3 Séquencement de la phase d'accélération du posé-décollé

Un séquencement des actions de chaque membre d'équipage (obtenu par des annonces standardisées, par exemple) lors de la phase d'accélération d'un posé-décollé, favoriserait la compréhension respective des actions d'un membre par l'autre. Il permettrait au PNF (qui pourrait initier la mise en puissance par une annonce) de se rendre disponible pour surveiller la phase de décollage.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à COMALAT, en rapport avec l'EAAT, d'étudier une procédure (actions, annonces, vérifications croisées...) optimisant la synergie de l'équipage lors des posés-décollés.

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

Le TBM 700 n'est équipé d'aucun enregistreur, que ce soit de paramètres ou de conversations. L'enquête du BEAD-air a reposé uniquement sur les témoignages, les observations et l'enregistrement des conversations radio téléphoniques de la tour de contrôle de Rennes. Dans cet événement, il aurait été particulièrement intéressant de disposer de l'enregistrement des conversations internes à l'équipage.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à COMALAT, d'étudier la possibilité de doter les équipages des aéronefs (avions et hélicoptères) de l'ALAT d'enregistreurs de conversations (de type MP3⁵⁴ par exemple).

⁵⁴ *MP3 : Motion pictures expert group level 3*, groupe ayant défini les standards de compression et de décompression d'images animées de niveau 3. Par abus de langage, on nomme ainsi le lecteur enregistreur utilisant ce standard de compression-décompression.

ANNEXES

Annexe 1 : Transcription des communications radio téléphoniques _____ page 52

Annexe 2 : Programme du « stage commandant de bord » _____ page 56

Annexe 3 : Effets de la fatigue sur la performance _____ page 58

1 TRANSCRIPTION DES COMMUNICATIONS RADIO TELEPHONIQUES

Nota : par souci de lisibilité avec le rapport d'enquête technique, toutes les heures en temps universel ont été transformées en heures locales.

FMY 8040 (FMABR) du 14 juin 2006**Transcription des fréquences (groupées à cette heure)****121,725 MHz – Rennes Sol, 120,500 MHz – Rennes Twr 134,0 et 124,9 MHz – Rennes App**

Station Emettrice	Heure locale	Communications
<i>FMY 8040</i>	<i>22 :28 :30</i>	<i>Rennes Sol du FMY8040, bonsoir</i>
<i>Twr</i>	<i>33</i>	<i>8040, bonsoir</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>36</i>	<i>FMY8040, on est à la mise en route parking militaire pour des tours de piste en local</i>
<i>Twr</i>	<i>42</i>	<i>8040, 4730 et roulez Alpha28</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>47</i>	<i>4730 et on roulera Alpha28, 8040</i>
<i>Twr</i>	<i>52</i>	<i>Par contre, soit j'ai pas retenu ou vous ne m'avez pas dit le type de machine</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>57</i>	<i>C'est un TBM700, on est 3 à bord et je ne vous l'avais pas dit, 8040</i>
<i>Twr</i>	<i>59</i>	<i>C'est noté</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>22 :35 :10</i>	<i>FMY8028, on est à Alpha28 , on sera prêt à l'alignement</i>
<i>Twr</i>	<i>17</i>	<i>FMY8040, remontez piste 28, alignez-vous, rappelez prêt</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>21</i>	<i>On remonte, on s'aligne et on rappelle prêt, FMY8040</i>
<i>Twr</i>	<i>42</i>	<i>8040, pour info la dernière météo de 22h29 passe BKN 900 ft</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>51</i>	<i>C'est copié pour 8040</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>22 :37 :29</i>	<i>FMY8040 aligné 28, on est prêt au décollage</i>
<i>Twr</i>	<i>31</i>	<i>8040, autorisé décollage 28, 330 degrés 8 kts</i>
<i>FMY 8040</i>	<i>33</i>	<i>On décolle, FMY8040</i>
<i>BZ723NS</i>	<i>47</i>	<i>Rennes, bonsoir BZ723NS en descente vers niveau 120 en route Roméo Sierra</i>
<i>Twr</i>	<i>51</i>	<i>BZ NS, Rennes Approche, bonsoir, identifié radar, descendez niveau 70 direct BUNOT, numéro 1</i>
<i>Twr</i>	<i>56</i>	<i>Descend niveau 70 vers BUNOT, BZ NS</i>

TAY101A	22 :38 :44	Rennes ground, TAY101A, request taxi
Twr	49	TAY101A, taxi to stand Fox
TAY101A	51	Stand Fox, TAY101A
Twr	52	Sorry, to holding point Fox
TAY101A	55	Holding point Fox, TAY101A, and ready to copy
Twr	22 :39 :01	TAY101A, omnidirectional departure runway <u>28</u> then left turn direct to Nantes, climb level <u>110</u> and squawk <u>1774</u>
TAY101A	15	Runway <u>28</u> , left turn Nantes, climb level <u>110</u> , squawk 1774, TAY101A
Twr	21	All read back correct TAY101A, report ready for departure
TAY101A	25	wilco
FMY 8040	22 :40 :45	En début de vent arrière, 8040, je suis pas sûr qu'on va poursuivre très longtemps
Twr	47	Reçu 8040
TAY101A	50	Rennes ground, TAY101A, we are ready for departure
Twr	54	TAY101A, back track runway <u>28</u> , line up, report ready
TAY101A	56	Back track runway <u>28</u> , call you when ready, TAY101A
Twr	22 :41 :04	8040, vous êtes numéro 1 pour la 28 et un BAE146 remonte la 28 pour un départ vers le Sud
FMY 8040	11	C'est bien pris 8040
Twr	14	Donc au choix vous pourrez soit faire un petit 360 de retardement ou prolonger légèrement, comme vous voulez
FMY 8040	21	On va plutôt faire un 360 parce qu'en prolongeant je suis pas sûr qu'on retrouve la piste
Twr	22:42 :17	BZ NS, descendez 2000 ft QNH 1017, autorisé approche directe VOR DME 28
BZ723NS	25	Descend vers 2000 ft 1017 et autorisé approche directe VOR DME 28, BZ NS
Twr	35	NS, il y a un petit changement part rapport à l'info Roméo que vous avez pris ; la visi est toujours à 8 kilos, par contre le plafond BKN 900 ft.

BZ723NS	36	<i>Reçu, on a copié BKN 900 ft, BZ NS, merci pour l'info</i>
TAY101A	45	<i>Rennes ground TAY101A ready for departure</i>
Twr	48	<i>TAY101A, cleared for take-off runway 28, wind 340 degrees 10 kts</i>
TAY101A	53	<i>Cleared for take-off runway 28, TAY101A</i>
Twr	22 :43 :32	<i>8040, éventuellement si vous voulez partir en local après, je peux vous faire une fiche pour passer en IFR</i>
FMY 8040	40	<i>Non, monsieur, ce qui nous intéresse c'est faire des tours de piste aujourd'hui, donc on va en faire un deuxième derrière après le poser de l'avion et on verra ce que, on verra ce qu'on fait</i>
Twr	50	<i>Reçu 8040, eh bien numéro 1, rappelez finale 28</i>
FMY 8040	56	<i>Vous confirmez on est numéro 1, 8040</i>
Twr	59	<i>Affirm</i>
FMY 8040	22 :44 :00	<i>On vous rappelle en finale 28, 8040</i>
Twr	22 :45 :30	<i>8040, autorisé toucher 28, vent 340 degrés 10 kts</i>
FMY 8040	35	<i>Autorisé toucher 28, FMY8040</i>
FMY 8040	22 :47 :16	<i>8040 les pompiers s'il vous plaît, putain j'ai les</i>
Twr	31	<i>C'est parti pour les pompiers</i>
Twr	22 :48 :06	<i>8040 ?</i>
SSLIA	09	<i>Le sol, Sécurité 2, le sol Sécurité 2</i>
Twr	13	<i>On a un TBM700 à côté du parc météo et apparemment les pilotes sont sortis de l'avion</i>
SSLIA	17	<i>Ok, bien reçu, on se rend sur place, on quitte le SSLIA, on demande liberté de manœuvre</i>
Twr	21	<i>Affirm, tu tournes tout de suite à gauche, l'avion est dans l'herbe</i>
SSLIA	25	<i>Bien reçu, visu</i>

Info 00 :06 :00 Avion sécurisé, fin des interventions, SSLIA rentré

2 PROGRAMME DU « STAGE COMMANDANT DE BORD »

Date : du 12 au 19 juin 2006

Afin de respecter l'anonymat, les noms des différentes personnes concernées ont été remplacés comme suit :

➤ Moniteurs :

⇒ M 1, moniteur concerné par l'accident du 14 juin 2006 ;

⇒ M 2 ;

⇒ M 3.

➤ Pilotes stagiaires :

⇒ P 1 ;

⇒ P 2 ;

⇒ P 3, stagiaire concerné par l'accident.

➤ VIG : vigie.

Le tableau ci-dessous présente le programme prévu. Il ne reflète qu'une partie de l'emploi du temps réel des moniteurs et des stagiaires car il ne fait apparaître ni l'activité nécessaire à la préparation des vols et des cours ni, pour le moniteur concerné par l'accident, le temps de présence nécessaire à l'accomplissement des tâches dévolues à sa fonction de responsable de la cellule instruction.

STAGE COMMANDANT DE BORD - P 1 / P 2 / P 3

LUNDI 12 JUIN	MARDI 13 JUIN	MERCREDI 14 JUIN	JEUDI 15 JUIN	VENDREDI 16 JUIN	WEEK-END DU 17 ET 18 JUIN	LUNDI 19 JUIN	MARDI 20 JUIN	MERCREDI 21 JUIN	JEUDI 22 JUIN	VENDREDI 23 JUIN
	REGLEMENT. DU TRANSPORT DE PAX (M 1)	LE VOL A L'ETRANGER (M 1)					1 TBM			
BRIEFING 09H00 - 1.0 M 1- P 1 1 VIG 200 USG		FACTEURS HUMAINS (M 1)		BRIEFING		1 TBM				
DEBRIEFING BRIEFING 10H30 - 1.0 M 1- P 2 1 VIG -	METHODE DE TRAVAIL EN EQUIPAGE (M 1)	EQUIPEMENTS DE SECURITE (M 3)		10H00 - 1.5 M 1- P 2 1 VIG 200 USG		IFR ETRANGER M 1- P 2	IFR ETRANGER M 2- P 1 M 2- P 3			
DEBRIEFING				DEBRIEFING						
REPAS	REPAS	REPAS	REPAS	REPAS			REPAS	REPAS	REPAS	REPAS
BRIEFING 13H30 - 1.0 M 1- P 3 1 VIG 200 USG	BRIEFING 13H00 - 1.0 M 1- P 2 1 VIG 200 USG		BRIEFING 13H30 - 1.5 M 1- P 1 1 VIG 200 USG							
DEBRIEFING	DEBRIEFING		DEBRIEFING							
LE COMMANDANT DE BORD (M 1)	BRIEFING 14H30 - 1.0 M 1- P 3 1 VIG -	TRAITEMENT DES PANNES (M 1)	BRIEFING							
	DEBRIEFING		BRIEFING							
SECURITE DES VOLS (M 2)	BRIEFING 16H00 - 1.0 M 1- P 1 1 VIG 200 USG		15H30 - 1.5 M 1- P 3 1 VIG 200 USG							
	DEBRIEFING	BRIEFING VN	DEBRIEFING							

22H40 - 1.0 M 1- P 1 1 VIG 200 USG	22H40 - 1.0 M 1- P 3 1 VIG 200 USG
	23H40 - 1.0 M 1- P 2 1 VIG -

	Cours au sol
	Briefing / Débriefing
	Vol de jour
	Vol de nuit

A l'issue de ce programme, il restera à effectuer :

- 1 vol à l'étranger pour chaque stagiaire, avec passager et moniteur dans le cadre d'une mission réelle
- un cours théorique "Ethique" délivré par le CDU

3 EFFETS DE LA FATIGUE SUR LA PERFORMANCE

Les propos suivants sont issus de l'ouvrage « *BRIEFINGS* » édité par Dédale et l'IFSA :

« La fatigue [...] a des effets non négligeables sur les processus cognitifs et sur la performance. [...] De plus, la fatigue nous incite à utiliser un comportement de type « économique ». Ce qui donne les tendances suivantes :

- *Réticence à l'action (moins de motivation) ;*
- *Réactions plus routinières ;*
- *Moins d'anticipation, retour à un fonctionnement réactif ;*
- *Moins d'attention ;*
- *Moins de surveillance ;*
- *Moins de convivialité.*

Cette tendance à l'économie des ressources augmente le risque d'erreur. Néanmoins, l'effet réel sur la sécurité des vols n'est pas aussi simple que ça. Car lorsque le sujet se sent fatigué, il a tendance à se protéger.

Ainsi que nous le voyons dans le diagramme ci-dessous, le sujet ne remarque pas le premier stade de la fatigue, bien que sa performance commence à se dégrader. Le risque est donc important, puisque les marges ne sont pas réadaptées. Avec l'augmentation de la fatigue, le sujet prend conscience de cette fatigue et réadapte ses marges en conséquence : le risque d'erreur diminue. Puis, s'il n'y a toujours pas de repos, la fatigue s'accroît encore et la performance diminue à un niveau tel qu'il n'y a plus de marges, plus de compensation possible. Il ne sert plus à rien d'être conscient de sa fatigue, le risque s'accroît à nouveau mais cette fois sans pouvoir être maîtrisé. »

