

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 30 mai 2007

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2007-005-A

Date de l'événement	1^{er} février 2007
Lieu	Canjuers lieu dit Ranguis
Type d'appareil	Drone SDTI
Immatriculation	F-311
Organisme	Armée de terre
Unité	61^{ème} régiment d'artillerie

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>	4
<i>Table des illustrations</i>	5
<i>Synopsis</i>	6
1 Renseignements de base	8
1.1 Déroulement du vol.....	8
1.2 Tués et blessés.....	9
1.3 Dommages à l'aéronef	9
1.4 Autres dommages.....	9
1.5 Renseignements sur le personnel	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	10
1.7 Conditions météorologiques.....	11
1.8 Télécommunications	12
1.9 Renseignements sur l'aérodrome	12
1.10 Enregistreurs de données.....	12
1.11 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	12
1.12 Renseignements médicaux et pathologiques.....	16
1.13 Incendie.....	16
1.14 Essais et recherches.....	16
1.15 Renseignements sur les organismes	16
1.16 Renseignements supplémentaires.....	16
1.17 Techniques spécifiques d'enquête.....	16
2 Analyse	17
2.1 Analyse avant expertise.....	17
2.2 Expertise.....	19
2.3 Hypothèse concernant la présence du collier dans l'EEB	21
3 Conclusion	27
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement.....	27
3.2 Causes de l'évènement.....	27
4 Recommandations de sécurité	29
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement a l'évènement	29
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement a l'évènement.....	31

GLOSSAIRE

BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
EEB	<i>Electrical engine box</i> Boîtier électrique moteur
EPI	Enquêteur de première information
FOD	<i>Foreign object damage</i> Présence de corps étranger
Kt	<i>Knots</i> Nœuds (1 kt \approx 1,852 km/h)
PDE	Proposition d'évolution
SCC	Station de contrôle et communication
VA	Véhicule aérien

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photo n°1 : Vue de la rampe de catapultage _____	12
Photo n°2 : Vue de l'épave _____	12
Photo n°3 : Vue arrière gauche du véhicule et de son parachute _____	14
Photo n°4 : Vue arrière gauche du véhicule _____	14
Photo n°5 : Vue avant du véhicule _____	14
Photo n°6 : Vue du bord de fuite de l'aile droite _____	14
Photo n°7 : Vue de dessous de la boule optronique _____	14
Photo n°8 : Vue de l'aile droite _____	14
Photo n°9 : Vue de l'aile droite _____	15
Photo n°10 : Partie supérieure du groupe motopropulseur vue de l'arrière droit _____	15
Photo n°11 : Groupe motopropulseur vue de l'arrière _____	15
Photo n°12 : Pod avec batterie vue de dessous _____	15
Photo n°13 : Vue de dessous de la plaque d'alimentation essence _____	15
Photo n°14 : Bord d'attaque de l'aile droite _____	15
Photo n°15 : Station de contrôle _____	17
Photo n°16 : Vue de l'EEB prise de l'arrière _____	19
Photo n°17 : Vue de l'EEB ouverte avec rotation de 90° vers le bas _____	20
Photo n°18 : Vue du dessus du compartiment moteur _____	21
Photo n°19 : Vue des 4 colliers Cobra 15/8 montés sur le drone SDTI _____	22
Photo n°20 : Vue compartiment moteur _____	24

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 1^{er} février 2007 à 15 heures 28 locales ;
- Lieu de l'événement : Camp militaire de Canjuers, lieu dit « Ranguis » ;
- Organisme : Armée de terre ;
- Commandement organique: brigade de renseignement – Metz (57) ;
- Unité : 61^{ème} régiment d'artillerie – Chaumont (52) ;
- Aéronef : Drone SDTI ;
- Nature du vol : vol d'entraînement durant l'exercice TOLL 07 ;
- Nombre de personnes à bord : Sans objet.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Le 61^{ème} régiment d'artillerie est présent sur le camp de Canjuers dans le cadre de l'exercice TOLL 07. Le 1^{er} février 2007, la 3^{ème} batterie s'apprête à faire voler un drone SDTI dans le cadre d'une répétition d'un vol de démonstration qui doit avoir lieu le 02 février devant des autorités militaires. Le drone est installé sur la rampe de lancement et toutes les vérifications prévues avant vol sont effectuées. A 15 heures 28, au déclenchement du catapultage, la trappe à parachute s'ouvre, le moteur s'arrête; le drone s'envole sous l'effet du catapultage et s'écrase 143 mètres plus loin.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du Bureau enquêtes accidents défense (BEAD-air), nommé enquêteur désigné ;
- un enquêteur de première information (EPI).

Autres experts consultés

- un officier système d'armes ;
- un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur type d'avion.

Déclenchement de l'enquête technique

La direction du BEAD-air est informée de l'événement en fin d'après midi par le COMALAT. Le directeur du BEAD-air désigne un directeur d'enquête technique (DET). L'enquête est confiée à un enquêteur de première information (EPI) qui mènera ses investigations sous l'autorité du DET. L'enquêteur de première information se rend sur le site de l'événement le vendredi 02 février 2007 dès 08h30. Il retournera sur le site le mardi 06 février pour l'expertise technique menée par l'industriel.

Enquête judiciaire

Cet événement ne fait pas l'objet d'une procédure judiciaire.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	003/TOLL 07
Type de vol	CAM C ¹
Type de mission	Vol d'entraînement
Dernier point de départ	camp de Canjuers lieu dit Ranguis
Heure de départ	15 h 28 loc
Point d'atterrissage prévu	camp de Canjuers lieu dit Ranguis

1.1.2 Déroulement

1.1.2.1 Préparation du vol

La préparation du vol s'est faite conformément aux règles en vigueur. Les contrôles avant vol étaient satisfaisants et ont permis d'autoriser le lancement.

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

Sans objet.

1.1.2.3 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Sans objet.

Localisation de l'événement

➤ Lieu : camp de Canjuers lieu dit Ranguis :

⇒ pays : France ;

⇒ département : Var ;

⇒ commune : Montferrat ;

¹ CAM C : Circulation aérienne militaire de type *Charlie* (contrôlé radar).

⇒ coordonnées géographiques :

- N 43° 39'42'';
- E 006°26'46'';

⇒ altitude du lieu de l'événement : 826 m.

- Moment : jour ;
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Sans objet pour un drone.

1.2 Tués et blessés

Aucun.

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4 Autres dommages

Néant

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Chef de mission SDTI (responsable de la programmation de la mission, de la conduite des contrôles du véhicule aérien avant vol et en vol)

- Age : 28 ans ;
- Unité d'affectation : 61^{ème} RA/4^{ème} batterie :
 - ⇒ fonction dans l'unité : chef de mission SDTI.
- Formation :
 - ⇒ qualification : « chef de mission » ;
 - ⇒ école de spécialisation : qualification industrielle ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2004 ;

1.5.2 Pilote du Drone (*assure le contrôle de la trajectoire du véhicule aérien et le contrôle du bon fonctionnement du système de drone*)

- Age : 28 ans ;
- Unité d'affectation : 61^{ème} RA/3^{ème} batterie :
 - ⇒ fonction dans l'unité : pilote mission SDTI.
- Formation :
 - ⇒ qualification : « pilote drone SDTI » ;
 - ⇒ école de spécialisation : qualification industrielle ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2004.
- Heures de vol comme pilote : 50 heures.

1.5.3 Chef de rampe

- Age : 27 ans ;
- Unité d'affectation : 61^{ème} RA/3^{ème} batterie :
 - ⇒ fonction dans l'unité : chef de rampe.
- Formation :
 - ⇒ qualification : « chef de rampe » ;
 - ⇒ école de spécialisation : qualification industrielle ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2004 ;

1.6 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre ;
- Commandement organique: brigade de renseignement ;
- Unité d'affectation : 61^{ème} RA de Chaumont ;

➤ Type d'aéronef : Drone SDTI :

⇒ caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Drone SDTI	311	48h28		
Moteur	Bombardier-Rotax 582 UL DCDI	302	48h28		

⇒ Dernières visites :

- visite des 48 heures effectuée le 29 janvier 2007 (NTI 2² contrôle visuel) ;
- intervention sur l'EEB³ effectuée par l'industriel du 20 novembre au 08 décembre 2006 avec démontage du boîtier électrique moteur ;
- visite des 8 vols (ou douze mois) effectuée en avril 2006 (NTI 1⁴ contrôle des niveaux, pas de démontage).

1.6.1 Maintenance

Les dernières opérations de maintenance effectuées sur le drone se sont déroulées du 20 novembre au 08 décembre 2006 lors du retrofit de l'EEB dans le cadre du PDE 45⁵. L'évolution consiste en une modification de câblage du boîtier électronique moteur pour empêcher l'excitation de l'alternateur lors des contrôles au sol avec la batterie en fonction et le moteur à l'arrêt.

1.7 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques et les prévisions météorologiques avaient été récupérées sur le site NAV2000.COM :

METAR LFMN 010630Z 340/10 kt⁶ 9999 FEW 040 08/03 Q1020 NOSIG

² NTI 2 : niveau de contrôle 2.

³ EEB : *electrical engine box*, boîtier électrique moteur

⁴ NTI 1 : niveau de contrôle 1.

⁵ PDE 45 : proposition d'évolution 45.

⁶ Kt : *Knots* - Nœuds (1 kt ≈ 1,852 km/h).

Le vent était du 340 pour 10 kt, la visibilité supérieure à 10 km, nuages épars au niveau 40, la température de 8°, le point de rosée à 3°, la pression QNH⁷ à 1020 hPa⁸, sans phénomène météorologique significatif.

1.8 Télécommunications

1.9 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.10 Enregistreurs de données

➤ Enregistreurs ;

⇒ VCR : vidéo de la charge utile ou de la caméra fixe et conversations d'ambiance de la station de contrôle ;

⇒ DVD : images sélectionnées, journal de bord, télémétrie, données de mission (plan de vol, mission, données tactiques) ;

⇒ Casette DAT : télémétrie, données de mission, images sélectionnées.

1.11 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.11.1 Examen de la zone

Le drone s'est écrasé à 143 mètres dans le 300° de la catapulte.



Vue de la rampe de catapultage



Vue de l'épave

⁷ QNH : Indique la pression ramenée au niveau de la mer.

⁸ hPa : HectoPascal.

Le cap de lancement est le 269. Le drone s'est écrasé dans la zone de danger lanceur prévue. Il reposait à 114 mètres sur l'axe de catapultage et à 69 mètres de cet axe (déviation de 31° par rapport au cap de lancement).

1.11.2 Examen de l'épave

Inspection visuelle du véhicule aérien (VA).

Les dégâts suivants ont été constatés :

- Aile : bords d'attaque enfoncés, saumons d'aile arrachés, aile droite ouverte ;
- Charge utile : endommagée;
- bâti moteur voilé et brisé au niveau des servocommandes richesse ;
- Fuel plate, pot échappement, pod, prise parc : arrachés ;
- Fuselage : pas de dégât majeur observé.



Vue arrière gauche du véhicule et de son parachute



Vue arrière gauche du véhicule



Vue avant du véhicule



Vue du bord de fuite de l'aile droite



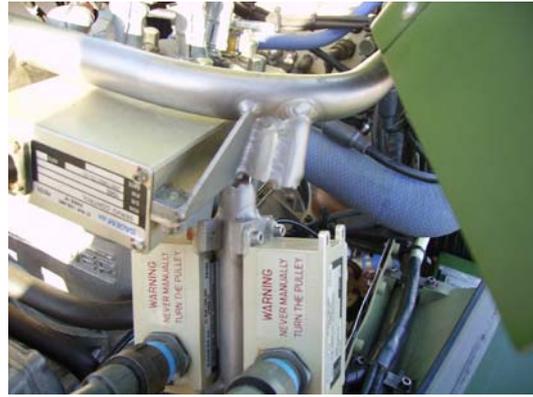
Vue de dessous de la boule optronique



Vue de l'aile droite



Vue de l'aile droite



Partie supérieure du groupe motopropulseur vue de l'arrière droit



Groupe motopropulseur vue de l'arrière



Pod avec batterie vue de dessous



Vue de dessous de la plaque d'alimentation essence



Bord d'attaque de l'aile droite

1.12 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.13 Incendie

Sans objet.

1.14 Essais et recherches

Le programme Drone SDTI étant soutenu par l'industriel, une équipe de techniciens a été mandatée pour mener à bien l'expertise du matériel. Cette expertise a eu lieu les 05 et 06 février 2007 par deux techniciens de l'industriel.

1.15 Renseignements sur les organismes

Néant.

1.16 Renseignements supplémentaires

Néant.

1.17 Techniques spécifiques d'enquête

Néant.

2 ANALYSE

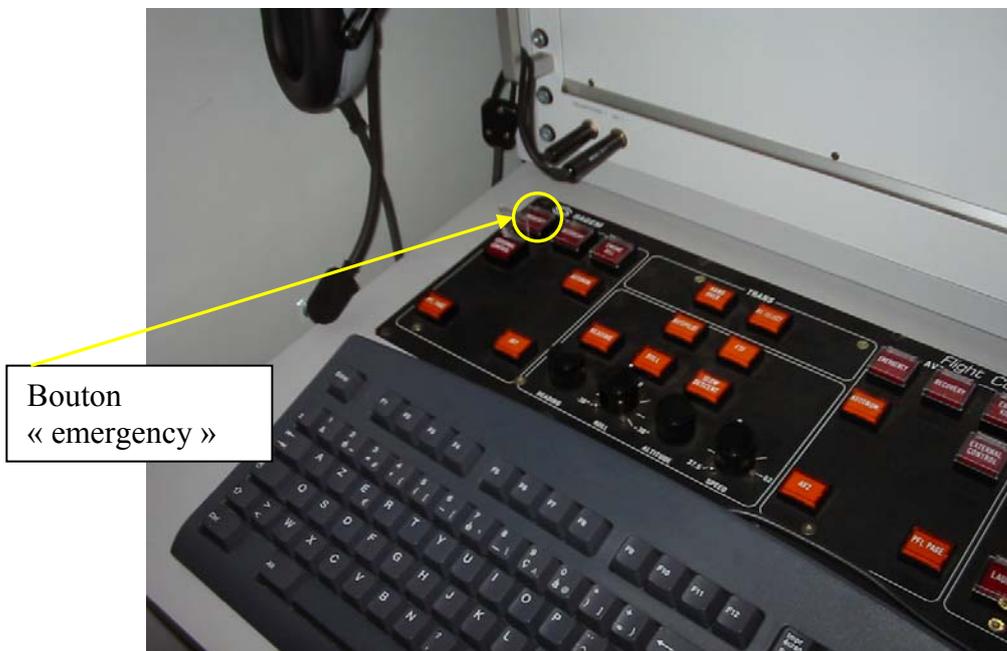
L'analyse ci-dessous est composée de trois parties, une analyse avant expertise qui permet de cibler l'origine de l'événement, une analyse après expertise qui en détermine la cause. Ces deux parties sont complétées par une recherche des circonstances qui ont amené à l'événement.

2.1 Analyse avant expertise

L'examen de l'épave révèle que le parachute et les coussins destinés à absorber le choc à l'atterrissage se sont déployés. La vidéo prise au moment du catapultage, qui montre l'ouverture de la trappe à parachute et l'arrêt du moteur, a permis d'établir que le drone était passé en « mode de récupération » dès le catapultage.

Ce mode de récupération peut être déclenché de deux façons différentes :

- 1) Sur ordre de la station de contrôle et de communication (SCC) après appui sur le bouton « emergency », ce bouton est protégé par un cache qu'il faut soulever.

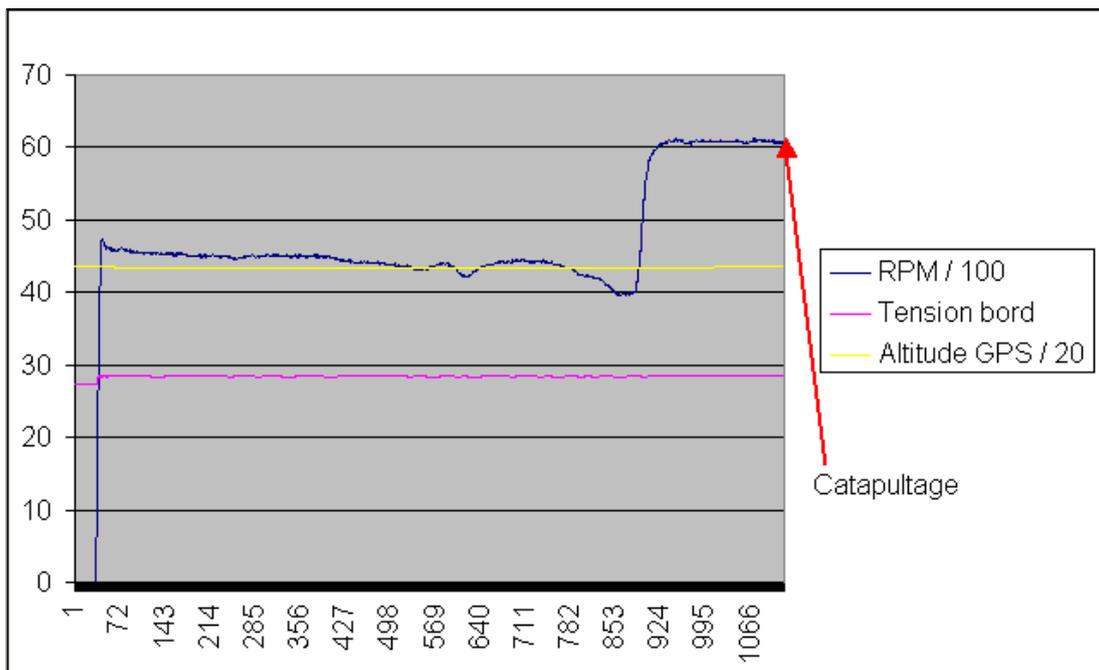


Station de contrôle

2) Automatiquement lorsque le VA détecte une anomalie majeure.

Les entretiens avec le pilote et le chef de mission ont permis de confirmer qu'il n'y avait eu aucune action sur le bouton « emergency » de la SCC. Il n'y a donc pas de raison de retenir la possibilité n° 1.

L'analyse de l'export télémétrie (TM) révèle qu'il y a eu une perte totale des transmissions au moment du catapultage.



Par ailleurs, ce diagramme permet de voir qu'avant le catapultage, la tension de bord est nominale et que les données barométriques sont cohérentes avec les données GPS.

Les critères qui conduisent au passage automatique en mode récupération sont :

- la perte totale de l'alimentation électrique ;
- une tension batterie hors tolérance ;
- une perte de la liaison montante avec le sol avec incapacité de suivre le plan de vol (panne moteur, position, navigation) ;
- une panne barométrique ;
- une panne ne permettant plus d'assurer le vol en mode secours (pilote automatique et glide) lorsqu'il est engagé ;

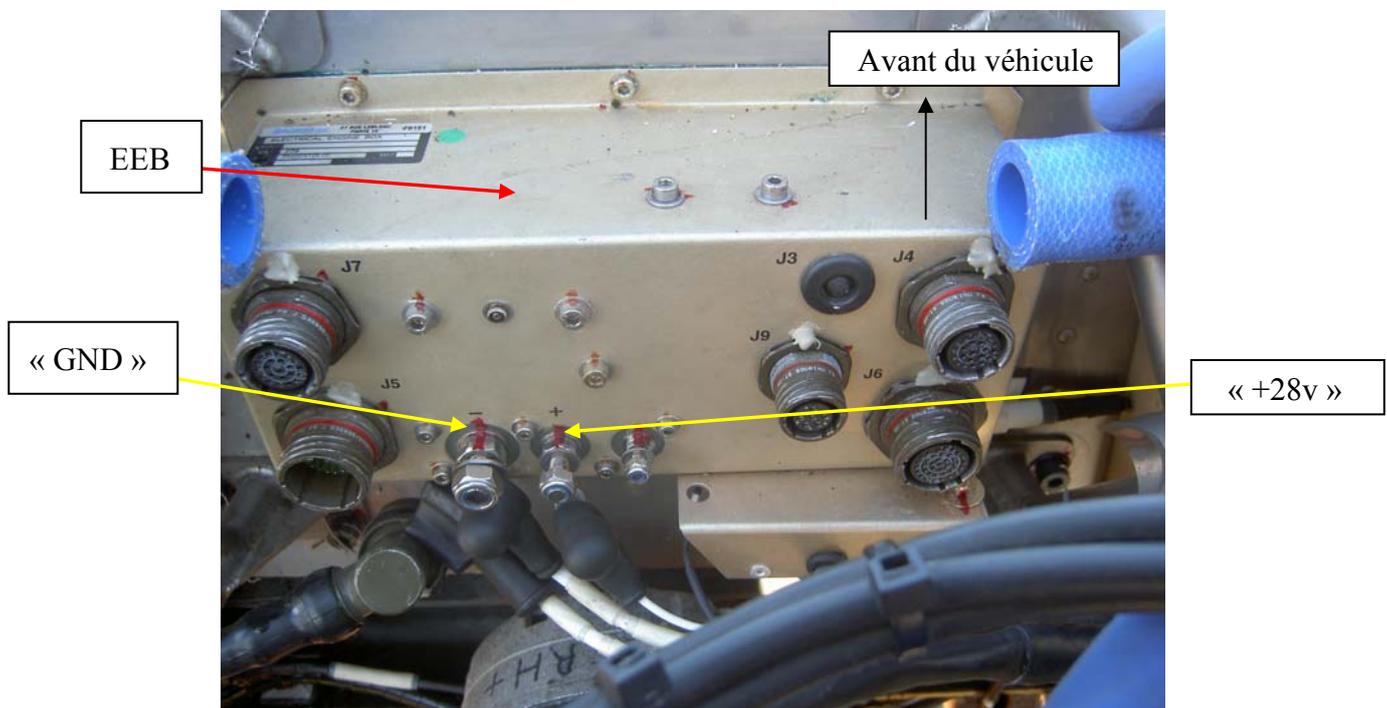
- la terminaison de mission en vol autonome suivant le plan de vol préétabli nominal ou un écart par rapport aux critères prédéfinis de sécurité (*Rules of safety*).

Compte tenu des données enregistrées ci-dessus, le passage en mode récupération par **perte d'alimentation électrique** est donc l'hypothèse la plus probable, ce qui permet de cibler les expertises sur le réseau électrique de bord.

2.2 Expertise

L'expertise effectuée par l'industriel sur site a permis de déterminer que la récupération était due à une perte totale de la génération électrique de bord imputable à un court-circuit franc (0.03 ohms) entre les bornes « +28 v » et « GND » à l'intérieur de l'EEB. Ce court circuit a été provoqué par la mise en contact d'un collier Cobra 15/8 avec les deux bornes d'alimentation de l'EEB.

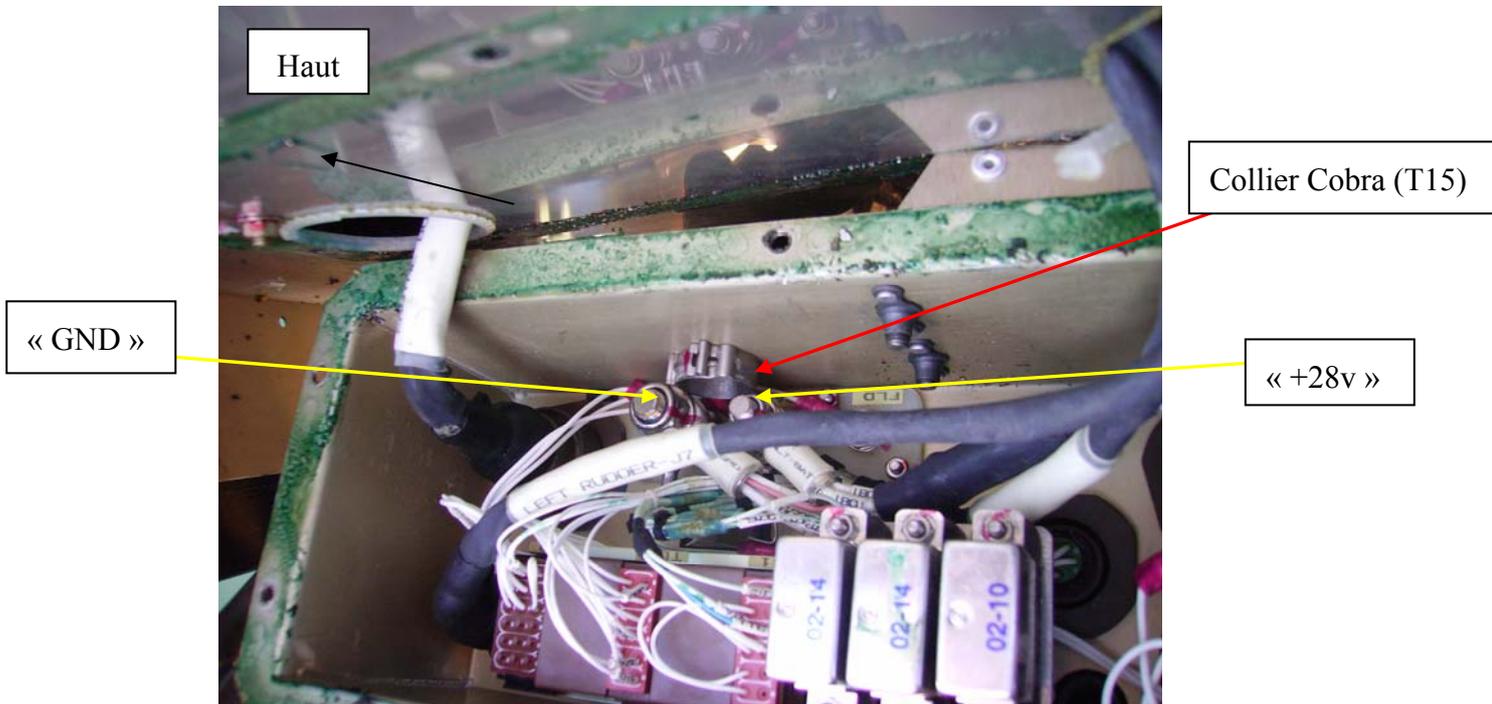
2.2.1 Avant démontage de l'EEB



Vue de l'EEB prise de l'arrière

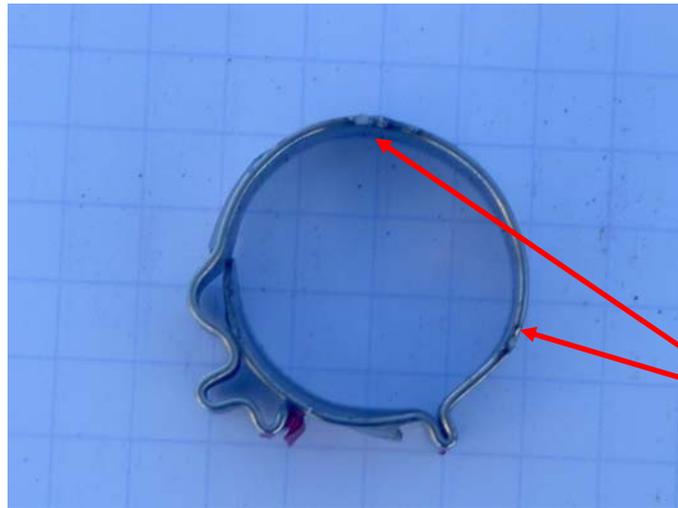
2.2.2 Après démontage

Après démontage de l'EEB, un collier Cobra (T15) a été trouvé entre les bornes « +28 v » et « GND » expliquant le court-circuit.



Vue de l'EEB ouverte avec rotation de 90° vers le bas

L'extraction de ce collier a été difficile car il était soudé aux cosses suite à l'arc électrique provoqué par le court circuit. Ce collier ne fait pas partie des pièces constituant l'EEB. L'examen de la télémétrie montre que le drone était correctement alimenté avant le catapultage. Ceci permet de déterminer que le collier est venu se placer entre les 2 bornes sous l'effet de l'accélération subie par le drone lors de son catapultage.

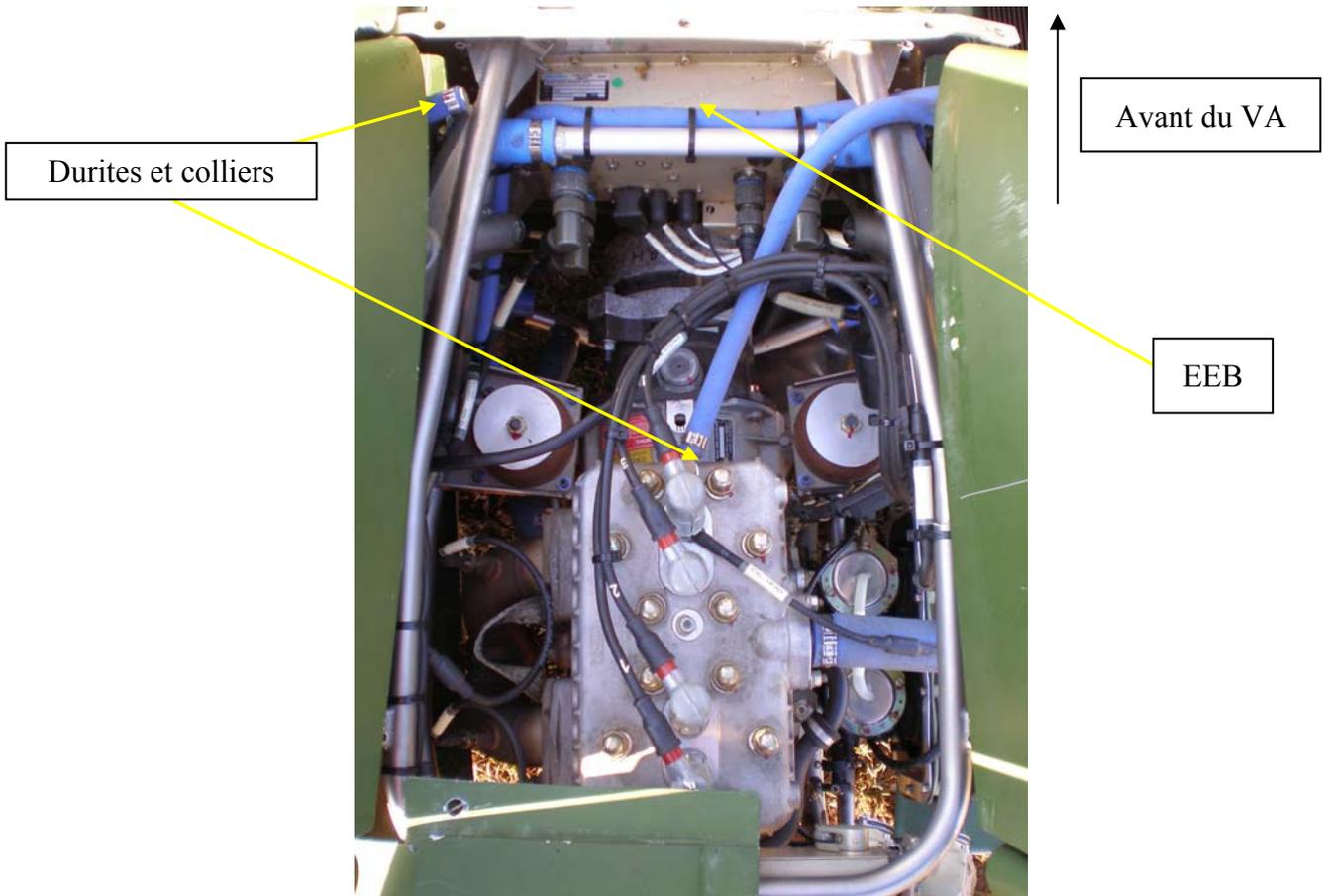


Traces CC
(soudures)

Collier

2.3 Hypothèse concernant la présence du collier dans l'EEB

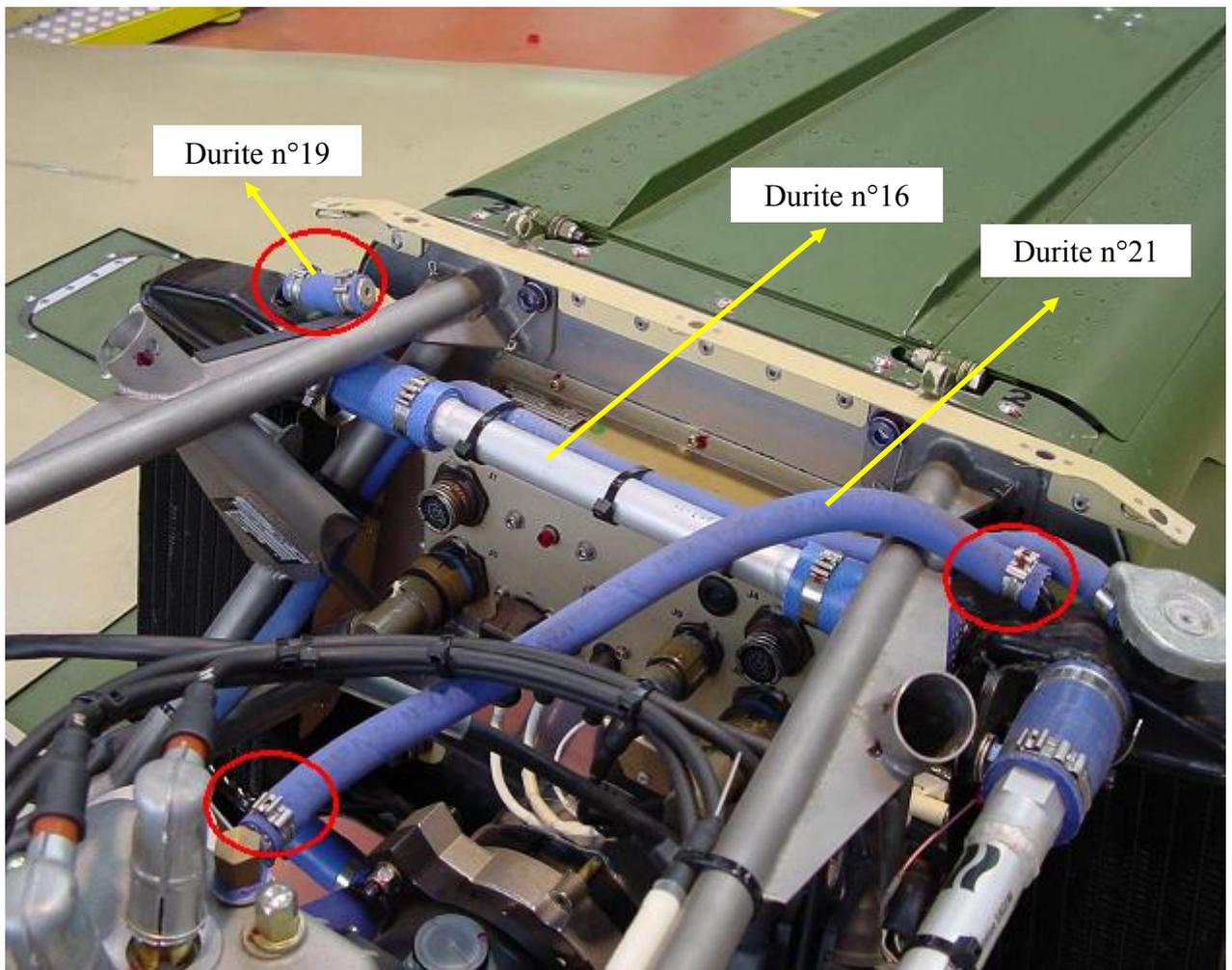
2.3.1 Origine du collier Cobra 15/8.



Vue de dessus du compartiment moteur

Quatre colliers du type de celui retrouvé dans l'EEB sont utilisés sur le drone. Deux sont montés à chacune des extrémités de la durite repère 21 du catalogue illustré du véhicule aérien équipé et deux sur la durite repère 19. Ces durites font partie du système du liquide de refroidissement du moteur.

Le collier retrouvé sur les bornes présentait une trace de vernis de marquage au rouge qui prouve qu'il avait déjà été utilisé. Les colliers Cobra sont considérés comme des pièces consommables qui doivent être changées à chaque démontage. Aucun collier ne manquait sur le drone.



Vue des 4 colliers Cobra 15/8 montés sur le drone SDTI

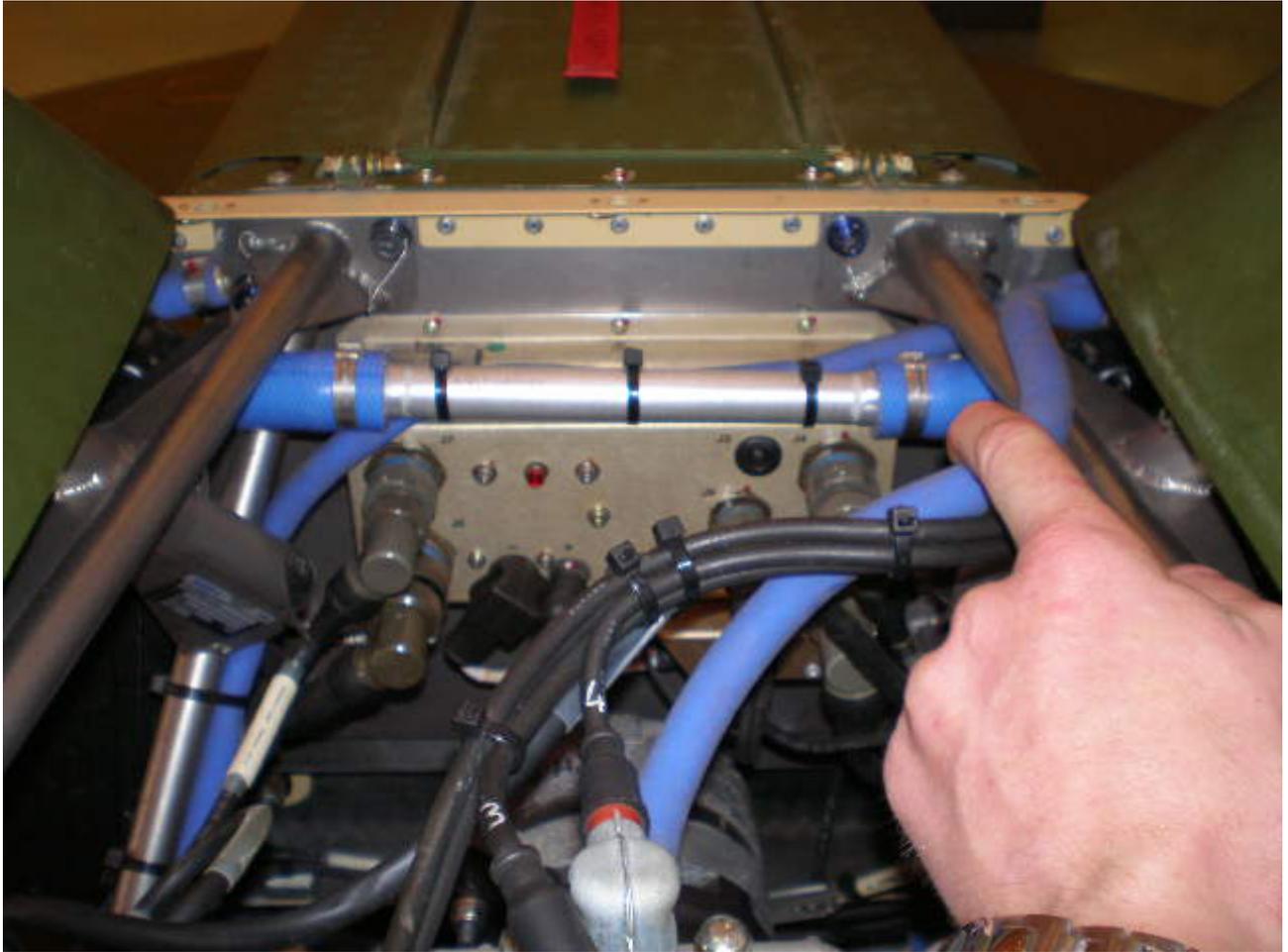
2.3.2 Hypothèse concernant la présence du collier

Le livret de suivi technique du véhicule aérien montre que la seule intervention ayant pu conduire à l'ouverture du boîtier de l'EEB remonte au 08 décembre⁹ 2006 lors de son rétrofit dans le cadre de la PDE 45. Cette opération, effectuée par l'industriel à la Batterie de maintenance du 61^{ème} RA à Chaumont, consistait à modifier le câblage à l'intérieur de l'EEB. L'accident a eu lieu lors du premier vol après le rétrofit.

Dans son témoignage, l'opérateur affirme qu'il n'a pas démonté les durites de retour et de trop plein du radiateur (repères 19 et 21) mais seulement la durite droite (repère 16) équipée de colliers d'un diamètre différent du collier retrouvé dans l'EEB.

Pour ouvrir le boîtier EEB, il est nécessaire de démonter la durite droite (repère 16). La durite repère 19 n'interfère pas avec le démontage de l'EEB. La durite repère 21 gêne l'ouverture du boîtier EEB mais l'opération reste possible en la déplaçant avec la main. Dans ce scénario aucun des colliers du type de celui retrouvé n'aurait été démonté lors du rétrofit. Aucun collier ne manquait sur le drone. Il n'est donc pas possible d'infirmier ou d'affirmer que le collier retrouvé appartient effectivement au drone qui a été accidenté.

⁹ Le rétrofit proprement dit a eu lieu du 20 au 23 novembre et le contrôle final le 8 décembre



Vue compartiment moteur

Néanmoins l'opérateur a interrompu son travail pendant 3 jours pour des interventions sur d'autres matériels. A son retour, il a constaté que le drone avait été déplacé dans l'atelier. Le boîtier électronique moteur était resté ouvert pendant cette période le laissant vulnérable à l'intrusion de corps étrangers de toute nature. Il est donc possible que le collier ait pénétré dans le boîtier pendant l'opération de retrofit. Le collier a pu avoir été déposé sur la trappe à parachute et rentrer dans l'EEB. Sa présence n'aurait pas été détectée lors du remontage de l'EEB.

Les circonstances exactes ayant entraîné la présence du collier dans le boîtier électronique moteur n'ont pu être déterminées.

On retiendra néanmoins que :

- ❖ **le boîtier électronique moteur n'a été ouvert que lors du rétrofit¹⁰ ;**
- ❖ **les opérations de rétrofit ont été interrompues 3 jours pendant lesquels le boîtier électronique est resté ouvert ;**
- ❖ **le drone a été déplacé durant cette période.**

Il est donc probable que la présence du collier trouve son origine à l'occasion de l'interruption de l'opération de rétrofit.

2.3.3 Analyse des circonstances ayant conduit à l'événement

L'enquête a mis en évidence un certain nombre de faiblesses dans le processus industriel :

- Pour éviter la perte de pièce, il conviendrait de stocker toutes les pièces démontées dans un réceptacle approprié en attente de leur remontage. En ce qui concerne les consommables, il est souhaitable de mettre en place une gestion nombre pour nombre, c'est-à-dire que l'opérateur devrait fournir au magasin la pièce à changer pour en obtenir une nouvelle. Enfin les cartes de travail devraient mentionner la vérification de l'absence d'objet étranger à chaque fin de tâche ;

Ces règles de l'art sont généralement appliquées dans l'aéronautique où la problématique des FOD¹¹ constitue une préoccupation majeure. Elles ne sont pas en vigueur dans le cadre de la maintenance du drone SDTI.

¹⁰ L'hypothèse qu'un collier usagé ait pénétré dans l'EEB à la fabrication du drone n'a pas été retenue.

¹¹ FOD : *Foreign object damage – Présence de corps étranger.*

- L'enquête a montré que le technicien qui a réalisé l'opération a interrompu son travail pendant 3 jours pour réaliser d'autres tâches. Les trappes du drone et le boîtier EEB sont restés ouverts pendant cette période. Au retour du technicien, le drone avait été déplacé. Ces deux événements ont pu jouer un rôle défavorable à la qualité de la prestation et en particulier ont laissé le drone dans des conditions d'exposition aux corps étrangers de toute nature. De plus, la zone de travail n'avait pas fait l'objet d'une ségrégation et d'une signalisation indiquant une intervention en cours comme ce qui est couramment pratiqué dans les ateliers aéronautiques ;
- Pour réaliser la modification de câblage du boîtier électronique moteur, l'opérateur a utilisé la carte de travail (fiche d'instruction) N° 3000231359 F13 031. Néanmoins pour accéder à ce boîtier, il a été amené à démonter certains éléments du groupe motopropulseur. Cette action n'est pas mentionnée sur la carte de travail. Il aurait donc été préférable que la documentation utilisée sur site prenne en compte l'ensemble des actions pouvant faciliter le travail de l'opérateur et réduise de fait l'incitation à l'improvisation ;
- Si l'opération avait été réalisée chez l'industriel, elle aurait conduit à la dépose du moteur et aurait été définie dans sa globalité par une gamme de travail appropriée. De plus elle aurait fait l'objet de contrôles dans le cadre du processus qualité de l'industriel.

L'analyse des circonstances ayant conduit à la présence du collier dans le boîtier électronique moteur a mis en évidence certaines faiblesses du processus industriel de maintenance sur site dans les domaines suivants.

- ❖ **la prise en compte des risques liés à la présence FOD ;**
- ❖ **l'organisation du travail et contrôles qualité ;**
- ❖ **le respect des cartes de travail par les opérateurs ;**
- ❖ **la documentation.**

Ces éléments constituent à eux seuls un faisceau de facteurs qui ont rendu le drone vulnérable à la présence de FOD lors de l'intervention de l'industriel.

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

- L'événement se produit lors de la phase de catapultage du drone SDTI N°311 ;
- Les logiques internes de contrôle du drone détectent une anomalie et déclenchent le mode de récupération immédiat ;
- Le moteur s'arrête et le parachute s'ouvre lors du catapultage ;
- Le drone poursuit sa trajectoire balistique et s'écrase à 143 mètres de la rampe ;
- Le drone subit des dommages importants qui ont conduit à le considérer comme non réparable ;
- Un collier métallique de fixation de durite de drone SDTI a été retrouvé entre les 2 bornes d'alimentation du boîtier électronique moteur ;
- Il s'agissait du premier vol du drone après le rétrofit du boîtier électronique moteur ;
- Le livret de maintenance du drone montre que seul le rétrofit du boîtier électronique moteur a nécessité son ouverture ;

3.2 Causes de l'événement

La perte du drone est consécutive au passage en mode récupération en phase de catapultage. Le mode récupération a été déclenché automatiquement par les logiques du drone lors de la perte de l'alimentation électrique liée à la mise en court circuit de 2 bornes d'alimentation du boîtier électronique moteur. Ce court circuit a été provoqué par la présence d'un collier métallique étranger au boîtier électronique moteur mais appartenant au système de refroidissement du moteur du drone SDTI.

Les circonstances ayant conduit à la présence du collier dans le boîtier électronique moteur n'ont pu être déterminées avec précision.

Toutefois, le boîtier électronique moteur étant resté ouvert plusieurs jours lors d'un rétrofit, il est probable que la présence du collier trouve son origine lors de cette opération du ressort de l'industriel.

L'analyse des circonstances ayant conduit à la présence du collier dans le boîtier électronique moteur a mis en évidence certaines faiblesses du processus industriel de maintenance sur site dans les domaines suivants.

- la prise en compte des risques liés à la présence de FOD ;
- l'organisation du travail et contrôle qualité ;
- le respect des cartes de travail par les opérateurs ;
- la documentation ;

Ces facteurs sont de nature à avoir rendu le drone vulnérable à la présence de FOD lors de l'intervention de l'industriel.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

L'enquête a mis en évidence un certain nombre de voies d'amélioration du processus industriel qui conduisent le BEAD-air à formuler les recommandations suivantes :

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement a l'évènement

- L'évènement résulte de la présence d'un corps étranger dans le boîtier électronique moteur :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel chargé de la maintenance des drones de mettre en place des actions de formation à la problématique des FOD et aux règles de l'art destinées à s'en prémunir (inventaire outillage avant et après intervention, gestion des consommables nombre pour nombre,...etc).

à l'industriel chargé de la maintenance des drones d'améliorer la rédaction des cartes de travail de manière à y inclure des actions de vérifications de l'absence de FOD.

à l'industriel chargé de la maintenance des drones d'assurer une diffusion interne de cet évènement à des fins de sensibilisation des personnels aux dangers des FOD.

- Pour réaliser l'intervention de maintenance, l'opérateur a effectué des actions qui, ne figuraient pas sur la carte de travail correspondante :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel chargé de la maintenance des drones de sensibiliser son personnel au respect strict du contenu des cartes de travail tout en l'encourageant à être force de proposition pour l'amélioration de la documentation¹².

¹² Boeing utilise le concept « do it by the book or change the book » soit : suivez la procédure ou changez la. Ce concept est matérialisé par des affiches dans les ateliers.

- L'opération de rétrofit du boîtier électronique moteur était de niveau NTI 3¹³ mais a été réalisée sur un site de l'armée de terre dans des conditions différentes de celles en vigueur en milieu industriel notamment sur le plan de l'environnement de travail, de la documentation, ainsi que des contrôles :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel de mettre en place des procédures qui permettent de se rapprocher au mieux des conditions d'exécution et de contrôle des tâches en milieu industriel lors des opérations sur site.

- L'événement a mis en évidence des différences entre la documentation utilisée par l'industriel dans ses locaux et la documentation utilisée par l'armée de terre sur site :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel d'harmoniser les documentations « Industriel » et « Utilisateur ».

- L'opérateur a interrompu son intervention pour réaliser d'autres tâches :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel chargé de la maintenance de rappeler à son personnel qu'il doit éviter les interruptions d'opérations qui sont potentiellement source d'erreur et dans le cas présent ont exposé le matériel aux dangers de la présence de corps étrangers. Si des interruptions sont nécessaires, la zone de travail devrait faire l'objet d'une signalisation indiquant une intervention en cours.

¹³ NTI 3 : niveau de contrôle 3.

- Cet événement, comme d'autres, montre une relative déficience de culture aéronautique dans le milieu des drones.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'industriel chargé de la maintenance de considérer que les drones sont des aéronefs à part entière et par conséquent, de se rapprocher de la réglementation « part 145 »

Le Bureau enquête accidents défense air a noté avec satisfaction que l'industriel a défini un plan d'actions qui s'inscrit dans l'esprit des recommandations émises par le du BEAD-air.

4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement a l'évènement

- L'armée de terre et l'industriel sont tous deux prestataires de maintenance et opérateurs de drones et peuvent donc être confrontés au même type d'évènement mettant en jeu la sécurité :

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

- ❖ **à l'armée de terre d'engager une réflexion quant aux enseignements qui peuvent être tirés de cet événement afin de définir, s'il y a lieu, des axes d'améliorations dans le cadre de la mise en œuvre et de la maintenance des drones ;**
- ❖ **à l'exploitant et à la DGA autorité technique des drones et du contrôle de la navigabilité (décret du 7 décembre 2006), de poursuivre leurs travaux visant à rendre cohérents toutes les procédures régissant les drones et à continuer d'inscrire l'ensemble des actions dans une logique de milieu aéronautique (qualité, maintenance...).**