

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 24 avril 2008

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2007-021-A

Date de l'événement	14 novembre 2007
Lieu	Tinon (terrain satellite de Dax)
Type d'appareil	« Gazelle » SA 342
Immatriculation	N°4188 F-MBFR
Organisme	Armée de terre
Unité	Ecole d'application de l'ALAT - Base école de Dax

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU COMPTE RENDU

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du compte rendu. 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 COMPTE RENDU

L'objectif du compte rendu 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 compte rendu 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>	7
<i>Synopsis</i>	8
1 Renseignements de base	10
1.1 Déroulement du vol.....	10
1.1.1 Mission.....	10
1.1.2 Déroulement.....	10
1.1.2.1 Préparation du vol.....	10
1.1.2.2 Vols précédents.....	11
1.1.2.3 Description du vol.....	11
1.1.2.4 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol.....	12
1.1.3 Localisation.....	12
1.2 Tués et blessés.....	13
1.3 Dommages à l'aéronef.....	13
1.4 Autres dommages.....	13
1.5 Renseignements sur le personnel.....	13
1.5.1 Moniteur, commandant de bord.....	13
1.5.2 Elève moniteur.....	14
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	16
1.6.1 Maintenance appliquée.....	16
1.6.2 Performances.....	17
1.6.3 Masse et centrage.....	17
1.6.4 Carburant.....	17
1.7 Conditions météorologiques.....	18
1.7.1 Observation sur le terrain de Dax à 17h00.....	18
1.7.2 Observation du vent sur le lieu de l'évènement.....	18
1.7.3 Couché du soleil.....	18
1.8 Aides à la navigation.....	18
1.9 Télécommunications.....	19
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	19
1.11 Enregistreurs de bord.....	20
1.12 Renseignements sur l'impact et sur l'aéronef.....	21
1.12.1 Examen de la zone.....	21
1.12.1.1 Trace de glissade.....	21
1.12.1.2 Traces d'enfoncement dans le sol.....	22
1.12.2 Examen de l'épave.....	23
1.12.2.1 Aspect général.....	23
1.12.2.2 Résultats d'investigation utiles à l'analyse.....	24
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	28
1.13.1 Moniteur.....	28
1.13.2 Elève moniteur.....	29
1.14 Incendie.....	29
1.15 Survie des occupants.....	29
1.15.1 Abandon de bord.....	29
1.15.2 Organisation de l'alerte et des secours.....	30
1.16 Essais et recherches.....	30
1.17 Renseignements sur les organismes.....	30
1.17.1 Activité de l'école de Dax.....	30
1.17.2 La veille sécurité sur la zone satellite de Tinon.....	31

1.18 Renseignement supplémentaire.....	31
1.18.1 Balise de détresse	31
1.18.2 Qualification de type sur « Gazelle » SA 342	31
1.19 Technique spécifique d'enquête.....	31
2 Analyse	32
2.1 Eléments significatifs issus de l'analyse de l'épave.....	32
2.1.1 Trajectoire de l'aéronef avant le début application de pas général.....	32
2.1.2 Reprise des commandes par le MO	32
2.1.3 Impact avec le sol	33
2.1.4 Glissade et bascule de l'appareil	33
2.2 Causes de la perte de contrôle par le moniteur dans la dernière phase de vol.....	34
2.2.1 Raté d'exécution de l'élève moniteur	35
2.2.2 Excès de confiance du moniteur dans l'élève moniteur	35
2.2.3 Mauvaise représentation du régime autorotatif de la « Gazelle » SA 342 par le moniteur	36
2.2.3.1 Mise à jour de la documentation de maintenance applicable.....	37
2.2.3.2 Formation du moniteur	37
2.2.3.3 Difficulté de lecture du régime rotor	38
2.2.4 Facteur contributif : vent défavorable.....	38
2.2.5 « Gazelle » n° 4188 particulière	39
2.3 Causes du maintien de la perte de contrôle de l'aéronef durant la glissade	39
2.3.1 Effacement des demi-voies avant	40
2.3.2 Couteau coupe câble.....	40
2.3.3 Action du moniteur sur le PG	40
2.3.4 Cause environnementale : le sol	41
2.3.5 Réversibilité des commandes	41
2.4 Causes de la bascule de l'aéronef sur le côté droit.....	41
2.4.1 Anomalie au niveau du patin	41
2.4.2 Couteau coupe câble désaxé à gauche	42
2.4.3 Action du moniteur sur le cyclique.....	42
2.4.4 Cause environnementale : le sol	43
2.5 Gestion de l'évènement par les organismes de secours.....	43
3 Conclusion	45
3.1 Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement.....	45
3.2 Arbre des causes.....	46
4 Recommandations de sécurité	47
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	47
4.1.1 Réglage du régime autorotatif de la « Gazelle » SA342.....	47
4.1.2 Formation sur le régime rotor autorotatif de la SA 342.....	47
4.1.3 Excès de confiance du moniteur.....	48
4.1.4 Indicateur de régime rotor mini	48
4.1.5 « Gazelle » particulière à la prise de régime rotor au moment du flare	49
4.1.6 Pertinence du coupe câble en exercice d'autorotation turbine réduite.....	49
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement.....	50
4.2.1 Assistance médicale.....	50
4.2.2 Attitude d'un pilote stagiaire dans le cadre d'une procédure d'urgence ou de détresse	50
4.2.3 Mise à jour de la documentation technique	50
Annexes	51
1 Programme en vol de la formation à l'autorotation	52
2 Description d'un exercice d'autorotation turbine réduite sur « Gazelle » SA 342	53
3 Fiche réflexe : compte rendu d'évènement par la vigie	54
4 Fiche de réglage : performances en autorotation	55
5 Fiche de mesure des demi-voies de l'atterrisseur	56

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation légère de l'armée de terre
AON	Attaque oblique nulle
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
BGA	Brigade de gendarmerie de l'air
BSV	Bureau sécurité des vols
BTA, BTI, BTP	Boite de transmission arrière, intermédiaire, principale
CCS	Centre de coordination et de sauvetage
COM	Circulation opérationnelle militaire
COFAT	Commandement de la formation de l'armée de terre
COMALAT	Commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
CT	Carte de travail
DDJ	Déviateur de jet
DEAN	Détachement école de l'aéronautique navale
DGA	Délégation générale pour l'armement
EAALAT	Ecole d'application de l'aviation légère de l'armée de terre
EHLE	Escadrille d'hélicoptères légers école
EMJ	Entretien majeur
EMO, MO	Elève moniteur, moniteur
EPI	Enquêteur de première information
FCL2	<i>Flight Crew Licencing 2</i>
FI(H)	<i>Flight Instructor (helicopter)</i> – instructeur de vol
ft	Feet, pied (1 ft ≈ 0,304 m)

FTO	<i>Flight training organisation</i> – organisation des vols d'entraînement
GTM	Groupe turbomoteur
kt	<i>Knot</i> – nœud (1kt = 1,852 km/h)
MMRP, MRA	Mât moyeu rotor principal, moyeu rotor arrière
Nr	Régime rotor en tour/minute
PA	Pilote automatique
PG	Pas général
PN	Personnel navigant
PPP	Plein petit pas
QNH	Indique la pression ramenée au niveau de la mer
QFE	Calage altimétrique en hPa permettant de lire une hauteur sur un altimètre
QFU	Direction magnétique de la piste
RAC	Rotor anti-couple
RTS	Rapport technique spécial
SAMU	Service d'aide médicale d'urgence
UHF	Ultra high frequency
Vi	Vitesse indiquée
VFR	<i>Visual flight rules</i> , règles de vol à vue
VHF	Very high frequency,
VP	Visite Périodique
VUPN	Visite d'unité personnel navigant
Vz	Vitesse ascensionnelle

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photographies

Photo 1 : Tinon, QFU 26.....	20
Photo 2 : traces de glissade.....	21
Photo 3 : saignées couteau coup câble et patin droit ; impacts rotor.....	22
Photo 4 : « gazelle », couchée.....	23
Photo 5 : faciès de rupture du patin droit.....	24
Photo 6 : vue supérieure du MMRP.....	26
Photo 7 : ensemble plateaux cycliques et rotule de mât.....	27
Photo 8 : lecture de l'indicateur de régime rotor en exercice d'autorotation turbine réduite	38

Figures

Figure 1 : trace d'enfoncement dans le sol.....	22
Figure 2 : pôle avec référence.....	25

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page 1 (couverture) : ©SIRPA Terre.

Page 20: ALAT DAX.

Page 21, 22, 23,26, 27, 38 : BEAD-air.

Page 24 : CEAT.

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 14 novembre 2007 à 16h48¹.
- Lieu de l'événement : Tinon, terrain satellite de Dax (40 – Landes).
- Organisme : Armée de terre.
- Commandement organique : Ecole d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EAALAT).
- Unité : Base école de Dax.
- Aéronef : Gazelle SA 342M en version lisse.
- Nature du vol : Formation à l'autorotation en ligne droite – stage moniteur.
- Nombre de personnes à bord de l'aéronef : 2.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'un exercice d'entraînement en autorotation turbine réduite, le moniteur perd le contrôle de la « Gazelle » N°4188. En fin de glissade, le patin droit se rompt et l'hélicoptère se couche sur le côté droit. L'équipage est légèrement blessé et l'aéronef est fortement endommagé.

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

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur du Bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé directeur d'enquête.
- Deux enquêteurs adjoints.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur « Gazelle ».
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur « Gazelle ».
- Un médecin du personnel navigant.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été informé de l'accident par téléphone par le Bureau sécurité des vols (BSV) du Commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (COMALAT) à 17h05 le 14 novembre 2007.

Un EPI de l'EAALAT – base école de Dax a été désigné par le BEAD-air et s'est rendu immédiatement sur les lieux pour effectuer les premières constatations.

L'équipe composée du directeur d'enquête accompagné de deux adjoints est arrivée à la base école de Dax le 15 novembre en fin de matinée où elle a rejoint les experts désignés. L'ensemble du groupe d'enquête a aussitôt débuté les investigations.

Le soutien logistique du groupe d'enquête a été assuré par la base école de Dax.

Enquête judiciaire

Le parquet de Pau s'est saisi de l'affaire. Un directeur d'enquête judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air (BGA) de la base aérienne 118 de Mont-de-Marsan a été commis.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	F -MBFR
Type de vol	COM ² – VFR ³
Type de mission	Instruction à l'autorotation dans le cadre d'un stage moniteur
Dernier point de départ	Base de Dax (LFBY)
Heure de départ	16h05
Zone d'instruction	Tinon (terrain satellite de Dax)
Point d'atterrissage prévu	Base de Dax (LFBY) à 17h20

1.1.2 Déroulement

1.1.2.1 Préparation du vol

Dans le cadre d'un stage moniteur, ce vol est la première séance (A1) d'une série de 8 vols dont l'objectif est d'acquérir la pratique de l'autorotation turbine réduite (voir *Annexe 1 p 52*). S'agissant d'un vol d'instruction, un briefing complet a été effectué par le moniteur (MO) à l'élève moniteur (EMO) dans la matinée. L'exercice d'autorotation a été étudié et présenté en détail. Le rôle de chacun et la communication au sein de l'équipage ont été abordés. Les modalités :

- de la procédure « turbine réduite » par le moniteur,
- de la reprise de commande par le moniteur⁴,

furent également évoquées.

² COM : circulation opérationnelle militaire.

³ VFR : *visual flight rules* - règle de vol à vue.

⁴ Le moniteur annonce « j'ai les commandes » et l'élève doit les relâcher.

1.1.2.2 Vols précédents

La séance de vol A1 a été effectuée en partie le matin mais interrompue pour raison météorologique après 45 minutes de vol. Le MO a pu réaliser une intégration complète ainsi qu'une autorotation avec reprise moteur pour vérifier :

- la précision et le comportement de l'appareil ;
- l'état de surface du terrain de Tinon.

Le MO a ensuite effectué la même séance A1 avec un autre EMO en début d'après-midi sur le même aéronef.

Le vol suivant a permis de poursuivre la séance A1 écourtée le matin.

1.1.2.3 Description du vol

Après intégration dans le circuit de tour de piste, plusieurs autorotations sont effectuées.

La première se termine sans réduction de turbine par une reprise moteur. Le MO est aux commandes, l'EMO en transparence⁵. Cette présentation systématique en début de séance permet :

- d'analyser l'effet du vent sur la trajectoire d'autorotation ;
- d'estimer l'angle d'autorotation de l'appareil pour la précision de poser ;
- d'évaluer l'efficacité du *flare*⁶ (en particulier en contrôlant le régime rotor).

L'autorotation suivante est ensuite effectuée par l'EMO aux commandes, le MO en transparence. La trajectoire de l'appareil étant trop longue pour exécuter le *flare* dans le premier tiers de la bande, une remise de gaz est donc effectuée par l'EMO, avant réduction de la turbine par le moniteur.

La troisième autorotation débute ensuite avec une bonne présentation réalisée par l'élève moniteur permettant au MO de réduire la turbine. Le début d'application de pas général (PG) n'étant pas assez efficace car trop faible en débattement et en rapidité, le MO reprend les commandes et termine l'exercice dans de bonnes conditions.

⁵ « Pilote en transparence » : les mains sont sur les commandes sans aucune action sur les commandes.

⁶ Terme anglais désignant une ressource dynamique.

La quatrième autorotation est effectuée complètement par l'EMO aux commandes, le MO suit⁷. Le posé est légèrement « talon », l'arrière des patins touchant le sol en premier (probablement suite à une remise à plat tardive).

1.1.2.4 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

La dernière autorotation débute avec une bonne présentation permettant au MO de réduire la turbine. L'EMO est aux commandes, le MO suit. Le début d'application de PG est effectué par l'EMO. Le MO perçoit alors une baisse significative du régime rotor et reprend les commandes. Il effectue la remise à plat et tire le PG jusqu'à la butée élastique pour amortir le contact avec le sol. L'appareil impacte fermement le sol, glisse sur les patins sur une distance d'environ 25 m en prenant une assiette à piquer. L'aéronef bascule vers l'avant et se couche sur le côté droit. Depuis le moment où le MO reprend les commandes, l'EMO est resté en transparence.

1.1.3 Localisation

➤ Lieu :

⇒ pays : France ;

⇒ département : Landes (40) ;

⇒ commune : Tinon ;

⇒ coordonnées géographiques :

N 43°44'02'' ;

W 001°10'38''.

⇒ altitude du lieu d'atterrissage : 46 mètres.

➤ Moment : jour (fin de journée).

➤ Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Base école de Dax (LFBY) à 5,1 Nm⁸ dans le radial 130° du lieu de l'évènement.

⁷ « Pilote suit » : les mains ne sont pas sur les commandes mais légèrement en retrait, pilote prêt à intervenir.

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

1.2 Tués et blessés

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

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Gazelle SA 342			X	

1.4 Autres dommages

Néant.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Moniteur, commandant de bord

- Age : 35 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : EAALAT Dax,
 - ⇒ fonction dans l'unité : moniteur affecté à la brigade de formation des moniteurs.
 - ⇒ Formation :
 - qualification militaire : moniteur ;
 - qualification civile : *Flight Instructor* Hélicoptère (FI (H)) autorisé à instruire des élèves FI.
 - ⇒ Ecole de spécialisation : EAALAT Dax.
 - ⇒ Année de sortie d'école : pilote en 1992, moniteur en 2000.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)
Total (h)	3644	799	118	86	13	13
Autorotations (nb)	3278	496	228	153	46	46

- La majorité des heures effectuées sur « Gazelle » l'ont été sur SA 342.
- Les deux derniers vols comme pilote ont été effectués sur le même hélicoptère le jour même.
- Expérience comme moniteur : affecté à la brigade moniteur depuis 2004, il réalise trois stages de formation d'instructeur par an.
- Ce moniteur fait partie d'un groupe de moniteur ayant l'expérience suffisante pour effectuer des vols d'instruction sur l'autorotation à d'autres moniteurs.

1.5.2 Elève moniteur

- Age : 35 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : Détachement école de l'aéronautique navale (DEAN) Le Luc.
⇒ Formation : EAALAT base école Général Lejay.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)	Sur tous types	Dont Gazelle (SA 342)
Total (h)	3300	25	65	25	25	25
Autorotations (nb)	85	5	5	5	5	5

- Les 25 heures de SA 342 ont été effectuées lors des deux semaines précédant le stage, pendant la transformation. Les trois premières heures du stage viennent d'être effectuées. Ce stage moniteur dure sept semaines.
- Les 85 autorotations sont réparties comme suit :
 - ⇒ 80 durant le stage pilote initial à l'école de Dax, 10 ans auparavant, sur Alouette II ;
 - ⇒ 2 durant la transformation sur « Gazelle » SA 342, dans les deux semaines précédant le stage ;
 - ⇒ 3 avant l'évènement, pendant la séance A1.
- Les 3300 heures de vol comprennent :
 - ⇒ 25 heures sur SA 342,
 - ⇒ 400 heures environ sur hélicoptères monoturbiné type Alouette II et III (100h de stage pilote initial, 300h de « navalisation » et vol en unité),
 - ⇒ 2900 heures hélicoptères biturbine type Panther (2200 heures) et Dauphin (700 heures).
- Le dernier vol comme pilote a été effectué sur le même hélicoptère le jour même.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre.
- Commandement organique d'appartenance : Commandement de la formation de l'armée de terre (COFAT).
- Base de stationnement : EAALAT de Dax.
- Unité d'affectation : Escadrille d'hélicoptères légers école (EHLE).
- Type d'aéronef : SA 342M n°4188 FMBFR.

⇒ caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis VP ⁹	Heures de vol depuis EMJ ¹⁰
Cellule	SA 342M	4188	4408,3	109,3	845,6
Moteur	Astazou XIV M	8148/7148	3867,7	109,3	/

L'aéronef a effectué plusieurs autorotations dans la journée.

1.6.1 Maintenance appliquée

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

En particulier l'exploitation de la dernière fiche de contrôle au sol et en vol montre que :

- le réglage des commandes du rotor principal ;
- les performances de l'aéronef,

étaient conformes au manuel technique (MAT 8711) (appareil armé avec 4 HOT et DDJ¹¹) à l'issue de ce vol technique.

⁹ VP : visite périodique.

¹⁰ EMJ : entretien majeur.

¹¹ DDJ : déviateur de jet.

Cette fiche de contrôle permet le réglage du régime rotor autorotatif avec une tolérance de +/- 5 tr/min. Les investigations ont montré que le régime autorotatif était réglé au centre de cette plage de tolérance.

1.6.2 Performances

L'aéronef ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

Le constructeur Eurocopter, au travers du manuel « MAT 8711 », a déterminé des limitations au niveau régime rotor :

- le régime rotor ne doit pas être inférieur à 310 tr/min, valeur en dessous de laquelle il n'est plus possible de ré-augmenter ce régime rotor,
- le régime rotor ne doit pas être supérieur à 430 tr/min, valeur au dessus de laquelle, il y a « survitesse ». Une vérification ou maintenance particulière sur certains points de l'hélicoptère doit alors être effectuée.

Il n'y a pas d'avertisseur de régime minimum sur « Gazelle ».

L'avertisseur de survitesse est calibré pour sonner entre 415 et 420 tr/min permettant à un pilote d'effectuer une légère application de PG pour éviter une survitesse.

1.6.3 Masse et centrage

La masse et le centrage étaient dans les normes :

- masse au décollage de Dax : 1758 kg ;
- masse estimée au moment de l'évènement : 1656 kg ;
- centrage : 2,96 mètres.

1.6.4 Carburant

- Type de carburant utilisé : kérosène F34 ;
- quantité de carburant au décollage de Dax : 440 litres ;
- quantité de carburant restant au moment de l'évènement : estimée à 300 litres par l'équipage et vérifiée suite à investigation sur l'épave.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Observation sur le terrain de Dax à 17h00

- Vent : 320° / 04 kt¹² ;
- visibilité : 20 km ;
- nébulosité : 1/8 à 700 m de cumulus médiocris ;
2/8 à 1600 m de strato-cumulus ;
1/8 à 7000 m de cirrus fibratus ;
- température : +12°C ;
- QNH¹³ : 1018 hPa.

1.7.2 Observation du vent sur le lieu de l'évènement

Au moment de l'évènement, le vent relevé par l'équipage par analyse de la manche à air et confirmé par les autres membres d'équipage en travail sur le terrain de Tinon est : 300° / 4 à 5 kt.

1.7.3 Couché du soleil

L'heure du couché de soleil étant à 17h39, ce dernier gênait l'équipage dans certaines phases du tour de piste (déclinaison de 28°). Dans la phase de trajectoire finale, le soleil était caché par la nébulosité.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

¹² kt: *knots* - nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h).

¹³ QNH : indique la pression ramenée au niveau de la mer.

1.9 Télécommunications

Fréquence HF¹⁴ de coordination entre les appareils en vol au-dessus du terrain d'exercice : 32,4 Mhz.

Fréquence VHF¹⁵ de sécurité de la zone R40 veillée par le tour de Dax : 139,575 Mhz.

Fréquence UHF¹⁶ affectée aux aéronefs de la direction de l'instruction : 258,725 Mhz.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Le terrain de Tinon est un terrain « satellite » du terrain de Dax. Possédant un statut d'héliport ministériel, il est réservé exclusivement aux séances d'instruction. Ce terrain n'est pas contrôlé et dispose d'une manche à air. Parmi tous les terrains satellites, celui de Tinon est préféré pour les exercices d'autorotation du fait du bon état de surface.

La piste en service au moment de l'évènement est la piste 26 main droite (tour de piste au Nord). Six axes matérialisés par des balises délimitent cinq bandes en herbe numérotées du sud au nord de 1 à 5. La bande B5 était utilisée par la « Gazelle » n°4188 au moment de l'évènement.

L'environnement immédiat est formé de champs de maïs et de forêts de conifères.

¹⁴ HF: *high frequency* – haute fréquence.

¹⁵ VHF : *very high frequency* - très haute fréquence (30 à 300 Mhz).

¹⁶ UHF : *ultra high frequency* - ultra haute fréquence (300 à 3000 Mhz).

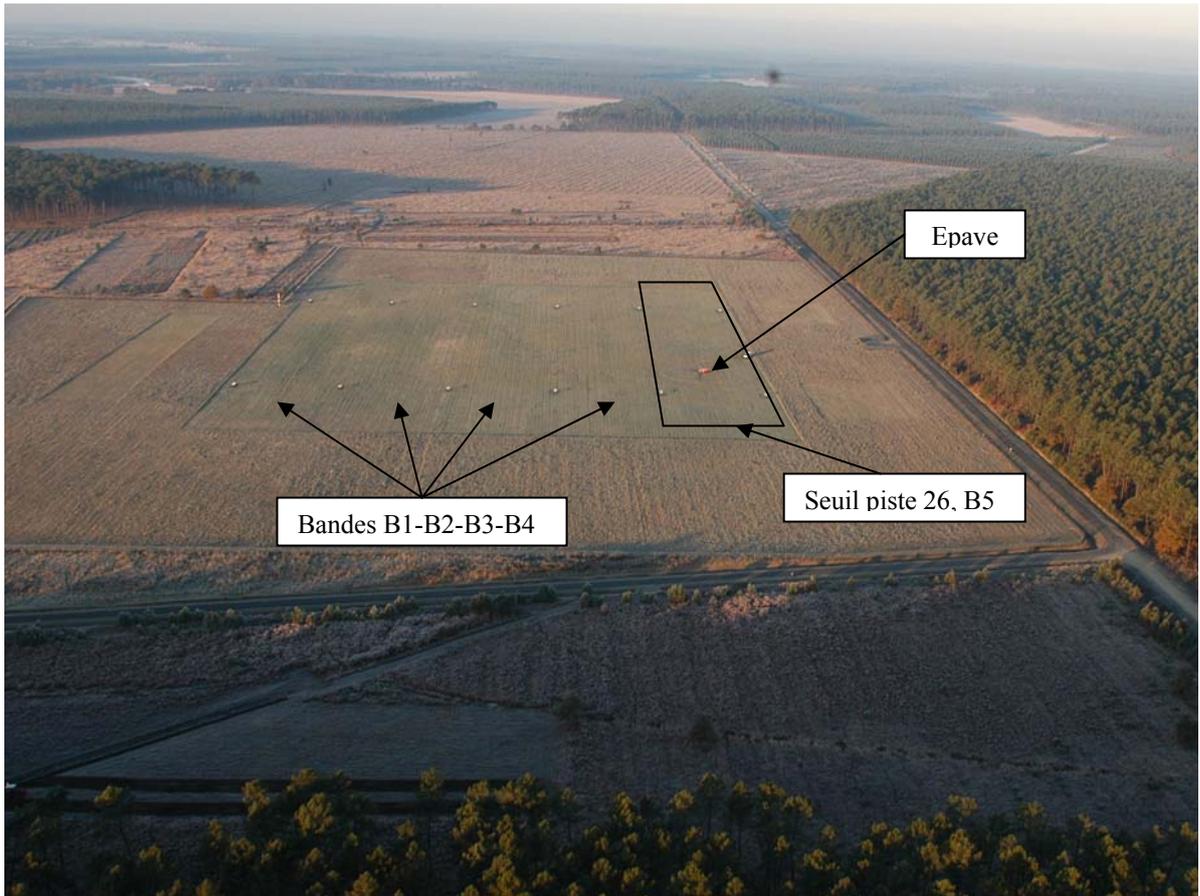


Photo 1 : Tinon, QFU¹⁷ 26

La surface est en herbe. L'état du sol est idéal au niveau planéité et densité pour les exercices d'autorotation.

1.11 Enregistreurs de bord

Ce type d'aéronef ne possède pas d'enregistreur à bord.

¹⁷ QFU : direction magnétique de la piste.

1.12 Renseignements sur l'impact et sur l'aéronef

1.12.1 Examen de la zone

1.12.1.1 Trace de glissade

Deux traces de patin symétriques montrent que la glissade a une longueur de l'ordre de 25 mètres en ayant débuté à environ 8 mètres après la balise de la bande n°5 du terrain de Tinon.

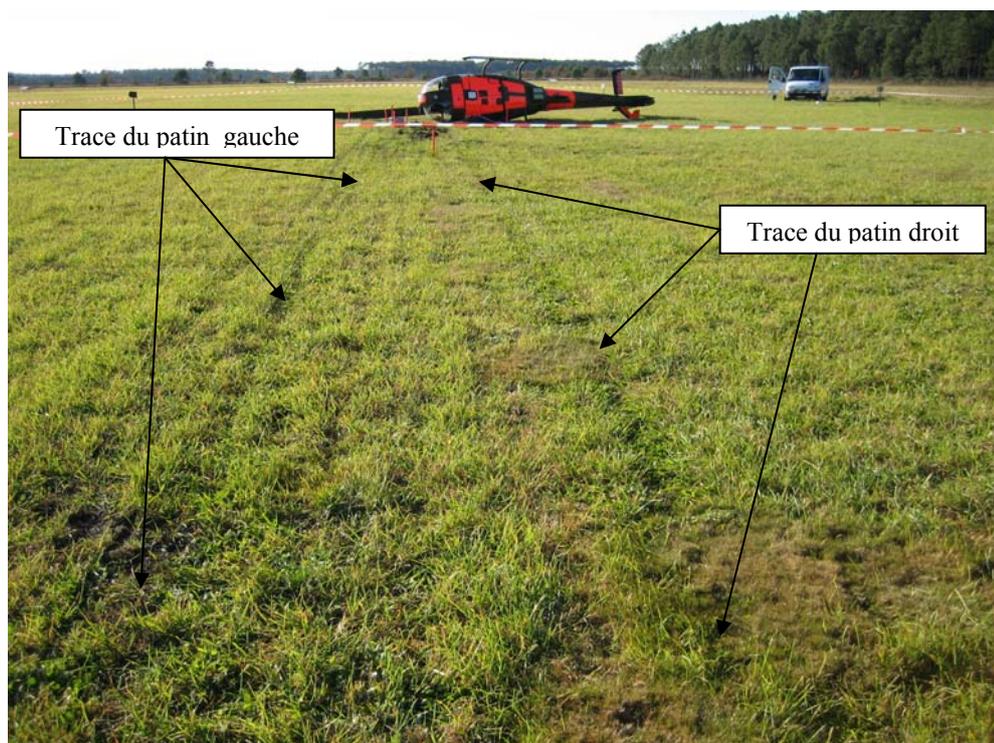


Photo 2 : traces de glissade

1.12.1.2 Traces d'enfoncement dans le sol

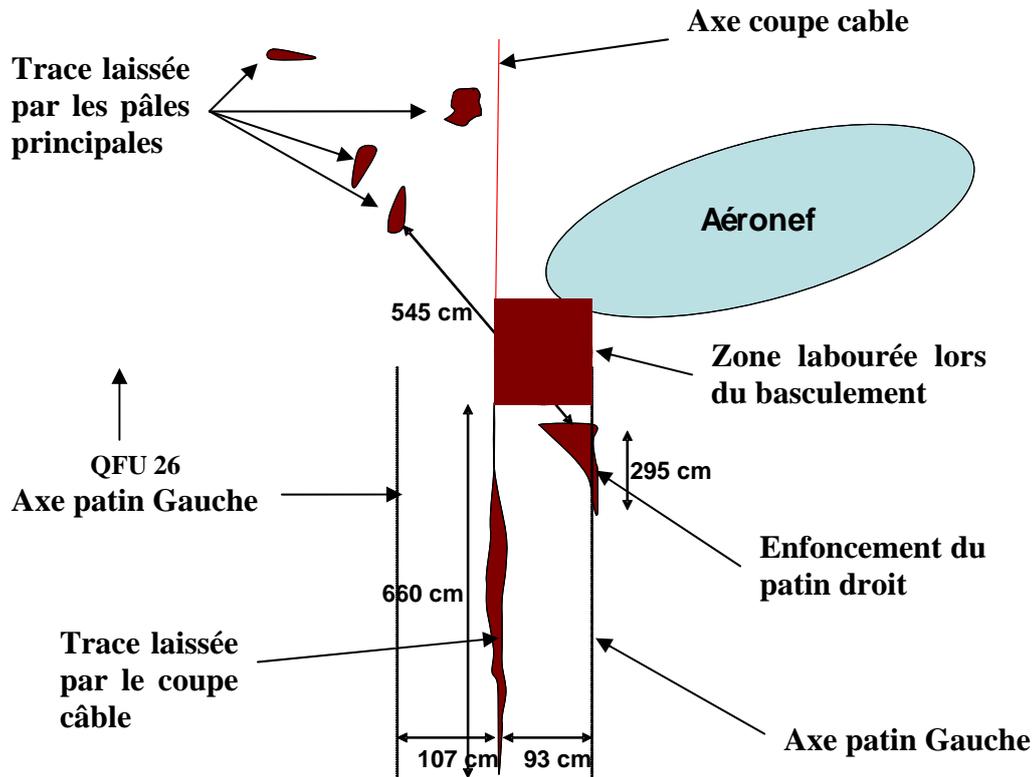


Schéma 1 : trace d'enfoncement dans le sol

Sont relevées en fin de glissade :

- deux saignées de 6,6 et 3 mètres environ qui correspondent respectivement à l'enfoncement dans le sol du couteau coupe câble et du patin droit,
- quatre impacts rotors bien définis, plutôt regroupés, qui correspondent aux contacts des saumons avec le sol. Aucune trace de type « moulinet » n'a été relevée.



Photos 3 : saignées couteau coup câble et patin droit ; impacts rotor

1.12.2 Examen de l'épave

1.12.2.1 Aspect général

L'aéronef est couché sur le flanc droit selon un axe faisant un angle d'environ 100° par rapport à l'axe de la trajectoire suivie au poser.



Photo 4 : « gazelle », couchée

- Eléments de structure et ensembles mécaniques présentant d'importants dommages

Cloison verticale, ossature verrière, panneau latéral droit, patin droit, demi-plan fixe, dérive droite et tube longeron, poutre de queue, mât moyeu rotor principal (MMRP), pâles principales, combinateur, plancher passager sous siège passagers, ferrure à suspension élastique GTM¹⁸.

- Ensembles mécaniques dont les dommages probables nécessitent un lever de doute ou une révision

¹⁸ GTM : groupe turbo moteur.

GTM (ensemble tournant bloqué), BTP¹⁹, suspension BTP, BTI²⁰, BTA²¹, transmission arrière, arbre oblique, embrayage, roue libre, arbre couplemètre, bloc hydraulique, servocommandes principales.

1.12.2.2 Résultats d'investigation utiles à l'analyse

1.9.2.2.1 Bilan atterrisseur

➤ Patins

Le patin droit présente une cassure franche vers l'intérieur de la spatule avant, initiée au 3^{ème} insert extérieur de fixation de la plaque d'usure. La rectitude latérale et verticale du patin droit (partie restante) est correcte.

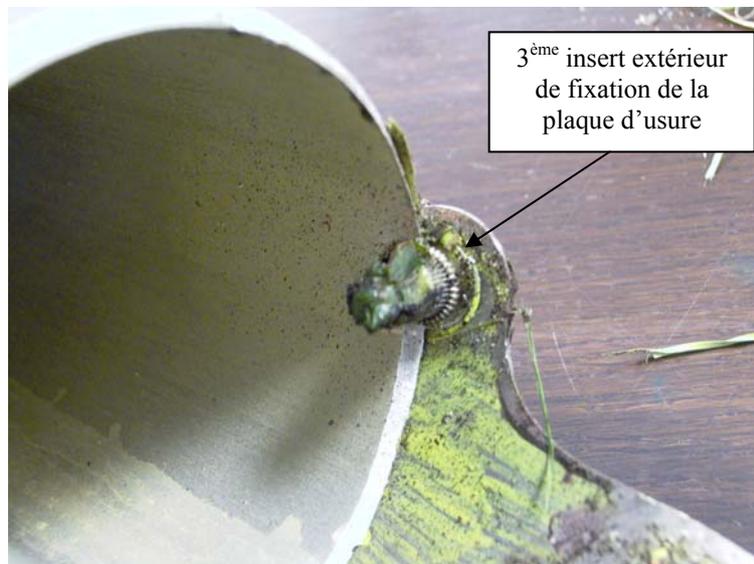


Photo 5 : faciès de rupture du patin droit

La trace dans le sol provoquée par le patin droit montre que ce patin débute son enfoncement dans le sol sur une distance approximative de 2 mètres avant de se rompre.

Le patin gauche présente un flambage vers l'intérieur, entre les 2 jambes, d'une flèche maximale de 8 mm.

➤ Demi-voies

L'exploitation de la fiche de mesure des ½ voies de l'atterrisseur (voir *Annexe 5 p 56*), donne les résultats suivants. La demi-voie avant gauche (décentrage de 2 mm de la traverse

¹⁹ BTP : boîte transmission principale.

²⁰ BTI : boîte transmission intermédiaire.

²¹ BTA : boîte transmission arrière.

avant pris en compte) présente une ouverture de 26 mm sur 75 tolérés. La déformation moyenne est de l'ordre de 10 mm sur les 3 derniers relevés (le dernier datant du 17 juillet 2007). L'ouverture de 26 mm est suffisante pour provoquer l'inclinaison permanente de la cellule à gauche, appareil au sol. Observable lors d'une visite prévol, la déformation supplémentaire de 16 mm est alors la conséquence de l'évènement.

1.9.2.2.2 Pâles rotor

➤ Pâle bleue

La ferrure et la fixation de cette pale sont correctes. Le saumon de la pale bleue comporte un impact en creux sur sa partie avant (épousant la forme des masses additionnelles internes). On constate un décollement par cloquage des revêtements stratifiés en bord de fuite de la référence 1070 à 3610. Des traces de glissade sur la peinture du revêtement de l'intrados sont relevées. Aéronef renversé et rotor arrêté, cette pale se trouvait braquée en appui sur le sol (sens flèche en battement haut).

➤ Pâles rouge et jaune

La ferrure et la fixation de ces pâles sont correctes. Les saumons comportent uniquement des traces de glissade. On constate un décollement par cloquage des revêtements stratifiés en bord de fuite de la référence 0500 à 2700 pour la pôle rouge et de la référence 0450 à 1630 pour la pôle jaune. Des traces de glissade sur la peinture du revêtement des intrados sont relevées.

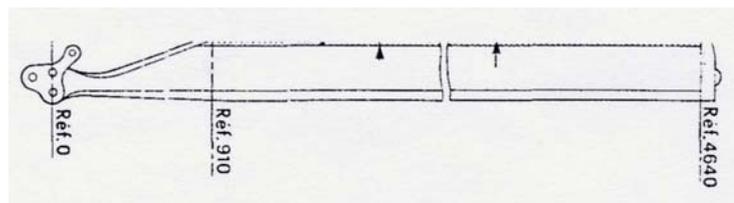


schéma 2 : pôle avec référence

1.9.2.2.3 MRA et RAC

Aucune anomalie n'a été détectée.

1.9.2.2.4 Poutre de queue

Des déformations sont constatées, mais ne correspondent pas à un contact excessif avec le sol. Elles correspondent probablement aux contraintes subies lors de la bascule sur le côté droit de l'hélicoptère.

1.9.2.2.5 Mât Moyeu Rotor Principal (MMRP)

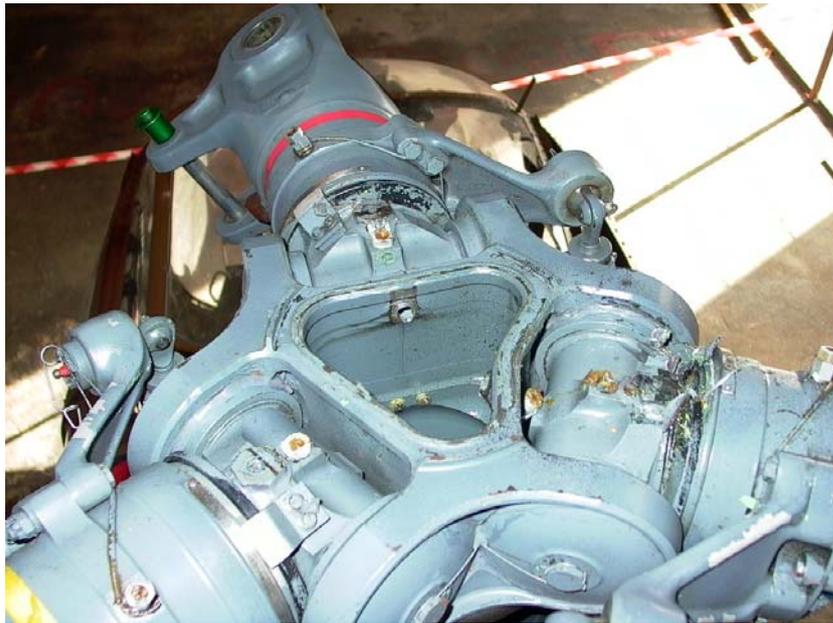


Photo 6 : vue supérieure du MMRP

La rotation du MMRP est normale. L'anneau de levage a été arraché. Les vis spéciales (doigts de butées hautes) sont absentes. L'arête et la face moulée entre fourche de battement bleue sont tordues vers l'intérieur, résultat induit par le poids de l'appareil couché et reposant sur la pôle bleu. Les graisseurs sont cisailés. Des marquages circulaires sont présents sur les trois talons de butées hautes correspondant au diamètre des doigts (vis spéciales) sans déformation. Les leviers de pas sont déformés, confirmés par des écaillages de peinture. Le manche de PG étant bloqué en butée grand pas, la lecture des incidences aux verniers donne : bleu (illisible), rouge (25°), jaune (27°).

1.9.2.2.6 Ensemble plateaux cycliques et rotule de mât, biellettes de pas

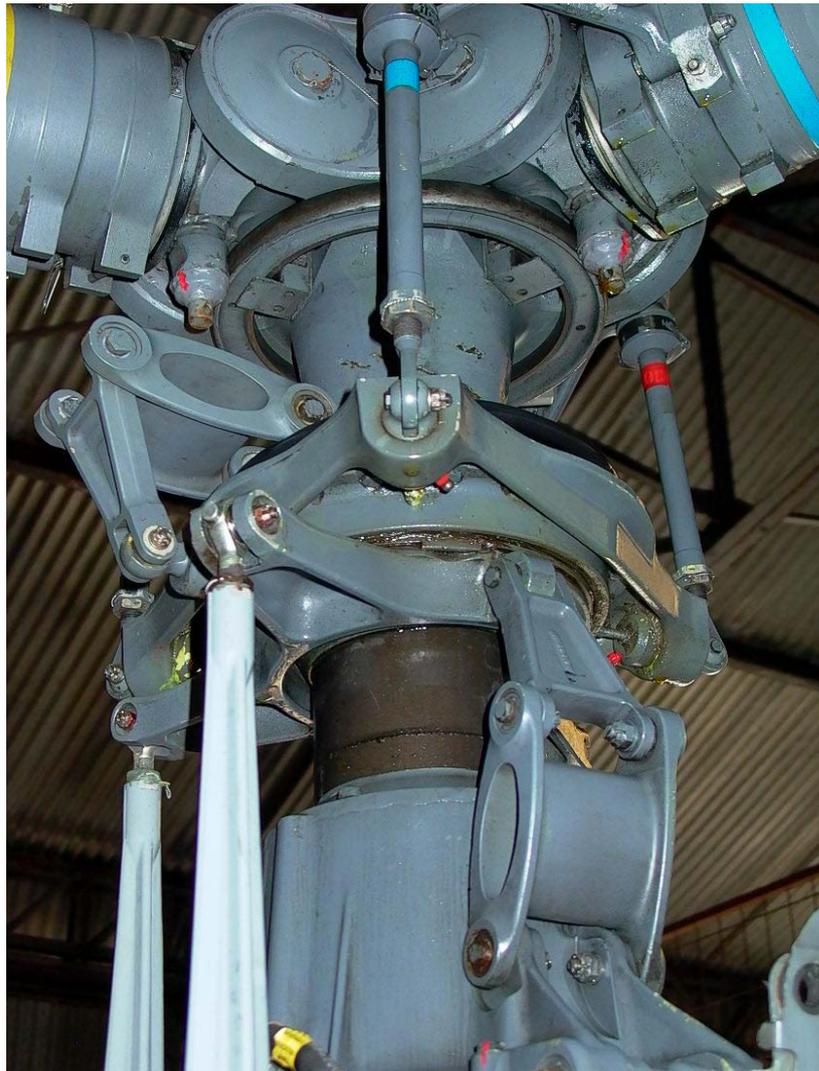


Photo 7 : ensemble plateaux cycliques et rotule de mât

La rotule est bloquée en position extrême haute sur son guide (ouverture maximum du compas fixe). Les plateaux sont sensiblement horizontaux (maintien du cyclique centré). La rotation du plateau tournant est normale.

Aucune déformation n'a été relevée sur les biellettes de pas.

1.9.2.2.7 Servocommandes arrière

La course de la tige de puissance est complète. La manœuvre est complète et aisée. La longueur de la bielle d'attaque est conforme.

1.9.2.2.8 Servocommandes principales

Les servocommandes principales sont maintenues en course maximum et en contrainte vers le haut par le plateau cyclique non tournant. Elles ne présentent pas de déformation apparente.

Manche du PG en butée grand pas et le manche cyclique centré, les mesures des côtes de sortie des tiges de puissance sont importantes :

Servocommandes Gauche = 116 mm

Servocommandes Droite = 114 mm

Servocommandes Avant = 120 mm

1.9.2.2.9 Traverse arrière et contre-fiche

Aucune anomalie n'a été détectée.

1.9.2.2.10 Sonde altimétrique, altimètre

La sonde altimétrique indique 85 mètres. Cette valeur représente la hauteur à laquelle la turbine a été réduite par action sur la manette de débit carburant par le moniteur. En effet, le régime moteur a diminué rapidement de 43000 tr/min au régime ralenti²². Passant 42000 tr/min environ, l'alimentation alternative s'est coupée et la sonde est restée figée à la valeur du moment.

L'altimètre est calé au QFE²³ de Tinon soit 1013 hPa.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1 Moniteur

➤ Dernier examen médical :

⇒ type : visite à l'unité du personnel navigant (VUPN) ;

⇒ date : 0 octobre 2007 ;

⇒ résultat : apte PN ;

⇒ validité : 6 mois.

²² Le régime ralenti est calibré à 25500 tr/min +/-400.

²³ QFE : calage altimétrique en hPa permettant de lire une hauteur sur un altimètre.

- Examens biologiques : négatif au test alcoolémique.
- Blessures :
 - ⇒ contusions du rachis dorsal et lombaire ;
 - ⇒ inaptitude temporaire de vol de 10 jours.

1.13.2 Elève moniteur

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite à l'unité du personnel naviguant (VUPN) ;
 - ⇒ date : 29 mai 2007 ;
 - ⇒ résultat : apte PN ;
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Examens biologiques : négatif au test alcoolémique.
- Blessures :
 - ⇒ contusions du rachis dorsal et lombaire ;
 - ⇒ contusions de la fesse droite et du coude gauche ;
 - ⇒ arrêt maladie de 5 jours ;
 - ⇒ inaptitude temporaire de vol de 10 jours.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Survie des occupants

1.15.1 Abandon de bord

Le moniteur et l'élève moniteur ont évacué l'aéronef sur ordre du premier. Préalablement, les commandes suivantes ont été mises sur arrêt : inverseur, pompe de gavage, batterie, génératrice, alternateur. Le robinet coupe-feu a été tiré. L'hélicoptère étant couchée sur le côté droit, l'évacuation s'est effectuée par la porte gauche de l'appareil. Après être sorti de l'appareil, le moniteur extrait la batterie qui, couchée, aurait pu perdre de l'acide.

1.15.2 Organisation de l'alerte et des secours

A 16h48, l'alerte est donnée sur la fréquence « sécurité » (veillée par la tour de Dax) par le pilote commandant de bord de l'hélicoptère FMBFS (une des trois autres « Gazelle » en exercice sur le terrain de Tinon) : « une machine vient de se retourner...l'équipage vient de sortir de la machine ».

A 16h49, le commandant de bord de l'hélicoptère FMBFS préconise de ne pas faire intervenir la SSIS. Le contrôle se concentre sur la détermination de l'indicatif de l'appareil couché.

A 16h52, le contrôle rend compte de l'évènement au bureau opérations et à l'Officier sécurité des vols (OSV).

Peu après 17h00, le médecin de l'unité est prévenu par le bureau opération de la nature de l'évènement et décide de se déplacer sur le site de l'évènement où il arrive vers 17h30.

A 17h18, Le contrôle rend compte au Centre de coordination et de sauvetage (CCS) de l'évènement et du non-déclenchement de la balise de détresse.

1.16 Essais et recherches

Néant.

1.17 Renseignements sur les organismes

1.17.1 Activité de l'école de Dax

Le parc de 53 hélicoptères « Gazelle » est composé de 20 SA 342 et 33 SA 341 pour une activité annuelle de 18000 heures de vol. La « Gazelle » SA 342 est utilisée depuis 2 ans comme appareil école en parallèle avec les « Gazelle » SA 341 présentes sur la base depuis plus de 15 ans.

L'exercice d'autorotation turbine réduite est enseigné en formation pour deux raisons principales :

- l'école étant homologuée FTO²⁴, cet exercice est imposé par la norme civile FCL2²⁵,

²⁴ FTO : *flight training organisation* – organisation des vols d'entraînement.

²⁵ FCL2 : *flight crew licensing 2* - licence de vol en équipage 2.

- c'est un exercice de travail mettant en œuvre de nombreuses facultés fondamentales : visualisation, coordination, dosage, précision, résistance au stress, dissociation de l'attention.

18000 autorotations par an sont effectuées dans les formations instruites à l'école de Dax.

1.17.2 La veille sécurité sur la zone satellite de Tinon

Lors d'exercice sur la zone satellite de Tinon, la fréquence VHF de sécurité 139,575 Mhz est veillée par la tour de Dax. Pour un appareil seul sur le terrain, le pilote doit transmettre en début de séance, toutes les 30 minutes et en fin de séance un compte rendu de situation.

1.18 Renseignement supplémentaire

1.18.1 Balise de détresse

La balise de détresse ERSX 3B, en position automatique, ne s'est pas déclenchée. Ce fait est relayé par le contrôle de la tour de Dax à 17h18 au CCS.

1.18.2 Qualification de type sur « Gazelle » SA 342

Une seule qualification de type est nécessaire sur « Gazelle » SA 341 et SA 342. Une extension de cette qualification est effectuée pour la « Gazelle » SA 342 au travers d'une instruction sol et deux séances de vol. Cette extension permet essentiellement d'aborder les points suivants :

- l'utilisation du PA (pilote automatique) (SA 341 non équipée),
- l'utilisation du logiciel NADIR d'aide à la navigation (SA 341 non équipée),
- la mise en route du GTM Astazou XIV M (GTM Artouste monté sur SA 341).

Une formation supplémentaire est effectuée au niveau moniteur. Des différences entre SA 342 et SA 341 sont abordées au niveau de l'exercice d'autorotation turbine réduite sans approfondir les différences significatives de régime autorotatif entre ces deux types d'hélicoptère.

1.19 Technique spécifique d'enquête

Sans objet.

2 ANALYSE

L'analyse s'attachera à déterminer les causes de la perte de contrôle de l'hélicoptère par le moniteur dans un exercice d'autorotation turbine réduite. A cet effet, elle portera essentiellement :

- sur la détermination des causes de la perte de contrôle dans la dernière phase du vol ;
- sur la détermination des causes du maintien de cette perte de contrôle dans la phase de glissade au sol.

En l'absence d'enregistreur, l'analyse repose essentiellement sur les témoignages du moniteur et de l'élève moniteur ainsi que sur l'exploitation des résultats des investigations sur l'épave.

2.1 Eléments significatifs issus de l'analyse de l'épave

2.1.1 Trajectoire de l'aéronef avant le début application de pas général

Les éléments suivants :

- hauteur de réduction de la turbine à 85 mètres ;
- position du point d'impact sur la bande n°5 ;
- longueur de la glissade au sol ;
- le témoignage cohérent de l'équipage ;
- le même exercice effectué par le moniteur en présence de l'expert pilote ;

laissent à penser que la trajectoire, jusqu'au début d'application de pas, est conforme à la trajectoire type en autorotation turbine réduite, enseignée à l'école de Dax (voir *Annexe 2 p 53*).

2.1.2 Reprise des commandes par le MO

Ressentant une baisse de tour significative et trop importante, le MO reprend les commandes en maintenant le PG en position et en effectuant une remise à plat avec le cyclique. Les traces d'impact symétriques des patins avec le sol ainsi que les déformations relevées sur l'épave montrent que la remise à plat a été efficace.

2.1.3 Impact avec le sol

Juste avant l'impact, le MO effectue la fin d'application de PG avec le peu de débattement restant jusqu'en butée. Ce geste contribue à limiter le taux de chute. L'intégrité des éléments constitutifs du train et de la cloison verticale arrière ainsi que le non-déclenchement de la balise de détresse ERSX 3B permet de conclure que cet atterrissage est ferme mais ne rentre pas dans la définition de l'atterrissage brutal²⁶.

2.1.4 Glissade et bascule de l'appareil

➤ Demi-voie gauche

Lors de cet évènement, l'ouverture de la demi-voie gauche a progressé de 16 mm. L'appareil s'est enfoncé de façon plus importante sur le côté gauche de l'appareil amenant à une déformation permanente de la demi-voie gauche. L'enfoncement à gauche plus important a pu être provoqué par le défaut de parallélisme résultant de la déformation initiale de la demi-voie gauche (10 mm).

➤ Rupture du patin droit

L'analyse des distances entre les différents points d'impacts au sol démontre que la rupture du patin droit a eu lieu avant l'impact des pâles au sol, point confirmé par le témoignage de l'équipage.

➤ Couteau coupe câble

L'écartement des demi-voies (plus particulièrement celle de gauche) a entraîné le contact avec le sol du couteau coupe câble. Ce couteau coupe câble a une garde au sol d'environ 25 cm.

➤ Commandes

Les investigations sur l'épave ainsi que les témoignages cohérents de l'équipage montrent que, pendant la glissade, le PG est resté en position haute et le manche cyclique centré au neutre. L'état des butées hautes présente un marquage circulaire peu empreint des talons. La conicité du disque rotor pendant la glissade a été générée sans brutalité par un PG en

²⁶ Définition de l'atterrissage brutal de la CT 12.00.204 : facteur de charge > 3 ou vitesse d'impact > 2.44 m/s.

butée haute et un régime rotor en constante diminution. Le contact des 3 butées hautes amène à une conicité du disque rotor avec des pâles à 18° de battement.

➤ Pâles

La vérification des pâles qui prend en considération l'état des saumons, le positionnement des décollements en bord de fuite et les traces sur peinture, confirme que :

- ⇒ la pale bleue a heurté le sol et a absorbé l'énergie de décélération brutale des derniers tours du rotor ;
- ⇒ après l'impact au sol du saumon, la mise en parallélisme de la pale bleue avec le sol a été assez aisée, ce qui confirme une certaine conicité du disque rotor ;
- ⇒ les pales rouge et jaune ont encaissé des efforts inertiels importants dûs au freinage brutal généré par la pale bleue ;
- ⇒ les pales rouge et jaune ont pris contact avec le sol sous un angle suffisant pour glisser d'emblée, ce qui confirme la conicité du disque rotor ;
- ⇒ au cours de la brutale décélération du rotor, le nombre de tours effectués par la pale bleue, entre son premier contact avec le sol et l'arrêt complet du rotor, est de 1 tour plein ;
- ⇒ enfin les faibles dégâts constatés sur l'ensemble des pâles démontrent le faible régime du rotor au moment de l'impact des pâles et confirment le maintien en butée haute du PG par le MO durant la glissade.

2.2 Causes de la perte de contrôle par le moniteur dans la dernière phase de vol

Lors du début d'application de pas, le MO reprend les commandes car il ressent une baisse significative du régime rotor. Les deux pilotes ayant toute leur attention portée sur la gestion de la fin de trajectoire à faible hauteur « les yeux dehors », aucune valeur de régime rotor n'a été lue par l'équipage. Cependant l'expérience montre que ce régime rotor devait se situer aux alentours de 340 tr/min.

Avec un régime rotor insuffisant, le MO a perdu le contrôle de l'aéronef et n'a ainsi pas pu empêcher un contact ferme avec le sol. La détermination des causes de la perte de contrôle

de l'appareil par le moniteur revient donc à déterminer les causes du faible régime rotor à très basse hauteur.

2.2.1 Raté d'exécution de l'élève moniteur

La cause de la baisse significative du régime rotor est due à l'action de l'EMO aux commandes. En effet lors du début d'application de pas, l'action sur le PG a été trop ample (voir la description d'un exercice d'autorotation turbine réduite sur « Gazelle » SA 342 en *Annexe 2 p 53*).

L'hypothèse selon laquelle un raté d'exécution de l'élève moniteur est à l'origine de la baisse significative du régime rotor est certaine. Ce raté d'exécution se caractérise par une action trop ample sur le PG par l'élève moniteur au moment du début d'application de PG.

Aucune cause particulière concernant le niveau de performance de l'EMO à ce moment de l'exercice et l'environnement ne permet d'expliquer ce raté d'exécution.

Ce raté fait partie du cursus d'apprentissage d'un EMO en instruction. Ce type de raté apparaît régulièrement dans le cadre de la formation d'un EMO.

2.2.2 Excès de confiance du moniteur dans l'élève moniteur

Au moment du raté d'exécution de l'EMO, le MO n'est pas en transparence mais suit les commandes. Le MO est prêt à intervenir, les mains proches des commandes.

Malgré les quelques ratés d'exécution de l'EMO dans les exercices d'autorotation précédents et malgré le fait que ce soit la première séance d'exercice à l'autorotation, le MO laisse un degré de liberté plus important que ce que l'on peut attendre à ce niveau de formation.

Le MO peut avoir eu un excès de confiance dans les capacités de son élève. Cet élève est en effet un stagiaire jugé d'un très bon niveau par son MO, ayant répondu à toutes ses attentes depuis le début du stage.

Une trop grande confiance envers l'élève est la conséquence d'une généralisation hâtive des capacités cognitives de l'élève par rapport à cet exercice d'autorotation.

Il en résulte un abandon plus ou moins poussé (selon le degré de confiance accordé) des projets d'action confiés (ou délégués) notamment la gestion de la courbe finale de cette autorotation turbine réduite. Cet abandon entraîne dans l'action un défaut de compréhension de la situation par le MO qui ne permet plus l'anticipation des ratés d'exécution de l'EMO.

L'hypothèse selon laquelle un excès de confiance, du commandant de bord dans les capacités de son pilote, est à l'origine d'un manque d'anticipation du moniteur sur les ratés de son élève est probable.

2.2.3 Mauvaise représentation du régime autorotatif de la « Gazelle » SA 342 par le moniteur

De façon générale, les pilotes de « Gazelle » de l'ALAT et le MO lors de l'évènement savent que la « Gazelle » SA 342 a un régime autorotatif inférieur à celui de la « Gazelle » SA 341.

Dans les conditions météorologiques et de masse au moment de l'évènement, à une vitesse indiquée de 120 km/h, les abaques de réglages donnent les valeurs suivantes :

Nr	Régime régulé avant réduction de la turbine	Régime autorotatif après réduction de la turbine à 85 m de hauteur	Régime autorotatif après réduction de la turbine en début de <i>flare</i>
Gazelle SA 341	378 tr/min	393 tr/min	391 tr/min
Gazelle SA 342	387 tr/min	372 tr/min	370 tr/min

En fonctionnement autorotatif, le régime rotor de la « Gazelle » SA 341 augmente de quelques tours alors que celui de la « Gazelle » SA 342 diminue de 17 tr/min. Le MO savait qu'il y avait une différence entre les deux types d'hélicoptère dans ce domaine mais n'avait pas la connaissance d'une baisse de régime propre à la SA 342 et encore moins de son importance. L'indicateur du régime rotor ne permet pas de constater cette baisse de régime rotor dans cette phase de vol. Si on considère que la valeur de régime rotor est critique à partir de 340 tr/min, la « Gazelle » n°4188 a perdu 17 tr/min sur une plage de 47 tr/min. L'énergie accumulée dans le rotor en rotation et restituable en fin d'exercice

d'autorotation pour limiter l'impact au sol était en réalité inférieure de -30% environ de l'énergie escomptée par le MO.

L'hypothèse selon laquelle le moniteur avait une mauvaise représentation de son régime autorotatif turbine réduite est certaine.

Le MO n'avait aucun moyen d'apprécier le faible rendement autorotatif de son hélicoptère. Ce fait est apparu dans le cadre de cet exercice raté.

2.2.3.1 Mise à jour de la documentation de maintenance applicable

Cette différence importante du régime autorotatif s'explique par une inadaptation de la documentation de maintenance applicable à l'utilisation de l'hélicoptère. L'utilisation de la « Gazelle » SA 342 a évolué alors que la documentation n'a pas été mise à jour.

En effet la documentation technique au moment de l'évènement s'appliquait pour une « Gazelle » SA 342 armée avec 4 HOT (masse plus importante). Depuis cet évènement, et suite à analyse du constructeur, une mise à jour de la documentation est parue et impose le même réglage **en ajoutant 10 tr/min.**

L'hypothèse selon laquelle un réglage sous-dimensionné du régime autorotatif turbine réduite de la « Gazelle » SA 342 n°4188 a contribué à une mauvaise représentation de ce régime par le moniteur est certaine.

2.2.3.2 Formation du moniteur

Dans la qualification de type sur hélicoptère « Gazelle », une extension aborde certaines particularités associées aux SA 342 sans approfondir les différences entre le régime autorotatif de la « Gazelle » SA 342 et SA 341. En particulier, la baisse significative du régime rotor au moment de la réduction de la turbine sur SA 342 n'est pas abordée.

L'hypothèse selon laquelle un manque d'approfondissement des connaissances des particularités du régime autorotatif turbine réduite de la « Gazelle » SA 342 a contribué à une mauvaise représentation de celui-ci par le moniteur est certaine.

2.2.3.3 Difficulté de lecture du régime rotor

Le moniteur porte toute son attention sur la gestion de la fin de trajectoire à faible hauteur « les yeux dehors », aucune valeur de régime rotor n'a pu être lue par l'équipage. De plus, la lecture du régime rotor n'est pas aisée :

- indicateur de régime rotor situé en bas à gauche du tableau de bord ;
- aiguille d'indication de régime rotor peu explicite.



Photo 8 : lecture de l'indicateur de régime rotor en exercice d'autorotation turbine réduite

Ainsi l'hypothèse selon laquelle la difficulté de lecture du régime rotor a contribué à une mauvaise représentation du régime rotor autorotatif turbine réduite par le moniteur est probable.

2.2.4 Facteur contributif : vent défavorable

Concernant la procédure d'autorotation turbine réduite, le manuel de l'équipage (MAT 8711) préconise de se présenter en approche finale face au vent et si possible en évitant le vent du secteur droit. Le manuel de formation (MANFORM) de l'EAALAT base école de Dax limite l'instruction en vol à l'autorotation à 10 kts de travers. Au moment de l'évènement, le vent provenait du secteur avant droit sous 40° pour 4 à 5 kts et donc dans les limites d'utilisation de l'aéronef.

Dans le cadre d'une autorotation turbine réduite, le couple d'entraînement est orienté dans le sens horaire (vu de dessus). Le vent venant du secteur droit, impacte le fenestron du côté droit. Il crée un couple supplémentaire dans le sens horaire que le pilote doit contrer au palonnier. Ce couple supplémentaire contribue à une baisse du régime rotor dans la phase finale de l'exercice d'autorotation turbine réduite.

L'hypothèse selon laquelle le vent du secteur droit a contribué à une baisse du régime rotor dans l'exercice d'autorotation turbine réduite est certaine.

2.2.5 « Gazelle » n° 4188 particulière

Le témoignage du moniteur indique que, lors des précédentes autorotations, l'augmentation du régime rotor au moment du *flare* était faible, tout en restant dans la norme.

Les investigations menées par le groupe d'enquête au niveau de :

- l'analyse de l'épave ;
- l'analyse de la traçabilité de la documentation de maintenance ;

n'ont pas pu confirmer cette hypothèse.

Cependant, l'hypothèse selon laquelle la « Gazelle » n°4188 présente une particularité au niveau de la prise de tr/min au moment du *flare* reste possible.

2.3 Causes du maintien de la perte de contrôle de l'aéronef durant la glissade

L'hélicoptère ayant basculé vers l'avant avec une assiette à piquer, la recherche des causes du maintien de la perte de contrôle par le MO revient à déterminer les causes de cette bascule.

2.3.1 Effacement des demi-voies avant

La force d'impact n'a pas dépassé une valeur pouvant porter atteinte à la partie résistante du train, mais elle a été suffisante pour ouvrir le train avant, en limite élastique des patins.

Il s'en est suivi une glissade dont la décélération, causée par l'écart des patins, a provoqué un transfert de charge vers l'avant qui a lui-même contribué à augmenter la divergence des patins et l'angle à piquer de la « Gazelle ».

L'hypothèse selon laquelle l'effacement des demi-voies avant a été provoqué par l'impact initiale est certaine. L'effacement des demi-voies avant a provoqué la bascule initiale vers l'avant de l'aéronef.

2.3.2 Couteau coupe câble

L'effacement des demi-voies avant, associé à la décélération de l'appareil (moment à piquer), a entraîné le contact avec le sol du couteau coupe câble. Ce dernier s'est ensuite enfoncé dans le sol, créant un moment à piquer supplémentaire qui a accentué la bascule de l'aéronef vers l'avant.

L'hypothèse selon laquelle l'enfoncement dans le sol du couteau coupe câble a contribué à la bascule de l'aéronef vers l'avant est certaine.

2.3.3 Action du moniteur sur le PG

Dans l'exercice type d'autorotation turbine réduite tel qu'enseigné à Dax, le pilote ramène le PG en douceur vers en butée PPP (plein petit pas) pendant la glissade. Lors de l'évènement, le MO a conservé le PG en butée haute. Cette action a eu pour conséquence de mettre en conicité le disque rotor engendrant un moment à piquer supplémentaire.

L'hypothèse selon laquelle le maintien, par le moniteur, du PG en butée haute a accentué la bascule de l'aéronef vers l'avant est certaine.

Le maintien du PG en butée haute s'explique par le fait que le MO ne souhaite pas accentuer l'écartement des demi-voies avant et encore moins aggraver le planter du

couteau coupe câble. Il est impossible de vérifier que si le moniteur avait abaissé le PG, la glissade se serait mieux terminée dans de meilleures conditions.

2.3.4 Cause environnementale : le sol

L'état du sol ne présentait aucun défaut de planéité ni de densité pour les exercices d'autorotation. Aucun obstacle particulier n'a été observé sur la trajectoire des patins.

L'hypothèse selon laquelle une anomalie au niveau du sol a engendré un moment à piquer supplémentaire est rejetée.

2.3.5 Réversibilité des commandes

La position et l'état de la chaîne de commande en incidence (lecture vernier, déformation levier de pas, blocage de la rotule en position haute, sortie exagérée des tiges de servocommandes principales, désarticulation du combinateur) confirment que le disque rotor a pris l'autorité sur les commandes. Cette prise d'autorité, difficile à situer dans le temps, a amené sans brutalité les butées hautes au contact.

L'hypothèse selon laquelle la réversibilité des commandes a pu contribuer à la perte de contrôle du moniteur lors de la glissade au sol est probable.

2.4 Causes de la bascule de l'aéronef sur le côté droit

Au moment où l'hélicoptère, en fin de glissade, est en assiette à piquer, l'équipage s'attend à rebasculer en arrière. Les pales rotor ayant touché le sol après bascule de l'appareil, seule la rupture du patin droit peut être à l'origine de la bascule de l'aéronef sur le flanc droit.

L'hypothèse selon laquelle la rupture du patin droit est la cause de la bascule de l'aéronef sur le flanc droit est certaine.

2.4.1 Anomalie au niveau du patin

L'expertise du faciès de rupture par le Centre d'expertise de l'aéronautique de Toulouse (CEAT) montre que :

- le patin droit s'est rompu. Cette rupture est statique, sans fissuration progressive de type fatigue ou corrosion, ni défaut métallurgique ;
- les relevés dimensionnels et les caractéristiques métallurgiques sont conformes aux plans de définition.

L'hypothèse selon laquelle une anomalie au niveau du patin droit est à l'origine de sa rupture est rejetée.

Cette rupture a été apportée par une contrainte en statique supérieure à la contrainte admissible par le patin au niveau du 3^{ème} insert extérieur de fixation de la plaque d'usure.

Le patin droit s'est enfoncé dans le sol en fin de glissade avant de rompre (voir *photo 3 p 21*). Cet enfoncement de l'appareil à droite a été provoqué par un effort sur la demi-voie droite plus important qu'à gauche en fin de glissade.

2.4.2 Couteau coupe câble désaxé à gauche

En fin de glissade, alors que l'appareil a une assiette à piquer, il repose sur ce couteau coupe câble.

L'axe du couteau coupe câble est décalé de 15 cm à gauche de l'axe de l'appareil. Cette dissymétrie peut avoir apporté un effort supplémentaire sur le patin droit ayant contribué à la rupture du patin droit.

L'hypothèse selon laquelle la dissymétrie du positionnement de couteau coupe câble a pu apporter un effort supplémentaire sur la demi-voie droite contribuant à la rupture du patin droit est possible.

2.4.3 Action du moniteur sur le cyclique

La demi-voie gauche a subi une déformation plus importante que la demi-voie droite.

La fiche de mesures des demi-voies montre qu'il existait avant cette séance d'entraînement à l'autorotation une ouverture de la demi-voie avant gauche du train de 10 mm pour une tolérance de 75 mm. Cette ouverture à gauche a provoqué un écart de parallélisme dans les tolérances.

L'hypothèse selon laquelle une déformation de la demi-voie gauche plus importante que celle à droite a été causée par un écart de parallélisme initial est possible.

La demi-voie avant gauche s'étant affaissée, l'appareil s'est enfoncé sur le côté gauche.

Il est possible que le pilote ait eu une légère action inconsciente au cyclique vers la droite pour maintenir l'aéronef à inclinaison nulle. Cette action aurait finalement eu pour conséquence de générer un effort supplémentaire sur le patin droit amenant à la rupture de ce dernier.

L'hypothèse selon laquelle une légère action du moniteur au cyclique pour maintenir l'inclinaison nulle a pu apporter un effort supplémentaire sur la demi-voie droite contribuant à la rupture du patin droit est possible.

2.4.4 Cause environnementale : le sol

Aucun obstacle sur la trajectoire du patin droit n'a été constaté.

L'hypothèse selon laquelle un obstacle sur la trajectoire du patin droit est à l'origine de sa rupture est rejetée.

2.5 Gestion de l'évènement par les organismes de secours

Le commandant de bord, de l'hélicoptère FMBFS ayant donné l'alerte, incite le contrôle à ne pas faire intervenir d'assistance médicale (voir *Annexe 3 p 54*). Cette dernière n'est pas alertée par le contrôle.

Même si le commandant de bord voit l'équipage évacuer la « Gazelle » couchée, il n'est pas en mesure de déterminer le niveau de gravité des blessures de l'équipage.

La fiche réflexe « compte rendu d'évènement en campagne » incite le contrôleur à prendre la responsabilité de l'intervention médicale. Cette fiche réflexe recommande finalement de n'avertir l'infirmerie qu'après six autres acteurs (voir *Annexe 3 p 54*).

L'assistance médicale (médecin chef de l'unité) ne décide d'intervenir sur les lieux qu'une fois l'information transmise par le bureau opération soit environ 15 minutes après l'évènement. Ce médecin arrive sur les lieux environ 35 minutes plus tard.

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

Dans le cadre d'un exercice d'autorotation turbine réduite, le moniteur perd le contrôle de l'hélicoptère dans la trajectoire finale.

La perte de contrôle est la conséquence d'une baisse importante du régime rotor à faible hauteur qui ne lui permet plus d'éviter un impact ferme avec le sol. Les causes de cette baisse importante de régime rotor sont établies à plusieurs niveaux :

- un raté d'exécution de l'élève moniteur, qui a eu un début d'application de PG trop ample probablement accentué par un excès de confiance du moniteur dans son élève,
- une mauvaise appréciation, par le moniteur, du régime autorotatif turbine réduite de la « Gazelle » SA 342 induite par un réglage inadapté de la voilure (issu de l'exploitation, par les opérateurs de maintenance, d'une documentation technique qui n'était pas à jour) et un manque de formation théorique sur ce point.

Après l'impact, la perte de contrôle a été entretenue par la bascule de l'aéronef vers l'avant pendant la glissade. Les causes de cette bascule sont d'origines différentes :

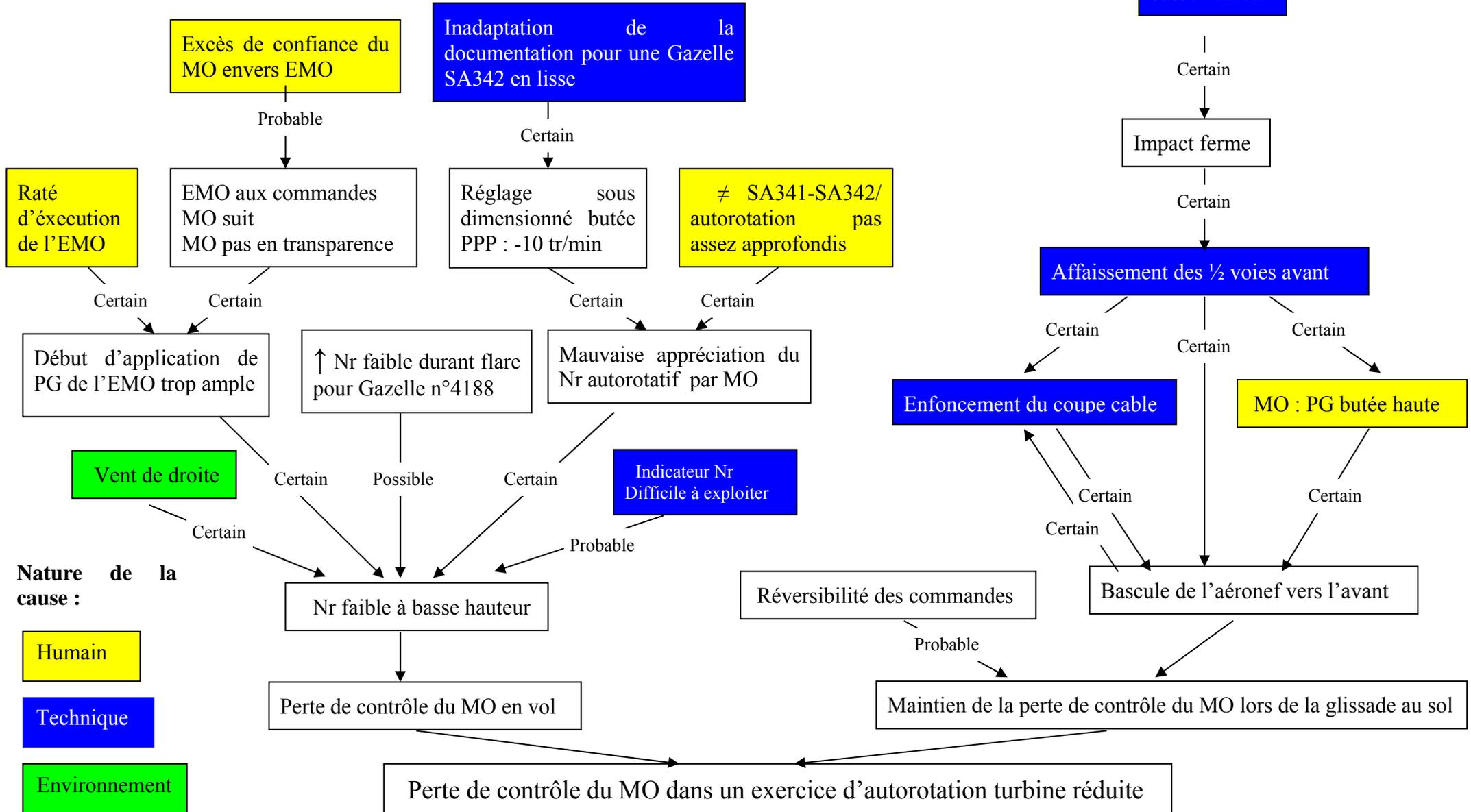
- l'affaissement des ½ voies consécutives à l'impact ;
- l'enfoncement dans le sol du couteau coupe câble ;
- le maintien du PG en butée haute par le moniteur.

En fin de glissade, alors que l'hélicoptère a une assiette importante à piquer, le patin droit se rompt et provoque la bascule de la « Gazelle » sur le flanc droit.

L'équipage est légèrement blessé et l'aéronef est fortement endommagé.

3.2 Arbre des causes

Les causes de l'évènement sont schématisées dans l'arbre des causes suivant :



4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement

4.1.1 Réglage du régime autorotatif de la « Gazelle » SA342.

Le régime autorotatif de la « Gazelle » SA 342 n°4188 était sous-dimensionné de 10 tr/min au moment de l'évènement comme l'ensemble du parc de « Gazelle » SA 342. La documentation technique appliquée concernait en fait une « Gazelle » « armée » de 4 HOT et non pas une « Gazelle » « lisse ». Ce manque de régime issu du réglage des butées mini de PPP a été confirmé par le témoignage de pilotes :

- l'exercice d'autorotation était moins tolérant à l'erreur sur SA 342 par rapport à la SA341 ;
- le nombre de survitesse était très rare sur SA 342 par rapport à la SA 341.

En conséquence, **le Bureau enquêtes accidents défense air a recommandé d'analyser la procédure de réglage des butées de PPP sur « Gazelle » SA 342 permettant d'améliorer leur régime autorotatif turbine réduite.**

Depuis cet évènement, le réglage des butées de PPP et donc du régime autorotatif turbine réduite est effectué en augmentant le régime de référence de +15tr/min en moyenne :

- + 10 tr/min suite à la mise à jour de la documentation technique ;
- + 5 tr/min de réglage préférentiel tout en restant dans la plage de réglage.

Un retour d'expérience montre que le comportement de la « Gazelle » SA 342 s'est rapproché de celui de la « Gazelle » SA 341 en exercice d'autorotation turbine réduite.

4.1.2 Formation sur le régime rotor autorotatif de la SA 342

Le moniteur avait une mauvaise représentation du régime rotor autorotatif de la « Gazelle » SA 342. Même si les nouveaux réglages vont dans le sens d'une réduction des différences entre régime autorotatif des « Gazelle » SA 342 et SA 341, une différence existe toujours.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'ALAT :

d'informer et d'instruire à l'ensemble des ses pilotes au plan théorique, des différences dans l'exercice d'autorotation turbine réduite entre « Gazelle » SA 341 et SA 342, en particulier au niveau du régime autorotatif turbine réduite.

4.1.3 Excès de confiance du moniteur

L'excès de confiance du moniteur, envers cet élève moniteur qui a toujours répondu aux attentes, a pu induire un manque d'anticipation du commandant de bord sur le raté de son élève. Dans les cours de « facteurs humains », ce point fait l'objet d'une instruction auprès des moniteurs.

Cependant, le Bureau enquêtes accidents défense air rappelle :

à l'ALAT :

d'instruire aux moniteurs *de façon plus approfondie* les éléments permettant de détecter le comportement du moniteur qui a un « excès de confiance dans le bon élève ».

4.1.4 Indicateur de régime rotor mini

Dans la phase finale d'exercice d'autorotation, l'équipage se concentre sur la gestion de la trajectoire à basse hauteur « les yeux dehors ». De plus, l'indicateur de régime rotor est difficilement exploitable. Ainsi, aucune valeur de régime rotor n'a pu être lue par l'équipage avec précision. Lorsque le moniteur ressent (vibrations, bruits caractéristiques) un régime rotor trop faible, il est déjà trop tard.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'ALAT, en relation avec la Direction générale pour l'armement (DGA) :

d'étudier la mise en place d'un avertisseur²⁷ de régime rotor minimum²⁸.

²⁷ Cet avertisseur de régime minimum est une option sur Gazelle, installée sur certains aéronefs livrés à l'export.

²⁸ Un régime minimum, défini aux alentours de 360 tr/min, aurait permis une anticipation du moniteur.

4.1.5 « Gazelle » particulière à la prise de régime rotor au moment du flare

Le témoignage du moniteur indique que l'augmentation du régime rotor au moment du *flare* était faible lors des précédentes autorotations, tout en restant dans la norme. D'autres témoignages de pilote vont dans ce sens et concerneraient un parc restreint de 3 à 4 « Gazelle ».

L'analyse de la documentation de suivi des aéronefs n'a pas permis de confirmer cette hypothèse.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'ALAT :

de rappeler aux pilotes, l'intérêt de tracer dans la documentation de suivi des aéronefs, au retour d'un vol, toute anomalie constatée en vol.

4.1.6 Pertinence du coupe câble en exercice d'autorotation turbine réduite

L'enfoncement dans le sol du couteau coupe câble a généré un moment supplémentaire à piquer et a accentué la bascule de l'aéronef vers l'avant.

Ce couteau coupe câble n'est d'aucune utilité dans le cadre des exercices d'autorotation sur « Gazelle » à Dax.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'ALAT ainsi qu'aux organismes pouvant être concernés:

d'étudier la pertinence de la présence du couteau coupe câble sur « Gazelle » lors d'exercices d'autorotation turbine réduite.

Cette recommandation concerne également l'hélicoptère EC-120, remplaçant de la « Gazelle » dans les prochaines années dans le cadre des formations de pilotes hélicoptère à Dax.

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

4.2.1 Assistance médicale

A court terme, la décision d'assistance médicale n'a pas été prise par l'autorité compétente en la matière (SAMU²⁹ ou infirmerie de l'unité).

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air rappelle que **dans le cadre d'un évènement aérien, l'assistance médicale doit être prévenue le plus tôt possible. De plus, seule une autorité médicalement compétente peut être autorisée à définir le niveau d'intervention.**

4.2.2 Attitude d'un pilote stagiaire dans le cadre d'une procédure d'urgence ou de détresse

Au moment où le moniteur commandant de bord a annoncé la reprise des commandes pour gérer la fin de trajectoire, l'élève moniteur a maintenu les commandes en transparence.

Un risque d'interférence du moniteur stagiaire dans les actions du pilote commandant de bord n'est pas négligeable dans une procédure de secours à faible hauteur.

En conséquence, le Bureau enquêtes accidents défense air recommande :

'ALAT :

de rappeler l'attitude à adopter par un stagiaire dans le cadre d'une procédure de secours.

4.2.3 Mise à jour de la documentation technique

L'inadaptation de la documentation technique sur le réglage du régime autorotatif turbine réduite de la SA 342 en lisse a fait l'objet d'un rapport technique spécial (RTS).

Ce RTS, affectant la sécurité des vols, a été initié le 24 octobre 2006. La réponse est datée du 15 novembre 2007, arrivée et enregistrée à Dax le 27 novembre 2007.

Au regard de ce délai, le Bureau enquêtes accidents défense air estime **qu'il est possible d'optimiser les délais de réponse pour les faits techniques concernant la sécurité des vols.**

²⁹ SAMU : service d'aide médicale d'urgence.

ANNEXES

Annexe 1 : Programme en vol de la formation à l'autorotation _____ page 52

Annexe 2 : Description d'un exercice d'autorotation turbine réduite _____ page 53

Annexe 3 : Fiche réflexe : compte rendu d'évènement par la vigie _____ page 54

Annexe 4 : Fiche de réglage : performances en autorotation _____ page 55

Annexe 5 : Fiche de mesure des demi-voies de l'atterrisseur _____ page 56

1 PROGRAMME EN VOL DE LA FORMATION A L'AUTOROTATION

7.2 / Formation autorotation.

7.2.1 / Objectifs de cette phase.

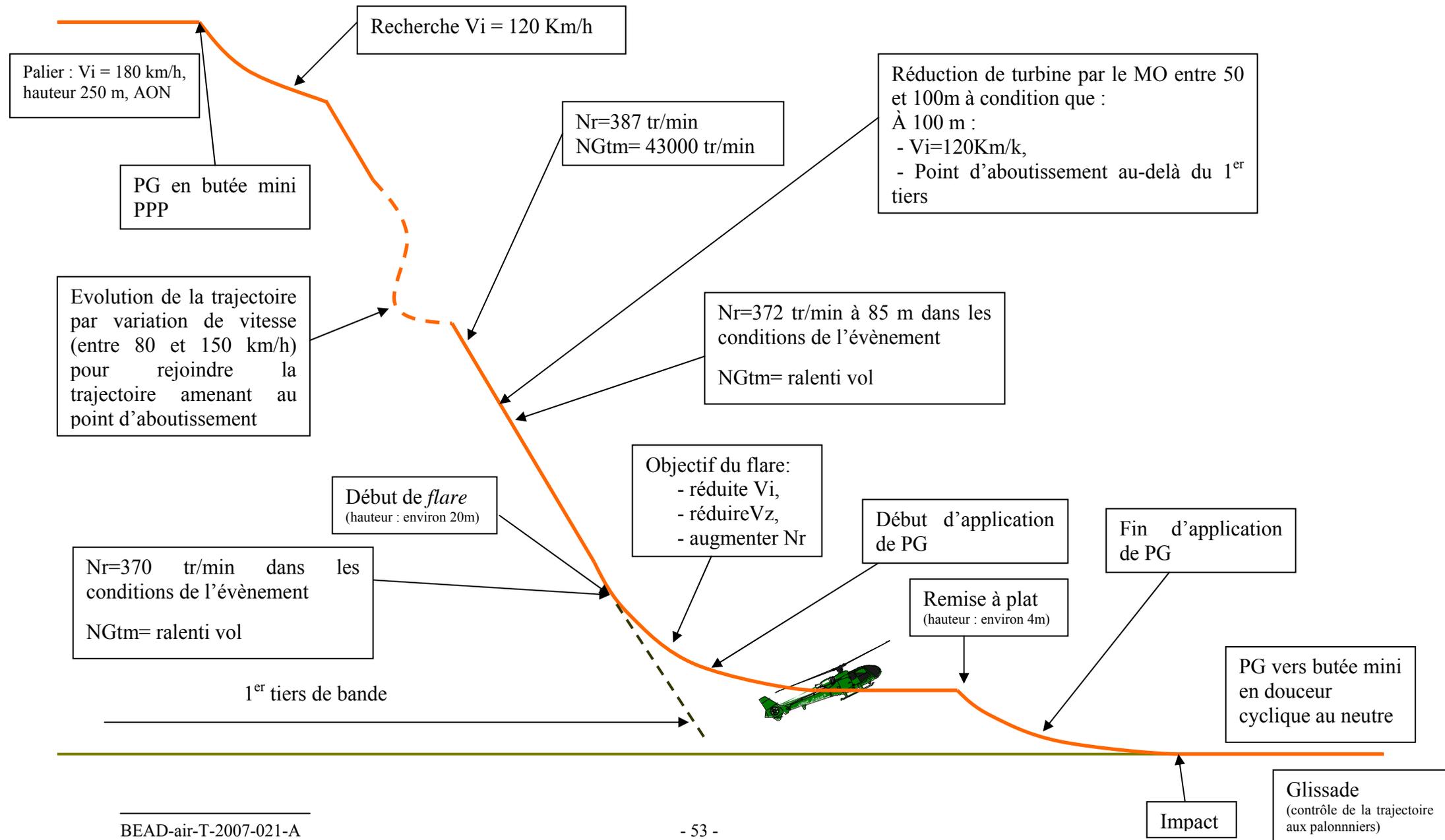
- Acquérir la pratique et la démonstrativité du vol en autorotation sur terrain de grande dimension.

7.2.2 / Programme en vol.

Séances	Composition des séances	Stagiaire instructeur	Solo	Total
A 1	<u>Démonstration</u> : le TDP adapté à l'exercice de l'autorotation. La procédure de remise des gaz. Le contrôle du terrain et les procédures radio associées. <u>Etude</u> : L'autorotation en ligne droite Visualisation de l'angle, mise en autorotation, hauteur et dosage du flare. La reprise moteur après le flare . Décision de remise des gaz. Panne en stationnaire DES.	1.2		1.2
A 2	<u>Restitution</u> : Exercices étudiés à A 1. <u>Etude</u> : Mécanisme de la finale, précision par variation de vitesse (techniques pour se rallonger et se raccourcir), initiation à la PTU. Les virages serrés en autorotation. La panne en stationnaire DES.	1.2		1.2
A 3	<u>Restitution</u> : Exercices étudiés à A 2. <u>Etude</u> : L'autorotation en PTU, précision par action sur l'inclinaison, par action sur la vitesse. Sensibilisation au phénomène d'enfoncement avec puissance (*)	1.2		1.2
A 4	<u>Restitution</u> : Exercices étudiés à A 3. <u>Etude</u> : Précision par action sur l'inclinaison, par action sur la vitesse.	1.2		1.2
A 5	<u>Restitution</u> : Exercices étudiés à A 4. <u>Etude</u> : Révisions en fonction du niveau de l'élève instructeur.	1.1		1.1
A 6	<u>Restitution</u> : Exercices étudiés à A 4. <u>Etude</u> : Révisions en fonction du niveau de l'élève instructeur.	1.1		1.1
A 7	Révision portant sur l'ensemble du programme	1.1		1.1
A 8	Contrôle de progression avec lâcher autorotation du stagiaire (un stagiaire en place <i>droite</i> pour réduire la turbine)	0.9	0.3	1.2
Total		9.0	0.3	9.3
Total général				9.3

(*) Pour cette séance, le briefing portera sur l'explication sommaire du vortex, appuyée par des exemples concrets.

2 DESCRIPTION D'UN EXERCICE D'AUTOROTATION TURBINE REDUITE SUR « GAZELLE » SA 342



3 FICHE REFLEXE : COMPTE RENDU D'EVENEMENT PAR LA VIGIE

FICHE REFLEXE : COMPTE RENDU D'EVENEMENT EN CAMPAGNE
(ETABLI PAR ~~LES OPERATIONS DE~~ LA VIGIE (en dehors des heures de service))

GRADE ET NOM DU REDACTEUR : MCH MAWOU

DATE ET HEURE D'APPEL 14/11/07 à 16 H 50 LOC

DATE ET HEURE DE L'INCIDENT : 14/11/07 à 16 H 50 LOC z

UNITE / BRIGADE : ... F.H. **TYPE D'APPAREIL** : ... GAZEL **INDICATIF** : F.R.

LIEU DE L'INCIDENT : TINON

COORDONNEES :

N° DU VOL : 513

EQUIPAGE : PCB.....PIL.....ME.....

ETAT DU PERSONNEL :
(Préciser la nécessité ou non de l'intervention de l'infirmerie)

Compte - rendu - par équipage - de la FS →
Equipage de la FR indemne

ETAT DE L'APPAREIL : (première constatations, renseignements utiles pour l'élément de dépannage)

Gazelle FR couchée sur le flanc .

COORDONNEES D'APPEL DE L'EQUIPAGE :

-GRADE : -NOM

-N° TELEPHONE : En contact avec FS pour suivi .

RENDRE COMPTE A :

- CDC 29200 OU OSI 06 84 80 47 07

- DFI 29300 ET/OU DFV 29320

- EMH 29380 : Pour la préparation du dépannage (communiquer le numéro de téléphone de l'équipage)

- EHLE BGH 29375 : Pour remplacement éventuel de l'aéronef

- OSV 29307 → OK → cdt GRIMAUD .

- VIGIE 29556 ✓

- INFIRMERIE 29217 → OK à 16.02 z

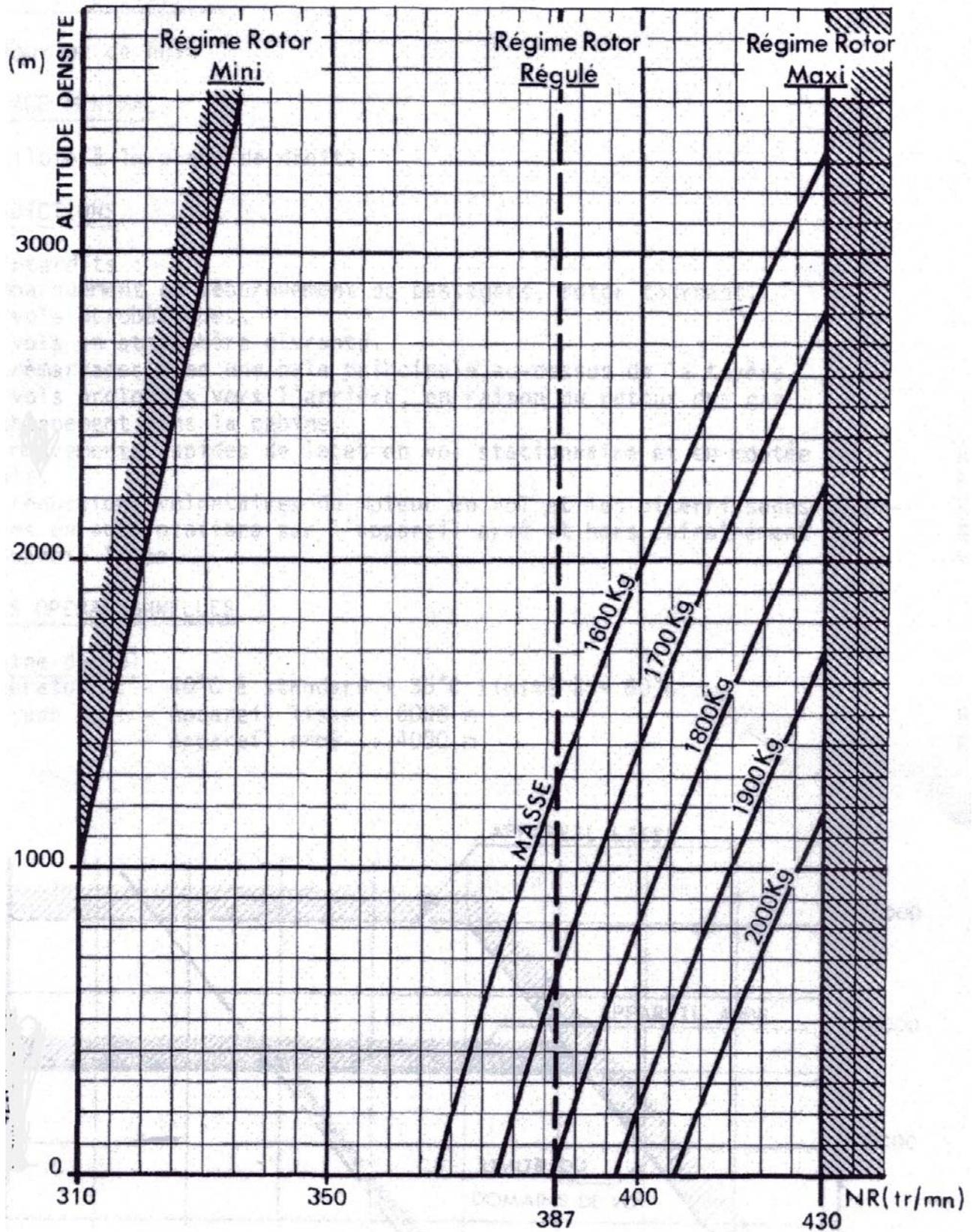
OK OPS → Adc Allard
OK chef de quart.
OK cne ESA (15.52z)

GARDE à L'AERONEF :

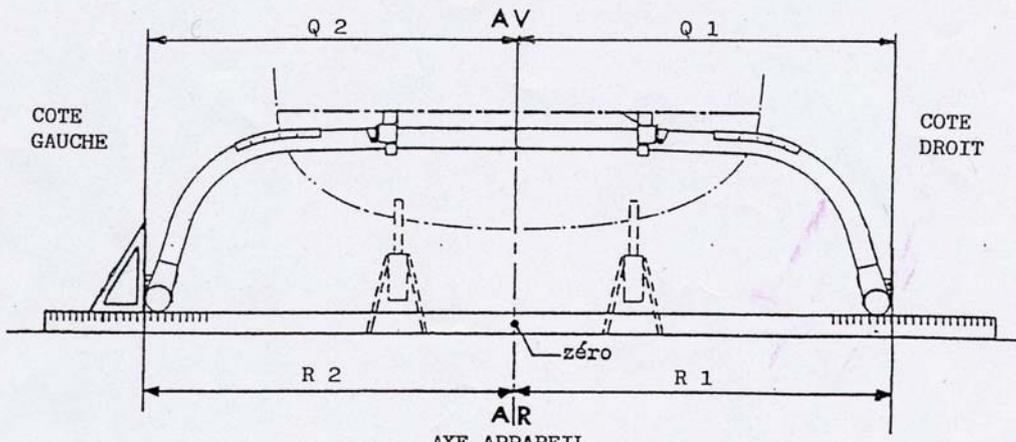
Appeler l'adjoint sécurité base (29260) ou l'officier de permanence (29258) OK . OP à 16 01 z
Pour la mise sur pied de l'élément de garde à l'aéronef (1 EVAT d'astreinte + 1 maître de chien)

Fiche CPO N° 1-04-52
Edition du 12.10.06

4 FICHE DE REGLAGE : PERFORMANCES EN AUTOROTATION



5 FICHE DE MESURE DES DEMI-VOIES DE L'ATTERRISEUR



GAZELLE SA 342; N° : 4188
(à compléter au stylo)

Les valeurs sont données en mm.

(à compléter au crayon à papier)

		AVANT		ARRIERE		DATE
Repères des cotes	côté gauche	Q 2	Q 1	R 2	R 1	
	côté droit	Q 2	Q 1	R 2	R 1	
Cote théorique		992 ± 10	992 ± 10	1003,5 ± 7,5	1003,5 ± 7,5	
Cote mesurée à la pose		986	990	1001	1000	12/91
Ecart max après vieillissement		75	75	14	14	
Cote maxi tolérée		1061	1065	1015	1014	
Cote mesurée		996	993	1001	1000	07/98
Cote mesurée		997	992	1002	1000	12/01
Cote mesurée		986	1001	996	1006	14.05.07
Cote mesurée		995	990	1002	1000	12.07.04

Après Accident "Traverse Arrière calée"
"Traverse Avant décentrée à gauche de 2 mm"

Cote mesurée	1014	987	1002	1001	27/11/07
--------------	------	-----	------	------	----------