

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

## Rapport d'enquête de sécurité



A-2020-11-A

Date de l'évènement

23 septembre 2020

Lieu

Ger (Pyrénées-Atlantiques)

Type d'appareil

Transall C160 R

Organisme

Armée de l'Air et de l'Espace

## AVERTISSEMENT

### UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, l'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités.

L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale.

Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

---

## CRÉDITS

	Armée de l'Air et de l'Espace	page de garde
Figure 1	BEA-É	8
Figure 2	IPhiGéNie et BEA-É	9
Figure 3	BEA-É et RESEDA	11
Figure 4	Documentation du constructeur et BEA-É	15
Figure 5	BEA-É et RESEDA	16
Figure 6	BEA-É	16
Figure 7	BEA-É et RESEDA	21
Figure 8	BEA-É	22
Figures 9 et 10	BEA-É et RESEDA	26 et 27
Figure 11	BEA-É	37

## TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE .....	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base .....	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	11
1.3. Dommages à l'aéronef .....	12
1.4. Autres dommages .....	12
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	12
1.6. Renseignements sur l'aéronef .....	13
1.7. Conditions météorologiques .....	14
1.8. Aides à la navigation .....	14
1.9. Télécommunications .....	15
1.10. Renseignements sur l'aéroport .....	15
1.11. Enregistreurs de bord.....	15
1.12. Constatations sur la zone de l'accident .....	16
1.13. Renseignements médicaux.....	17
1.14. Incendie.....	18
1.15. Questions relatives à l'organisation des secours .....	18
1.16. Essais et recherches .....	19
1.17. Renseignements sur les organismes.....	19
1.18. Renseignements supplémentaires .....	20
2. Analyse.....	21
2.1. Expertises .....	21
2.2. Recherche des causes de l'évènement.....	23
2.3. Gestion de l'évènement .....	38
3. Conclusion .....	41
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement .....	41
3.2. Causes de l'évènement .....	41
4. Recommandations de sécurité .....	43
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement .....	43
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement .....	46
ANNEXE.....	48

## GLOSSAIRE

BP	Brigade parachutiste
CDB	Commandant de bord
CEMPN	Centre d'expertise médical du personnel navigant
CH	Centre hospitalier
CVR	<i>Cockpit voice recorder</i> – enregistreur de voix en cabine
DDS	Directeur de séance
EATC	<i>European Air Transport Command</i> – Commandement européen du transport aérien
EPC	Ensemble de parachutage du combattant
ETAP	École des troupes aéroportées
FMS	<i>Flight management system</i> – système de gestion du vol
kt	<i>Knot</i> - nœud (1 nœud vaut 1,852 km/h)
m/s	Mètre par seconde
OA	Ouverture automatique
RAP	Régiment d'artillerie parachutiste
RAT	Réunion Air-Terre
RIZ	Repère d'identification de zone
RFZ	Repère de fin de zone
RTP	Régiment du train parachutiste
TID	Témoin inerte de dérive
ZMT	Zone de mise à terre

## SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 23 septembre 2020 à 16h30

Lieu de l'évènement : zone de mise à terre (ZMT) de Ger-Azet, commune de Ger (Pyrénées-Atlantiques)

Organisme : armée de l'Air et de l'Espace

Commandement organique : commandement des forces aériennes

Unités : escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »/École des troupes aéroportées (ETAP)/  
35<sup>e</sup> régiment d'artillerie parachutiste (RAP)

Aéronef : Transall C160 R, immatriculé F-RAGL

Nature du vol : mission de largage de parachutistes en ouverture automatique (OA)

Nombre de personnes à bord avant le début de largage : 6 membres d'équipage, 7 personnels de largage et  
56 parachutistes

### Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 23 septembre 2020 après-midi, lors d'une mission de largage de parachutistes pour entraînement sur la zone de mise à terre (ZMT) de Ger-Azet, l'équipage du Transall s'apprête à larguer un premier passage<sup>1</sup> de 28 parachutistes à une hauteur de 300 mètres (m). Les conditions météorologiques sont bonnes. Durant les largages précédents, dans les mêmes conditions de vent, la trajectoire de largage était décalée d'environ 200 m à droite de l'axe central de la ZMT. Cela avait amené les parachutistes à atterrir environ 100 m à gauche de l'axe central de la ZMT. L'équipage décide alors de décaler son axe de passage de 300 m à droite du centre de la ZMT, conformément au déport<sup>2</sup> théorique calculé. Au point de relaxation<sup>3</sup>, l'autorisation de largage est donnée. Une fois les parachutistes au sol, le chef de détachement de ZMT précise à l'équipage qu'une part importante des parachutistes s'est « branchée<sup>4</sup> » à droite de la zone. Après un second largage, le véhicule de soutien médical se déplace vers la lisière du bois. Il est rejoint par le blessé principal qui souffre du dos, accompagné de son chef de groupe. Le blessé est pris en compte par l'équipe médicale en vue d'être conduit dès que possible à l'hôpital alors que les autres parachutistes parviennent à regagner le point de regroupement.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un pilote ayant une expertise sur Transall C160 R ;
- un mécanicien ayant une expertise sur Transall C160 R ;
- un expert du parachutisme militaire et du largage ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

### Autres experts consultés

- direction générale de l'armement (DGA) Essais propulseurs/Restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) ;
- DGA Techniques aéronautiques/Département aéromobilité largage ;
- Météo-France ;
- bureau sécurité des activités parachutistes de l'école des troupes aéroportées (ETAP).

---

<sup>1</sup> Appellation d'un groupe de parachutistes qui sautent de l'aéronef au cours d'un même survol de la ZMT, par une ou deux issues.

<sup>2</sup> Les déports longitudinal et latéral correspondent aux corrections longitudinale et latérale à appliquer par l'équipage pour déterminer la position du point de début de largage, en fonction du vent mesuré sur zone. Dans le cas d'un largage à vue, la règle de calcul prend en compte deux tiers de la valeur du vent mesuré à la hauteur de largage et un tiers de celle mesurée au sol sur la ZMT.

<sup>3</sup> Point de début de largage.

<sup>4</sup> A atterri dans les arbres.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Type de vol : CAM V<sup>5</sup>

Type de mission : mission de largage de parachutistes en OA

Dernier point de départ : aéroport de Tarbes-Lourdes-Pyrénées (LFBT)

Heure de départ : 16h16

Point d'atterrissage prévu : aéroport de Tarbes-Lourdes Pyrénées

#### 1.1.2. Organisation des séances de sauts

##### 1.1.2.1. Types de séance

On distingue quatre types de séance :

- les séances de formation qui visent à délivrer les différents brevets de parachutistes et les qualifications de base ainsi que les qualifications complémentaires indispensables à la mise en œuvre des matériels spécifiques ;
- les séances d'entretien et de progression qui visent à entretenir les qualifications détenues et en faire acquérir de nouvelles ;
- les séances de préparation opérationnelle qui visent à préparer l'exécution des opérations aéroportées ;
- les séances de sauts opérationnels qui visent à exécuter des opérations aéroportées (OAP) réelles. La séance de largage réalisée le 23 septembre sur la ZMT de Ger-Azet vise à l'entretien des qualifications des parachutistes concernés.

##### 1.1.2.2. Niveaux de sécurité

Il existe quatre niveaux de sécurité associés aux quatre types de saut : niveau 1 pour les sauts de formation, niveau 2 pour ceux d'entretien et de progression, niveau 3 pour ceux visant à la préparation opérationnelle et niveau 4 pour les sauts opérationnels. Chacun de ces niveaux requiert l'application d'un nombre de mesures visant à adapter les conditions de sécurité au type de saut, le niveau 1 présentant le plus de garanties. Ces mesures de sécurité concernent les domaines suivants :

- la force acceptable de vent au sol ;
- la hauteur minimale du plafond nuageux ;
- la composition et les qualifications des membres de l'équipe sanitaire ;
- la réalisation d'un premier passage de l'avion avec largage d'un témoin inerte de dérive (TID<sup>6</sup>), obligatoire pour le niveau 1 et à la diligence du commandant de bord (CDB) pour les niveaux supérieurs ;
- la nature du marquage de la ZMT<sup>7</sup>.

Lors de la séance de l'évènement, le marquage était de type de B.

##### 1.1.2.3. Répartition des rôles pour les séances de niveaux 1 et 2

Les séances de formation et d'entretien nécessitent la présence des acteurs suivants :

- le directeur de séance (DDS) : responsable de l'organisation et de l'exécution de la séance, il définit les modalités du largage au cours de la réunion préparatoire dite réunion Air-Terre (RAT) ;
- le CDB de l'avion : à la disposition du directeur de séance dont il est le conseiller pour tout ce qui concerne l'aspect aéronautique, il remplit sa mission de largage en sécurité avec le souci de permettre à l'unité parachutiste d'atteindre l'objectif de la séance. Il est le responsable du largage des personnels et donne l'ordre de largage par l'activation d'un feu vert dans la soute et d'un signal sonore du type « klaxon » ;

---

<sup>5</sup> Circulation aérienne militaire - règles de vol à vue.

<sup>6</sup> Mannequin équipé d'un parachute jeté en premier de l'avion afin de confirmer la pertinence des déports théoriques calculés avant le largage du passage.

<sup>7</sup> Quatre types de marquage de la ZMT existent. Le marquage de type A comprend une lettre de 10 m sur 15 au niveau du repère d'identification de zone (RIZ), quatre panneaux matérialisant les coins de l'entrée de ZMT et deux panneaux matérialisant la fin de zone positionnés à 5 m de part et d'autre du repère de fin de zone (RFZ). Il est fortement recommandé pour les sauts de niveau 1. Le marquage de type B comprend la lettre au niveau du RIZ et les deux panneaux de part et d'autre du RFZ et est le marquage minimal requis pour un saut de niveau 2.

- le commissaire de terrain : il représente le DDS sur l’aire d’embarquement et dirige les opérations associées en relation avec les officiers d’embarquement des formations participant à la séance et le CDB ;
- l’officier d’embarquement : il est responsable de l’embarquement des parachutistes de sa formation lorsque cette formation dispose de plusieurs décollages d’avion dans la même séance ;
- les chefs de transport : ils sont chargés du personnel et du matériel embarqués dans l’aéronef en vue d’être largués. À ce titre, ils sont chargés de la mise en œuvre des vérifications et mesures individuelles de sécurité avant embarquement et avant saut. Ils participent au saut et sont secondés par des chefs de groupes de saut. Au sol, ils regroupent leurs parachutistes au point prévu et s’assurent de leur état ;
- les chefs de groupes de saut : ils sont responsables de leurs groupes de parachutistes et vérifient leur équipement et l’application des mesures individuelles de sécurité avant le saut. Au sol, ils s’assurent de l’état de leurs parachutistes et de leur matériel et rendent compte à leur chef de transport ;
- l’équipe de largage : désignée par le DDS, elle est considérée comme faisant partie intégrante de l’équipage de l’avion. À ce titre, elle est subordonnée au CDB et est en liaison permanente avec l’équipage sur le réseau de bord. Elle est composée au minimum d’un chef largueur et d’un largueur par porte. Le chef largueur rend compte du chargement embarqué à larguer, du type de saut et de la ZMT utilisée. Il est responsable de la bonne configuration de la soute. Il transmet le vent au sol aux parachutistes avant largage, assure les opérations et les vérifications associées une fois l’autorisation de largage donnée ;
- le chef de détachement de ZMT (marqueur). Il est sur la ZMT et dispose d’un détachement de plusieurs équipes permettant la mise à terre dans de bonnes conditions : l’équipe de marquage et de balisage de la ZMT ; l’équipe de liaisons et de transmissions assurant les communications sur la ZMT, entre la ZMT et l’aire d’embarquement et entre la ZMT et l’avion ; l’équipe de récupération du matériel à l’issue du largage ; l’équipe sanitaire en cas de largage de personnels. Il positionne un ou deux servants d’anémomètre sur la ZMT en fonction de sa longueur. Il transmet le vent au sol à l’équipage de l’avion avant le saut.

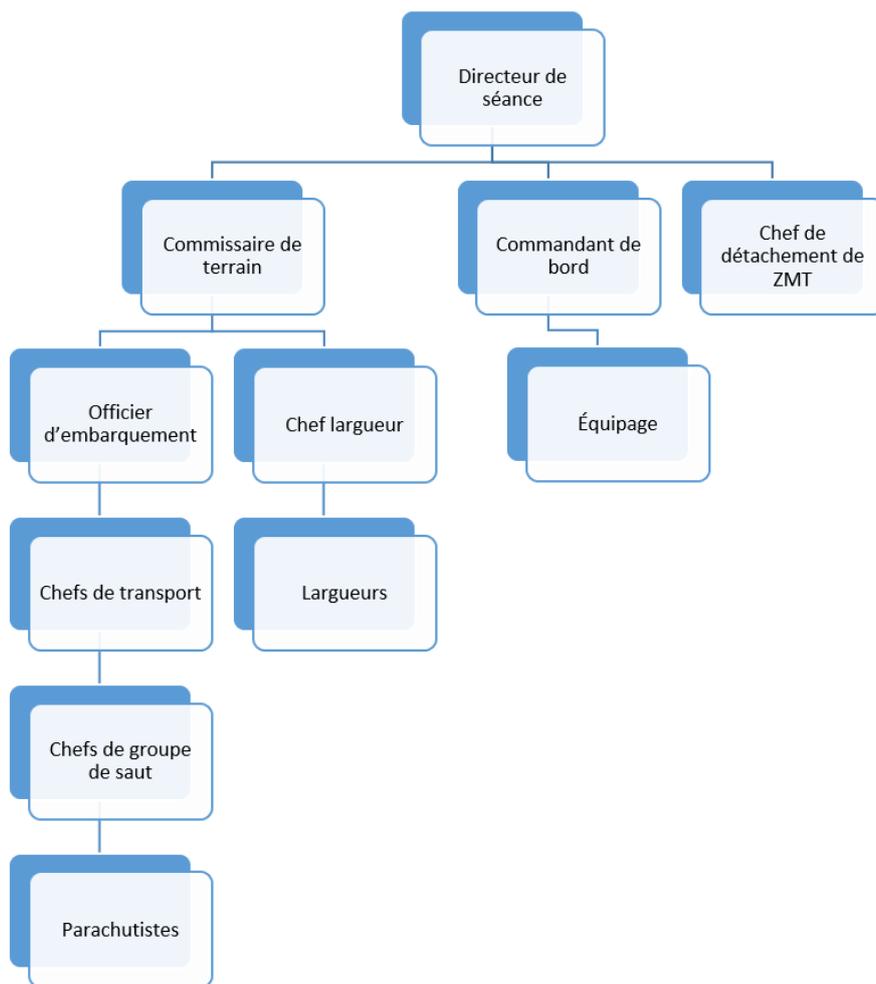


Figure 1 : organigramme d’un entraînement à la mise à terre de parachutistes

### 1.1.3. Déroulement

#### 1.1.3.1. Préparation du vol

La mission de largage de parachutistes du mercredi 23 septembre après-midi s'inscrit dans une semaine d'entraînement au profit de la 11<sup>e</sup> brigade parachutiste (11<sup>e</sup> BP) de l'armée de Terre. L'équipage et l'avion concernés sont désignés par un ordre de mission de l'EATC<sup>8</sup>. La semaine se décompose en missions de largage d'une journée au profit de différents régiments sur plusieurs ZMT réparties sur le territoire national.

La veille de l'évènement, l'équipage transite d'Evreux à Castres où il réalise les premiers largages. Il les poursuit le matin du 23 septembre à partir de 7h30, avant de transiter vers l'aéroport de Tarbes pour y assurer six rotations au profit de l'ETAP et des deux régiments parachutistes Tarbais.

À l'arrivée à Tarbes à 11h15, l'équipage prend part à la réunion Air-Terre (RAT) avec l'ensemble des participants aux rotations planifiées. Les points suivants y sont abordés :

- une présentation de la séance et des missions de chacun ;
- les types de sauts prévus, les niveaux de sécurité et les limitations associées ;
- la présentation de la ZMT de Ger-Azet et son marquage de type B ;
- la chronologie et l'articulation des avions par régiment.

Une première rotation de l'aéroport de Tarbes vers la ZMT pour des sauts de formation au profit de l'ETAP est prévue à l'issue de la RAT, suivie d'une pause pour se restaurer, puis de cinq rotations dont quatre de niveau 2. Ce programme ne laisse pas de place aux aléas du fait des normes réglementaires d'activité aérienne qui imposent à l'équipage d'être de retour à l'aéroport de Toulouse-Francazal, situé à 20 minutes de vol de Tarbes, avant 17h30. La présence d'une nacelle de ravitaillement<sup>9</sup> sur le côté gauche de l'avion empêche par ailleurs l'utilisation de la porte associée et allonge le temps des rotations.

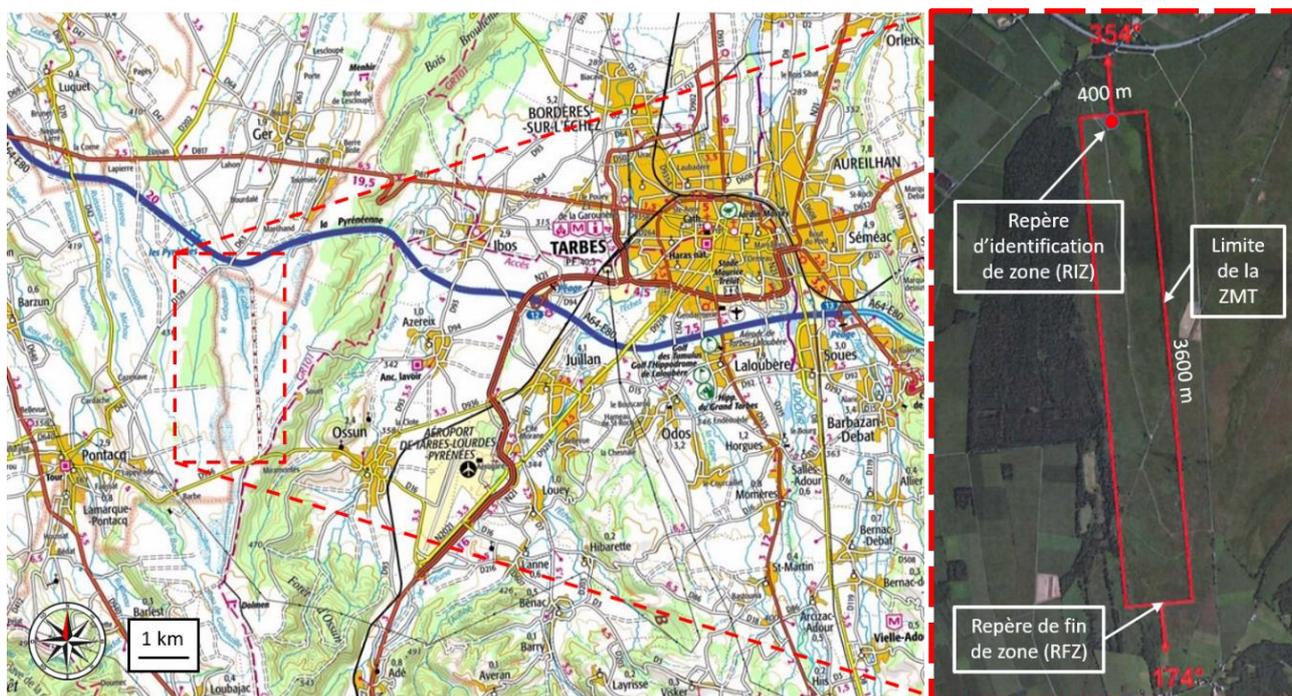


Figure 2 : représentation de la ZMT dans son environnement

<sup>8</sup> *European Air Transport Command* – Commandement européen du transport aérien basé à Eindhoven, aux Pays-Bas. Il assure le contrôle tactique des avions de transport mutualisés des armées allemande, belge, française, hollandaise, espagnole, luxembourgeoise et italienne.

<sup>9</sup> Équipement optionnel ancré à la cellule du C160, lui permettant de ravitailler d'autres aéronefs en vol. La nacelle associe un réservoir de carburant à un système de distribution.

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

Après avoir réalisé la première rotation au profit de l'ETAP et déjeuné sur place, l'équipage est prêt à redécoller peu avant 14h pour la première rotation de l'après-midi. Cette rotation comporte deux passages de parachutistes du 1<sup>er</sup> régiment de hussards parachutistes pour un saut d'entretien de niveau 2 à 300 m de hauteur. L'équipage calcule les déports théoriques longitudinaux et latéraux du point de relaxation et obtient un déport latéral de 300 m à droite de l'axe central de la ZMT. Il décide néanmoins dans un premier temps de s'axer sur la lisière est du bois d'Azet, située à 200 m à droite de l'axe central de la ZMT, afin d'éviter un largage au-dessus des arbres. Le pilote aux commandes prend pour repère la voile d'un TID resté dans les arbres à la suite d'une séance ayant eu lieu plusieurs mois avant. À deux reprises, les parachutistes tombent à environ 100 m à gauche du repère d'identification de zone (RIZ), dérivant donc sur une distance horizontale de 300 m, cohérente avec le déport calculé.

Après avoir regagné l'aéroport de Tarbes, l'avion embarque les deux sections de 28 parachutistes du 35<sup>e</sup> RAP et redécalle pour un saut de niveau 2 en OA à 300 m de hauteur. Au cours de la mise en place, le marqueur informe le commandant de bord qu'un parachutiste s'est blessé sur la rotation précédente et que le véhicule sanitaire doit l'évacuer, ce qui interdit le largage. Le temps d'indisponibilité de l'équipe sanitaire étant évalué à une cinquantaine de minutes, l'avion retourne se poser à l'aéroport de Tarbes vers 15h, coupe les moteurs et attend, avec ses parachutistes à bord, le feu vert du DDS pour repartir.

### 1.1.3.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Pendant la période d'attente sur l'aéroport de Tarbes, le CDB décide d'annuler les trois dernières rotations de l'après-midi afin de garantir un horaire d'atterrissage à Toulouse-Francazal avant 17h30. Il est par ailleurs informé d'un nouveau changement du programme d'activité de la semaine, nécessitant un transit vers la Corse le jeudi soir. L'équipe sanitaire ayant regagné la ZMT, des essais industriels en cours sur la plateforme de Tarbes retardent encore le décollage qui a finalement lieu à 16h16.

Au cours de la procédure de préparation au largage, le marqueur annonce un vent au sol du 240° pour 2 m/s alors que l'équipage relève un vent du 270° pour 16 kt (8 m/s) à la hauteur de vol. Le déport latéral calculé par l'équipage est de 315 m à droite et l'équipage souhaite améliorer sa précision de largage en amenant le premier parachutiste au plus près du RIZ. Le navigateur, en charge du guidage, souhaite néanmoins éviter un déport trop important au-dessus du bois. Il demande donc au pilote en fonction, le CDB, d'adopter une trajectoire de largage décalée de 75 m sur la droite de la trajectoire suivie lors du largage précédent. Il se déplace ensuite vers la gauche de la cabine afin d'être du bon côté pour gérer la chronologie du largage et d'avoir une vue sur le travers gauche de l'avion et son repère de début de largage. Après avoir dépassé l'axe matérialisé par la lisière est du bois d'Azet, le pilote aux commandes vire progressivement à gauche pour s'aligner sur une trajectoire décalée sur la droite de celles adoptées précédemment. Il s'aide pour cela de la voile du TID pour estimer son écartement latéral avant de verrouiller sa tenue d'axe par la prise d'un repère sur l'horizon et une surveillance accrue de ses paramètres de vol. Aux alentours de 16h24 et 15 secondes, le navigateur annonce le « vert largage » et les 28 parachutistes du premier passage sont largués régulièrement, les uns à la suite des autres.

En fin de passage, le marqueur annonce au CDB par radio avoir visuel sur 28 voiles. Quelques secondes après, il l'informe que plusieurs parachutistes sont « branchés » dans le bois d'Azet.

L'équipage interrompt alors la séance et se met en attente au nord de la ZMT. À 16h27, en l'absence de blessé manifeste, le DDS décide de faire procéder au largage du deuxième passage et d'envoyer l'équipe de soutien médical à l'issue pour faire un bilan exhaustif de la situation. L'équipage se présente alors sur un axe survolant la lisière du bois et procède au largage du passage restant environ 10 minutes après le premier. Les parachutistes atterrissent environ 100 m à gauche du RIZ. L'avion atterrit à l'aéroport de Tarbes à 16h42 puis redécalle vers Toulouse-Francazal où il atterrit à 17h25. Le CDB apprend alors qu'un parachutiste du premier passage de la dernière rotation est hospitalisé suite à une blessure au dos.

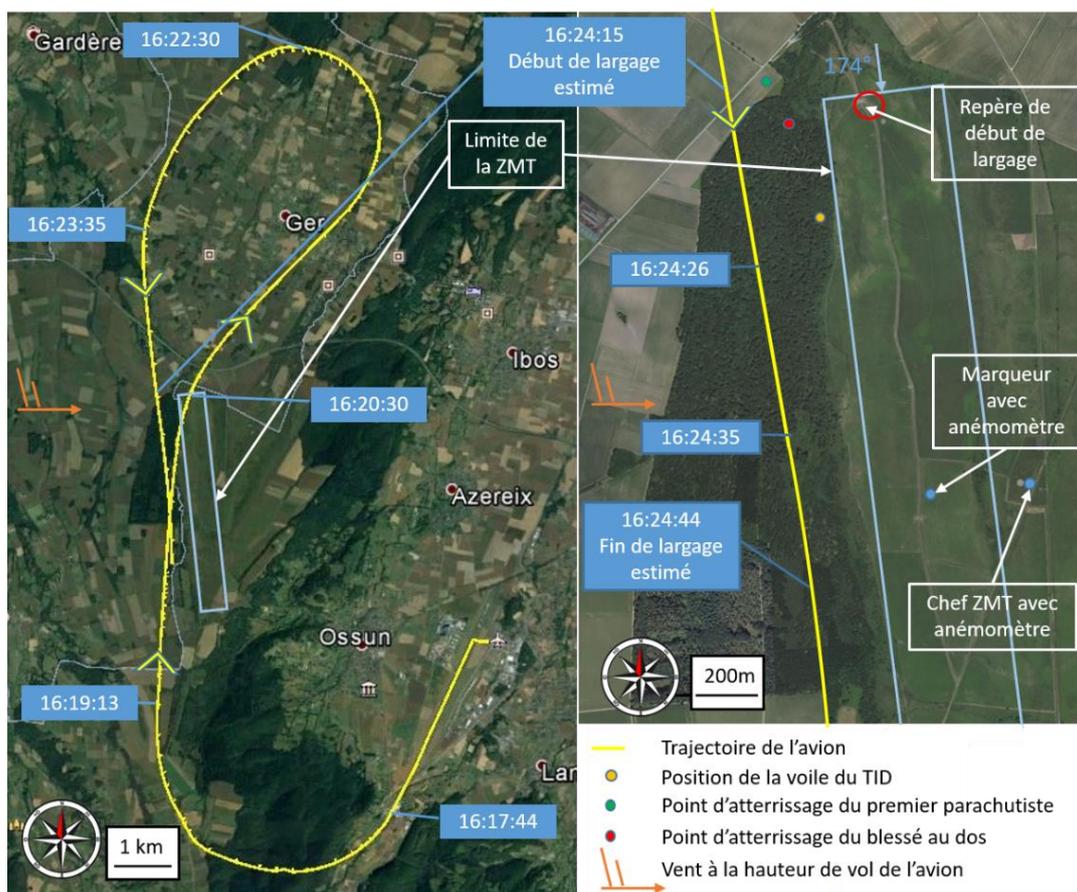


Figure 3 : représentation de la trajectoire de l'avion lors de l'évènement

#### 1.1.4. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Pyrénées-Atlantiques
  - commune : Ger
  - coordonnées géographiques : N 43°13'17"/O 000°04'26"
  - hauteur de vol au moment du largage : 300 m
  - hauteur des arbres : environ 30 m
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : aéroport de Tarbes

#### 1.2. Dommages corporels

Blessures	Membres d'équipage	Parachutistes
Mortelles	0	0
Graves	0	1
Légères	0	4
Aucune	6	58

Parmi les 28 parachutistes largués au cours du premier passage de la dernière rotation, 25 ont atterri hors de la ZMT dont 24 dans le bois d'Azet.

Le premier parachutiste du passage atterri hors ZMT au nord du bois d'Azet s'est légèrement blessé.

Parmi les 24 parachutistes arrivés dans le bois, 13 ont été « branchés », l'un d'entre eux s'est gravement blessé au dos en tombant d'une dizaine de mètres de hauteur. 11 autres ont atterri au milieu des arbres, trois d'entre eux se sont légèrement blessés à l'atterrissage (21<sup>e</sup>, 23<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> positions dans le passage).

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Néant.

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur l'équipage

#### 1.5.1. Membres d'équipage de conduite

##### 1.5.1.1. Commandant de bord

- Âge : 30 ans
- Unité d'affectation : escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »
- Fonction dans l'unité : officier utilisation opérationnelle du Transall C160 R
- Formation :
  - école de spécialisation : école de l'aviation de transport d'Avord
  - qualifications : commandant de bord (B8) depuis le 30 janvier 2020, pilote opérationnel sur missions complexes (*Combat Ready +*) depuis le 2 avril 2020
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R
Total (h)	2 139	1 680	273	273	24	24

- Date du précédent vol : 23 septembre 2020
- Expérience en missions de largage en OA : une semaine de missions de mise à la terre de parachutistes en OA au cours des six derniers mois (du 8 au 11 août 2020)

##### 1.5.1.2. Pilote

- Âge : 26 ans
- Unité d'affectation : escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »
- Fonction dans l'unité : pilote
- Formation :
  - école de spécialisation : école de l'aviation de transport d'Avord
  - qualifications : pilote opérationnel (B5, *Combat Ready*) depuis le 29 mai 2020
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R
Total (h)	1 093	710	121	121	30	30

- Date du précédent vol : 23 septembre 2020
- Expérience en missions de largage en OA : trois semaines d'entraînement à la mise à la terre de parachutistes en OA au cours des six derniers mois, dont une au cours du dernier mois

##### 1.5.1.3. Navigateur

- Âge : 37 ans
- Unité d'affectation : escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »
- Fonction dans l'unité : adjoint au chef de la section des navigateurs et membre de la cellule sécurité des vols

- Formation :
  - école de spécialisation : centre de formation aéronautique militaire initial de Salon-de-Provence
  - qualifications : navigateur opérationnel sur C160 R depuis août 2010, commandant de bord depuis août 2014, moniteur navigateur depuis novembre 2018
- Heures de vol comme navigateur :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R
Total (h)	4 100	3 860	185	185	34	30

- Date du précédent vol : 23 septembre 2020
- Expérience en missions de largage en OA : une semaine d'entraînement à la mise à la terre de parachutistes en OA au cours des six derniers mois (du 19 au 21 août 2020)

#### 1.5.1.4. Mécanicien d'équipage de conduite

- Âge : 32 ans
- Unité d'affectation : escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »
- Fonction dans l'unité : mécanicien d'équipage de conduite
- Formation :
  - école de spécialisation : centre d'instruction des équipages de transport d'Orléans
  - qualifications : mécanicien d'équipage de conduite opérationnel depuis le 1<sup>er</sup> août 2018 (B6, *Combat Ready*)
- Heures de vol comme mécanicien navigant :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R	sur tout type	dont C160 R
Total (h)	2 480	2 480	268	268	6	6

- Date du précédent vol : 23 septembre 2020

#### 1.5.2. Autres membres d'équipage

Deux autres membres d'équipage sont présents dans l'appareil et ne jouent aucun rôle dans la conduite de l'aéronef : le mécanicien responsable de la soute et un mécanicien navigant en formation.

### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : commandement des forces aériennes
- Aérodrome de stationnement : base aérienne 105 d'Évreux-Fauville
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique 15.064 « Eure »
- Type d'aéronef : Transall C160 R
- Version : ravitailleur<sup>10</sup>

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis VR <sup>11</sup>	Heures de vol depuis RG <sup>12</sup>
Cellule	C160 R	R212	17 443	88	-
Moteur 1	Tyne-22	9074	15 481	-	1 394
Moteur 2	Tyne-22	9049	11 006	-	1 209

<sup>10</sup> Version comportant la présence d'une nacelle de ravitaillement en carburant sur le côté gauche de l'avion.

<sup>11</sup> Visite réduite de la cellule toutes les 225 heures de vol.

<sup>12</sup> Révision générale des moteurs toutes les 2 200 heures de vol.

### 1.6.1. Maintenance

L'aéronef est entretenu selon les normes en vigueur. Il est navigable. Un prélèvement d'huile moteur est prévu pour analyse sur les deux moteurs à 17 453 heures de potentiel cellule. Il doit être réalisé à Évreux car aucun des mécaniciens navigants présents ne détient l'habilitation pour remettre en service l'avion à la suite de cette opération. Elle limite ainsi les heures de vol disponibles pour réaliser l'ensemble des créneaux de largage prévus sur la semaine.

### 1.6.2. Performances

L'aéronef est exploité dans son domaine de vol au cours de cette mission.

### 1.6.3. Masse et centrage

La masse au décollage est de 45,7 tonnes pour une masse maximale autorisée de 46,5 tonnes. Au début du largage associé à l'évènement, la masse estimée de l'avion est de 44,6 tonnes. Le centrage est dans les normes tout au long de la mission.

### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : JET A-1
- Quantité de carburant au décollage : 6 300 kilogrammes (kg)
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 5 200 kg

### 1.6.5. Autres fluides

- Huile moteur utilisée : O-159
- Quantité d'huile par moteur : 29,5 litres

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques sont compatibles avec la réalisation d'une mission de largage de personnels en OA à 300 m de hauteur sur la ZMT de Ger-Azet. Le message de prévision sur l'aéroport de Tarbes pour la période du 23 septembre entre 14h et 17h prévoit un vent au sol du 270° pour 10 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres (km), un plafond nuageux supérieur à 5 000 ft et l'absence de nuage instable.

### 1.7.2. Observations

L'observation météorologique sur le secteur de Tarbes au moment du largage est la suivante : vent au sol du 220° pour 5 kt, visibilité supérieure à 10 km, plafond nuageux à 9 000 ft, température de 25 degrés, pression atmosphérique au niveau de la mer à 1 010 hectopascals.

Concernant le vent, l'équipage le relève du 270° pour 15 kt sur le système de gestion du vol de l'avion à la hauteur de largage au-dessus de la ZMT (1 000 ft). Un vent oscillant du 240° au 270° pour 2 m/s est par ailleurs annoncé à l'équipage par le marqueur quelques instants avant le largage.

## 1.8. Aides à la navigation

Le C160 R comprend deux systèmes de gestion du vol (*flight management system* - FMS) qui s'alimentent avec les informations de navigation et d'attitude issues d'une centrale inertielle couplée à un système de positionnement par satellites.

Deux écrans de type EHSI (*electronic horizontal situation indicator* - indicateur électronique de situation horizontale) permettent à l'équipage de visualiser l'écartement latéral par rapport à une route rentrée au préalable dans les FMS. Une fonction « directeur de vol » permet de représenter sur cette même interface les ordres de guidage latéral à appliquer pour rejoindre la route sélectionnée. L'écart latéral par rapport à la route à suivre y est visualisable par le déplacement d'une barre verticale le long d'une droite graduée de points de déviation. En missions tactiques, l'espace entre deux points de déviation représente une distance de 0,25 Nm. Dans le cas d'un largage de parachutistes, il est possible de rentrer l'axe central de la ZMT au FMS et de profiter d'un guidage tactique via la fonction « directeur de vol ».

Dans ce cas, le FMS calcule automatiquement l'axe de passage à suivre pour le largage grâce à un calcul automatique des déports longitudinal et latéral réalisé par le FMS à partir de l'intégralité de la valeur du vent mesurée à la hauteur de vol.

Un écran du FMS se trouve également au niveau du poste du navigateur. Il peut ainsi entrer des routes et visualiser les déports calculés par le FMS ainsi que l'écart entre la route suivie et la route préconisée par le FMS.

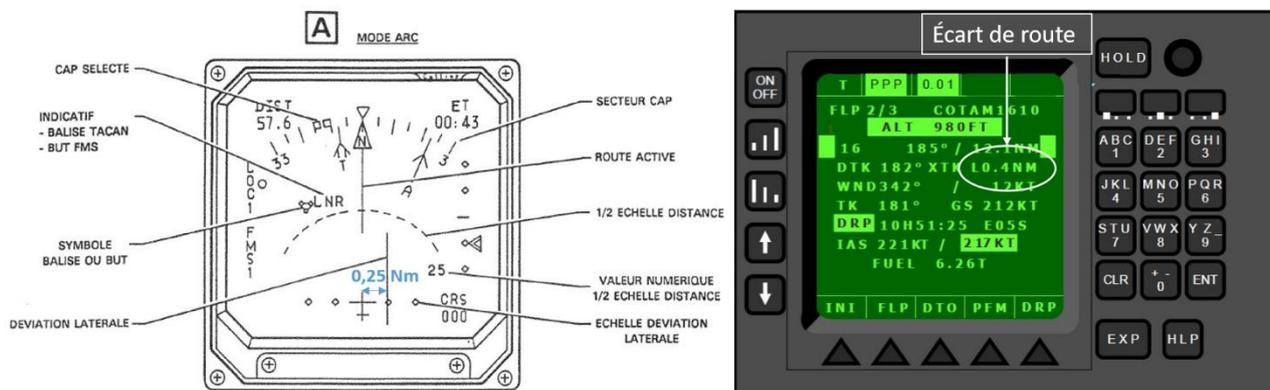


Figure 4 : représentations du EHSI et de l'écran du FMS et visualisations de l'écart de route

L'avion n'offre pas de visualisation de l'aéronef en temps réel sur une cartographie numérique défilante. Les membres d'équipage sont équipés de leur tablette numérique de dotation. Elle leur permet l'utilisation, comme aide secondaire, d'une application de navigation aérienne grand public offrant le suivi en temps réel de la position de l'avion sur un fond de carte à l'échelle 1/500 000. Elle permet également l'enregistrement des trajectoires de l'avion.

### 1.9. Télécommunications

L'avion est équipé de quatre postes de télécommunications utilisés en mission :

- un poste UHF<sup>13</sup> (225 MHz à 399.975 MHz) utilisé pour les communications en auto-information en basse altitude et pour les communications avec le marqueur s'il en est équipé ;
- deux postes VHF<sup>14</sup> (118 MHz à 143.975 MHz) dont un sert aux communications avec les organismes du contrôle aérien et l'autre pour les communications avec le marqueur ;
- un poste HF<sup>15</sup> non utilisé en mission de largage.

### 1.10. Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport international de Tarbes - Lourdes - Pyrénées (LFBT) est le troisième aéroport de la région Occitanie du point de vue du trafic de passagers, après Toulouse - Blagnac et Montpellier - Méditerranée.

Situé sur la commune d'Ossun (Hautes-Pyrénées), il est doté d'une piste bitumée orientée au 200° et au 020° de 3 000 m de long. Il comprend une zone d'activité aéroportuaire qui accueille une trentaine d'entreprises aéronautiques.

### 1.11. Enregistreurs de bord

Le Transall C160 R n° 212 est équipé d'un enregistreur de vol à bande photographique qui enregistre les paramètres de vol suivants : vitesse, cap, altitude, accélération verticale, position de la gouverne de profondeur. Un horodatage positionne l'heure et les minutes toutes les cinq minutes. Un interrupteur situé en cabine appelé « top pilote » permet de positionner un repère sur la bande à des instants particuliers du vol méritant d'être identifiables facilement.

<sup>13</sup> Ultra high frequency – ultra haute fréquence.

<sup>14</sup> Very high frequency – très haute fréquence.

<sup>15</sup> High frequency – haute fréquence.

Un enregistreur de voix en cabine (*cockpit voice recorder* - CVR) enregistre sur une bande magnétique les communications de l'équipage sur le téléphone de bord et sur tous les postes de communication radio équipant l'avion. Il enregistre également l'ambiance dans le cockpit au travers d'un micro d'ambiance. La capacité d'enregistrement du CVR permet d'exploiter les communications des 30 dernières minutes du vol. L'enregistrement des communications associées à l'évènement n'est donc pas disponible, l'avion ayant volé plus de 30 minutes après le largage concerné.

### 1.12. Constatations sur la zone de l'accident

La zone de l'accident se situe dans le secteur nord du bois d'Azet, jouxtant la ZMT sur environ 1 800 m à l'ouest. Ce bois s'étend sur un terrain plat sur une superficie de 100 hectares. Il comprend des arbres feuillus d'environ 30 m de haut. La lisière est du bois, orientée selon un axe sensiblement identique à celui de la ZMT, matérialise physiquement la limite ouest de cette dernière. La voile d'un TID largué quelques semaines auparavant demeure à la cime des arbres, à une cinquantaine de mètres à l'ouest de la lisière.

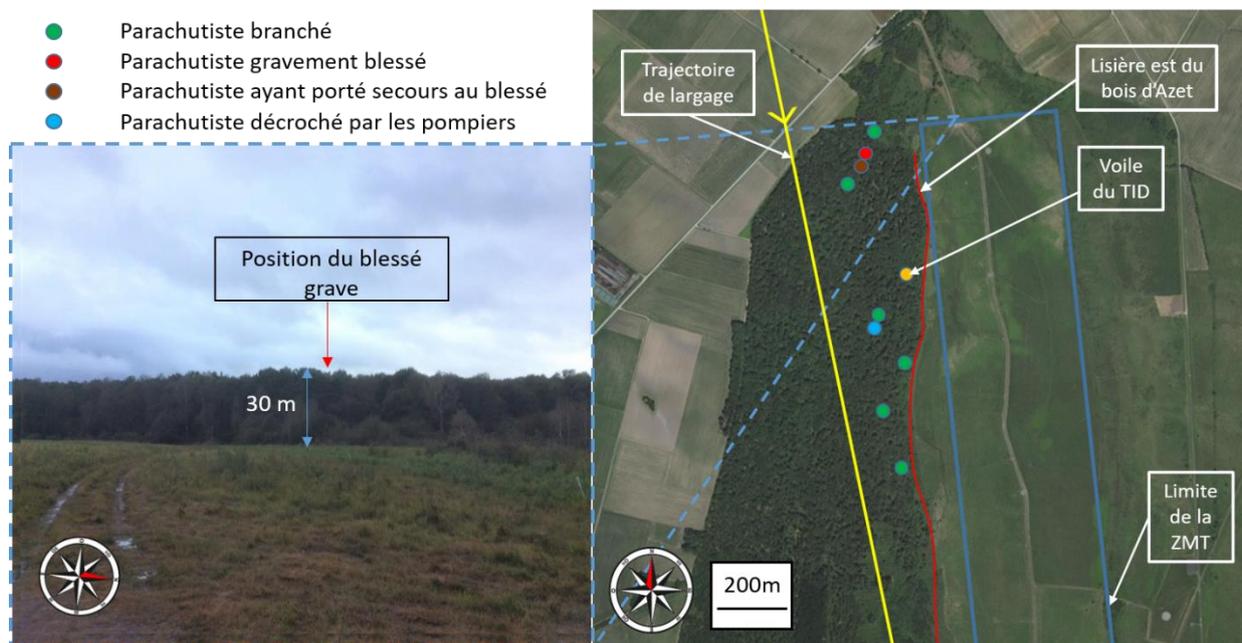


Figure 5 : représentation générale de la zone de l'accident

Le lieu précis de la chute du parachutiste gravement blessé au dos se trouve au milieu du bois, à un peu plus de 100 m de sa lisière est.



Figure 6 : vue du lieu de la chute du parachutiste gravement blessé

### 1.13. Renseignements médicaux

Dans le contexte de la pandémie de coronavirus, les durées de validité des certificats médicaux d'aptitudes sont automatiquement prolongées de six mois pour les visites médicales périodiques d'aptitude, et de trois mois pour les visites médicales d'aptitude du personnel navigant.

#### 1.13.1. Membres d'équipage

##### 1.13.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical : 15 mai 2020
  - type : visite en centre d'expertise médicale du personnel navigant<sup>16</sup> (CEMPN)
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

##### 1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical : 23 avril 2020
  - type : visite systématique en unité (en référence du certificat du CEMPN du 15 octobre 2018)
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

##### 1.13.1.3. Navigateur

- Dernier examen médical : 1<sup>er</sup> juillet 2020
  - type : visite systématique en unité (en référence du certificat du CEMPN du 15 septembre 2019)
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

##### 1.13.1.4. Mécanicien navigant

- Dernier examen médical : 12 février 2020
  - type : visite systématique en unité (en référence du certificat du CEMPN du 3 janvier 2019)
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

#### 1.13.2. Parachutistes

##### 1.13.2.1. Troisième parachutiste du passage

- Dernier examen médical : 29 janvier 2020
  - type : visite médicale périodique<sup>17</sup> (VMP)
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure grave : traumatisme rachidien avec fracture vertébrale

---

<sup>16</sup> En référence au décret n° 2008-943 du 12 septembre 2008 portant statut particulier des corps des officiers de l'air, des officiers mécaniciens de l'air et des officiers des bases de l'air et à l'arrêté du 12 février 2021 relatif aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'Air.

<sup>17</sup> En référence à l'arrêté du 20 décembre 2012 relatif à la détermination et au contrôle de l'aptitude médicale à servir du personnel militaire et à l'instruction n° 700/DEF/DCSSA/PC/MA relative à l'aptitude médicale à la pratique du parachutisme militaire, du 8 octobre 2015.

#### 1.13.2.2. Premier parachutiste du passage

- Dernier examen médical : 12 mai 2020
  - type : VMP
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure légère : traumatisme du genou gauche

#### 1.13.2.3. 21<sup>e</sup> parachutiste du passage

- Dernier examen médical : 3 avril 2019
  - type : VMP
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures légères : traumatismes de l'épaule et de la cuisse droite

#### 1.13.2.4. 23<sup>e</sup> parachutiste du passage

- Dernier examen médical : 30 juillet 2020
  - type : VMP
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure légère : traumatisme de la cheville gauche

#### 1.13.2.5. 25<sup>e</sup> parachutiste du passage

- Dernier examen médical : 21 juillet 2020
  - type : VMP
  - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures légères : traumatismes de la cheville gauche et de la hanche droite

### 1.14. Incendie

Néant.

### 1.15. Questions relatives à l'organisation des secours

Le largage du passage en partie « branché » a lieu à 16h24. À 16h26, le marqueur appelle le DDS pour rendre compte de l'atterrissage dans le bois d'Azet de 15 à 20 parachutistes. Devant l'absence apparente de blessé à cet instant, le DDS décide de procéder au largage du second passage et d'envoyer ensuite l'équipe de soutien médical aux abords du bois afin d'établir un bilan<sup>18</sup>. À 16h27, l'infirmier militaire envoie un auxiliaire sanitaire à pied dans la zone boisée pour une première évaluation tout en maintenant le soutien médical véhiculé à poste pour le dernier largage.

Pendant ce temps, le troisième parachutiste du passage « branché » chute d'une dizaine de mètres de haut suite à la rupture de la branche à laquelle son parachute était resté accroché un bref instant et se blesse. Le chef de groupe de saut, ayant atterri en quatrième position au milieu des arbres à quelques dizaines de mètres du blessé, accourt vers sa position pour lui porter secours. Le parachutiste au sol est en train de se déséquiper et souffre du bas du dos. Avec l'aide de son chef de groupe de saut, il rejoint la lisière du bois. Dès la fin du dernier largage à 16h37, l'ambulance militaire se dirige vers le bois et aperçoit le parachutiste valide qui sort du bois avec le blessé grave qu'il escorte. Le blessé est pris en compte par l'équipe de soutien médical. Il est environ 16h40. L'infirmier militaire rend compte au médecin militaire d'astreinte à l'antenne médicale, qui demande l'évacuation du blessé grave vers le centre hospitalier (CH) de Tarbes.

Au cours d'une vague de ratissage, les positions des parachutes et matériels « branchés » sont marquées et les blessés légers sont pris en compte.

---

<sup>18</sup> En effet, le largage ne peut avoir lieu en cas d'absence ou de déplacement du véhicule sanitaire sur la ZMT.

À 16h48, un parachutiste dans l'impossibilité d'appliquer la procédure de descente autonome du fait d'une trop grande hauteur est repéré. Le marqueur demande alors l'intervention du GRIMP<sup>19</sup> par un appel au CODIS 64<sup>20</sup> via le numéro d'urgence 18.

À 17h30, le blessé grave est stabilisé et l'ambulance militaire quitte la ZMT pour l'évacuer vers le CH de Tarbes peu de temps après qu'un premier VSAV<sup>21</sup> du SDIS<sup>22</sup> 64 est arrivé avec le COS<sup>23</sup>. À 17h50, l'ambulance militaire arrive au CH de Tarbes. Dans le même temps, une équipe du SMUR<sup>24</sup> alerté par le CODIS, quatre autres VSAV du SDIS 64 et une équipe du GRIMP arrivent sur zone. Cinq blessés légers sont pris en compte par les secours. Le GRIMP décroche le seul parachutiste encore coincé dans les arbres puis les secours civils quittent la ZMT. Vers 18h50, l'équipe paramédicale militaire quitte la ZMT vers les urgences du CH de Tarbes avec deux des cinq blessés légers.

## 1.16. Essais et recherches

Une expertise des données de l'enregistreur de vol et des trajectoires enregistrées par les tablettes numériques des membres d'équipage est réalisée par RESEDA.

Une expertise portant sur l'aérologie entre le sol et la hauteur de largage au niveau de la ZMT et du bois d'Azet dans la période du largage est réalisée par Météo-France.

Une expertise des facteurs organisationnels et humains est réalisée par le BEA-É.

## 1.17. Renseignements sur les organismes

### 1.17.1. *European Air Transport Command* (EATC)

L'EATC créé en 2010 et situé à Eindhoven aux Pays-Bas, est un commandement unique d'une partie des flottes de transport allemande, belge, hollandaise, espagnole, luxembourgeoise, italienne et française. Il permet aux armées participantes de partager leurs avions de transport tactique. Les différentes nations délèguent le contrôle opérationnel de leurs avions à l'EATC, qui leur attribue ainsi des missions.

### 1.17.2. Escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque »

L'escadron électronique aéroporté 01.054 « Dunkerque » appartient à la 64<sup>e</sup> escadre de transport d'Évreux et est un escadron de guerre électronique qui met en œuvre des C160 G équipés pour cette mission. Du fait de la fermeture en aout 2020 de l'escadron de transport 02.064 « Anjou » qui mettait en œuvre les C160 R, ses équipages sont désormais rattachés à l'escadron « Dunkerque » et forment une nouvelle escadrille de vol. Six équipages y mettent en œuvre six C160 R pour des missions de transport, d'aéroportage, de largage et de ravitaillement en vol sous le contrôle tactique de l'EATC pour la plupart des missions.

### 1.17.3. 11<sup>e</sup> brigade parachutiste de l'armée de Terre

La 11<sup>e</sup> BP est une brigade interarmes des forces terrestres, spécialisée dans l'engagement par la troisième dimension (largage de parachutistes, aéroportage, largage de matériel).

Sa vocation prioritaire est la projection d'une force de réaction rapide aéroportée dans l'urgence afin de fournir une première réponse à une situation de crise. Elle comprend 7 500 parachutistes répartis dans un centre de formation (ETAP) et huit régiments. Son état-major se trouve à Toulouse et s'occupe notamment du maintien en compétence de ses parachutistes au travers de la planification des séances d'entraînement et des demandes de mise à disposition d'avions associées.

### 1.17.4. École des troupes aéroportées (ETAP)

Subordonnée à la 11<sup>e</sup> BP et située à Pau, l'ETAP est chargée de la formation des parachutistes des trois armées et de la Gendarmerie nationale. Assurant entre autre la formation des équipes de largage, elle profite de la séance de largage organisée le jour de l'évènement pour former un chef largueur et deux largeurs.

---

<sup>19</sup> Groupe de reconnaissance et d'intervention en milieu périlleux.

<sup>20</sup> Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours des Pyrénées-Atlantiques.

<sup>21</sup> Véhicule de secours et d'assistance aux victimes.

<sup>22</sup> Service départemental d'incendie et de secours.

<sup>23</sup> Chef des opérations de secours : officier du SDIS 64 responsable de la conduite des opérations de secours.

<sup>24</sup> Service mobile d'urgence et de réanimation.

#### 1.17.5. 1<sup>er</sup> régiment du train parachutiste (1<sup>er</sup> RTP)

Subordonné à la 11<sup>e</sup> BP et situé à Toulouse-Francazal, le 1<sup>er</sup> RTP est spécialisé dans la livraison par air. Unique détenteur de cette expertise dans les armées, il dispose de capacités spécifiques conférant à la France la maîtrise de tous les types de largage. Par ailleurs, le 1<sup>er</sup> RTP intervient dans l'organisation et la conduite des semaines d'entraînement au largage de parachutistes planifiées au profit des régiments de la 11<sup>e</sup> BP, pour lesquelles il fournit les équipes de largage. Lors de la séance de l'évènement, l'équipe de largage est fournie par l'ETAP qui profite de l'avion pour conduire une action de formation.

#### 1.17.6. 35<sup>e</sup> régiment d'artillerie parachutiste (35<sup>e</sup> RAP)

Situé à Tarbes et subordonné à la 11<sup>e</sup> BP, le 35<sup>e</sup> RAP s'impose au sein de l'armée de Terre comme le spécialiste de l'artillerie parachutiste et de l'intégration des feux de toutes natures (sol-sol, air-sol, sol-air, appui-feu naval) au profit de la 11<sup>e</sup> BP. En charge du maintien en compétence de ses parachutistes, il exerce un suivi des qualifications et de l'entraînement de ces derniers dans le domaine du largage parachutiste.

### 1.18. Renseignements supplémentaires

#### 1.18.1. Planification et conduite des séances de largage de parachutistes au profit de la 11<sup>e</sup> BP

L'état-major de la 11<sup>e</sup> BP émet ses demandes de mises à disposition d'avions pour les semaines de largages au profit de ses régiments annuellement avec une mise à jour bimestrielle. La demande transite jusqu'à l'EATC qui la valide et transmet en retour à la 11<sup>e</sup> BP la planification annuelle validée.

Deux semaines avant l'activité, le 1<sup>er</sup> RTP transmet à la 11<sup>e</sup> BP et à l'EATC les modalités pratiques d'organisation et de conduite de la semaine : plateformes aéroportuaires, ZMT, types de saut et effectifs participants, contraintes particulières. À cette échéance, l'EATC affecte un escadron et un type d'avion à l'activité concernée et émet un ordre de mission à destination de l'escadron concerné définissant l'avion réalisant la mission et le plan de vol prévus pour la semaine. En parallèle, le 1<sup>er</sup> RTP se met en relation avec le commandant de bord pour fixer les modalités pratiques de conduite des activités de la semaine. Il élabore également la répartition des différentes unités parachutistes programmées dans les avions alloués. Le programme détaillé de la semaine est incrémenté dans le logiciel de gestion des activités parachutistes commun à l'ensemble des parachutistes des trois armées et de la gendarmerie afin de permettre aux régiments d'avoir un regard sur les activités de saut prévues et de suivre le niveau d'entraînement de leurs parachutistes.

À partir du début de l'activité, les changements de programme et de régiments bénéficiaires sont gérés en conduite par la 11<sup>e</sup> BP, éventuellement sur proposition du 1<sup>er</sup> RTP, en liaison avec le CDB de l'avion qui se voit délégué par l'EATC son propre contrôle tactique.

#### 1.18.2. Classification de l'évènement

Selon l'instruction ministérielle n° 7401 de la ministre des Armées, relative à la conduite des enquêtes de sécurité par le bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'Etat (cf. annexe 1), l'évènement aérien objet de ce rapport constitue un accident aérien de largage de personnels.

En effet, il cumule les deux conditions suivantes constitutives de ce type d'évènement :

- un parachutiste est grièvement<sup>25</sup> blessé au cours du largage ;
- la survenue de cette blessure est liée à l'exécution de la procédure de largage.

---

<sup>25</sup> Est considéré comme grièvement blessé, un individu qui subit une blessure qui vérifie un ou plusieurs des critères suivants : hospitalisation pour une durée supérieure à 48h ; fracture d'un os (sauf fracture simple du nez, d'un doigt ou d'un orteil) ; déchirures qui sont la cause de graves hémorragies ou de lésion d'un nerf, d'un muscle ou d'un tendon ; lésion d'un organe interne ; brûlure du 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> degré ou couvrant plus de 5% du corps ; exposition vérifiée à des matières infectieuses ou des rayonnements pernicieux.

## 2. ANALYSE

### 2.1. Expertises

#### 2.1.1. Examen des trajectoires de l'avion et des parachutistes

##### 2.1.1.1. Trajectoire de l'avion

Conformément au résultat du calcul réalisé en vol par l'équipage, le calcul des déports avec un vent du 270° pour 16 kt à 300 m de hauteur et du 240° pour 2 m/s au sol donne un déport latéral de 313 m à droite et un déport longitudinal de 200 m en amont du RIZ. Le navigateur a demandé au pilote aux commandes de se décaler de 75 m à droite de la lisière est du bois d'Azet et a pris pour repère un parking situé au nord-ouest du RIZ pour une cinquantaine de mètres pour le déport longitudinal.

En l'absence d'enregistrement des communications à bord de l'avion et de marquage spécifique de ce point particulier sur l'enregistrement des données de vol, le point de début de largage estimé a été déterminé à partir du témoignage du navigateur au sujet de sa prise de repère de début de largage et des témoignages des premiers parachutistes du passage. Son positionnement est précis à 200 m près.

La trajectoire suivie par l'avion est orientée selon une route au 169° au lieu d'une route parallèle à l'axe de la ZMT au 174°. Elle est par ailleurs décalée de 620 m à l'ouest de l'axe central de la ZMT et de 305 m à l'ouest de la trajectoire voulue au niveau du point estimé de début de largage. Enfin, d'après les données issues des tablettes numériques de dotation et de l'enregistreur de vol, l'avion vole à une hauteur sol de l'ordre de 320 m pendant tout le largage.

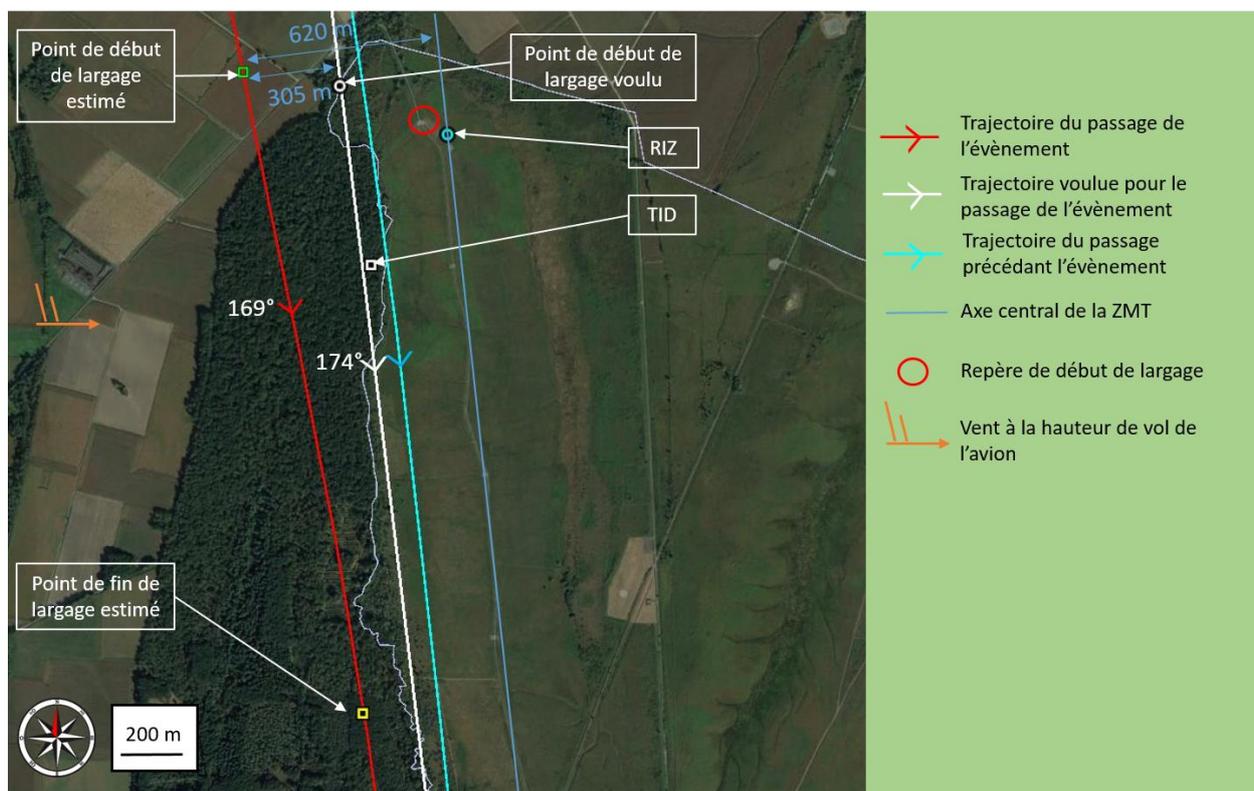


Figure 7 : trajectoire de l'avion pour le passage de l'évènement

La trajectoire de l'avion lors du passage de l'évènement suit une route au 169°. Elle est décalée latéralement de 620 m à droite de l'axe central de la ZMT et de 305 m à droite de l'axe voulu au niveau du point de début de largage estimé. L'avion vole à une hauteur de l'ordre de 320 m pendant tout le passage.

### 2.1.1.2. Trajectoire sous voile des parachutistes

En considérant le vent donné par le système à la hauteur de vol de l'avion (du 270° pour 8 m/s) et le vent au sol donné par le marqueur (du 240° pour 2 m/s), on obtient, par l'utilisation du modèle de calcul des déports, un vent moyen sur la tranche verticale des 320 m venant du 266° pour une vitesse de 5,9 m/s. Un parachutiste de 110 kg subissant ce vent pendant 56 secondes<sup>26</sup> est censé dériver à un azimut de 86 degrés et sur une distance horizontale de 330 m (56 fois 5,9). Cette trajectoire théorique attendue est à comparer avec les trajectoires parcourues par les parachutistes dont la position d'atterrissage est connue, à partir de leur point estimé de début de dérive. Ces trajectoires restent des estimations puisque les points de début de dérive sont directement issus du point estimé de début de largage lui-même imprécis.

	Distance horizontale parcourue	Azimut moyen de la trajectoire
1 <sup>er</sup> parachutiste du passage	190 mètres	72 degrés
2 <sup>e</sup> parachutiste du passage	269 mètres	86 degrés
3 <sup>e</sup> parachutiste du passage	234 mètres	85 degrés
4 <sup>e</sup> parachutiste du passage	222 mètres	71 degrés
5 <sup>e</sup> parachutiste du passage	170 mètres	60 degrés
10 <sup>e</sup> parachutiste du passage	177 mètres	70 degrés
11 <sup>e</sup> parachutiste du passage	186 mètres	56 degrés
13 <sup>e</sup> parachutiste du passage	245 mètres	60 degrés
Trajectoire moyenne	212 mètres	70 degrés
Trajectoire théorique attendue	330 mètres	86 degrés

Figure 8 : caractérisation des trajectoires parcourues sous voile par les parachutistes

**La trajectoire moyenne estimée des parachutistes sous voile est orientée à un azimut de 70 degrés pour une distance horizontale parcourue de 212 m. La dérive des parachutistes est inférieure à celle attendue.**

### 2.1.2. Examen des conditions aérologiques

#### 2.1.2.1. Vent général sur la zone de largage

Le modèle de vent fourni par Météo-France au niveau de la ZMT donne un vent venant du 280° pour une vitesse de 8 m/s à 300 m, faiblissant en force jusqu'à 6 m/s au niveau du sol. Météo-France fournit également un modèle du vent à l'aéroport de Tarbes sur la même tranche verticale. Il apparaît que le vent y est plus faible qu'au niveau de la ZMT pendant la période du largage. Un calcul réalisé à partir des données de l'enregistreur de vol et des tablettes numériques de dotation confirme les données issues du modèle fourni par Météo-France pour le vent à 300 m.

Par ailleurs, à la minute du passage concerné par l'évènement :

- le vent mesuré au sol à l'aéroport de Tarbes, situé dans le 130° de la ZMT pour 7 km, est du 220° pour 4 m/s ;
- le vent mesuré au sol à la station de Ger, située dans le 330° de la ZMT pour 2 km, est du 250° pour 7 m/s.

D'après Météo-France, le bois d'Azet se situant à une latitude médiane entre l'aéroport de Tarbes et la station météorologique de Ger, il est probable que le vent y soit orienté du sud-ouest, plus faible qu'à la station de Ger. À partir de ces données, le vent estimé entre le sol et 100 m vient d'un secteur allant du 220° au 240° pour 5 m/s.

En considérant un vent du 280° pour 7,5 m/s sur les deux premiers tiers de la descente, la plage de vent moyen subi par les parachutistes pendant leur dérive sous voile varie du 265° au 269° pour une vitesse allant de 5,9 à 6,4 m/s. L'estimation du vent réel sur la zone de largage est de l'ordre du vent pris en compte par l'équipage pour son calcul de déports (vent du 266° pour 5,9 m/s).

<sup>26</sup> Temps moyen pendant lequel un parachutiste de 110 kg largué à 320 m subit le vent sous voile. Ce temps tient compte d'une vitesse verticale de 5,3 m/s, à partir du moment où la voile est gonflée.

Elle conduit à attendre des distances horizontales parcourues de l'ordre de celles attendues par l'équipage, c'est-à-dire 330 m à un azimut de 86 degrés.

**La plage estimée de vent moyen réellement subi par les parachutistes sous voile sur la zone de largage conduit à s'attendre à des distances horizontales parcourues de l'ordre de 330 m.**

#### 2.1.2.2. Convection générale de la masse d'air sur la zone de mise à terre

Le niveau de couverture nuageuse au-dessus de la ZMT influe sur l'intensité des ascendances générées par la convection. Plus la couverture nuageuse est importante, plus les ascendances sont atténuées. En comparant la couverture nuageuse au-dessus de la ZMT au moment du largage précédent et celle présente au moment du largage de l'évènement, on constate une couverture nuageuse plus importante au moment du largage de l'évènement, à l'origine d'une atténuation des ascendances présentes au-dessus de la ZMT.

**La couverture nuageuse présente au-dessus de la ZMT pendant le largage de l'évènement atténue les ascendances générées par la convection au-dessus de la ZMT.**

#### 2.1.2.3. Phénomènes aérologiques spécifiques à la surface boisée

Le bois d'Azet, dont l'albedo<sup>27</sup> est différent de celui de la ZMT, emmagasine moins et restitue moins de chaleur que la surface de la ZMT. La convection est donc légèrement atténuée au-dessus du bois en comparaison de la ZMT. Cela peut contribuer à un amoindrissement des courants d'air ascendants sur la zone où le largage a été réalisé, se cumulant aux effets du phénomène précédent.

De plus, la partie supérieure de la forêt est une surface irrégulière qui peut créer des micro turbulences dans l'écoulement du vent. On ne peut donc pas exclure la possibilité de faibles courants descendants dans les 30 à 40 derniers mètres de hauteur au-dessus des arbres.

**Le bois d'Azet entraîne une légère atténuation de la convection supplémentaire de la masse d'air et des micro turbulences occasionnant des courants descendants faibles dans les 40 derniers mètres au-dessus des arbres.**

## 2.2. Recherche des causes de l'évènement

### 2.2.1. Causes environnementales

#### 2.2.1.1. Influence de la couverture nuageuse et du bois d'Azet sur l'aérologie

L'atténuation des ascendances générées par la convection, du fait de la couverture nuageuse présente au-dessus de la ZMT au moment du largage, peut être à l'origine d'une augmentation non quantifiable de la vitesse verticale des parachutistes. Elle pourrait ainsi avoir occasionné une dérive moins importante des parachutistes sous voile, en comparaison des largages précédents. Pour exemple, une augmentation de la vitesse verticale des parachutistes de 1 m/s entraîne une diminution de sa distance horizontale parcourue de 50 m pour un vent soufflant à 6 m/s.

De plus, la moindre convection au-dessus du bois d'Azet et les turbulences probablement présentes dans les quarante premiers mètres au-dessus des arbres peuvent avoir accru la vitesse verticale de descente des parachutistes sous voile et entraîné une diminution de leur distance parcourue.

**L'influence de la couverture nuageuse et du bois sur la convection de la masse d'air et les turbulences probablement présentes au-dessus des arbres sont à l'origine d'une dérive moindre des parachutistes sous voile lors de ce largage.**

<sup>27</sup> L'albedo est le pouvoir réfléchissant d'une surface. En l'occurrence, le pouvoir réfléchissant d'une surface boisée, telle que le bois d'Azet, est inférieur à celui de la surface de la ZMT.

## 2.2.1.2. Terrain d'atterrissage

### 2.2.1.2.1. Altitude du terrain d'atterrissage

L'altitude réelle du point d'atterrissage conditionne la hauteur réelle dont dispose le parachutiste pour dériver et la distance horizontale parcourue associée. Deux éléments influent sur l'altitude du point d'atterrissage des parachutistes : la présence d'arbres d'une hauteur d'environ 30 m au niveau du bois d'Azet et la dénivellation du terrain le long de la ZMT et du bois d'Azet qui la jouxte. En effet, hors la hauteur des arbres, l'altitude du terrain est de 425 m au nord du bois et augmente progressivement en avançant vers le sud pour atteindre 435 m au milieu du bois et 440 m à son extrémité sud.

Ainsi, le 1<sup>er</sup> du passage, qui a atterri dans un terrain clairsemé à 425 m d'altitude, a théoriquement bénéficié des 56 secondes de dérive, lui permettant de parcourir les 330 m attendus. Les derniers, atterris dans des arbres d'environ 30 m de haut plantés dans un terrain à 440 m d'altitude, n'ont bénéficié que de 275 m de hauteur pour dériver, soit 48 secondes correspondant à une distance horizontale parcourue de 290 m dans un vent soufflant à 6 m/s.

**Les altitudes des points d'atterrissages des parachutistes, supérieures à celle de la ZMT, sont donc à l'origine d'une dérive moindre de ces parachutistes.**

### 2.2.1.2.2. Risque de blessure associé à un atterrissage en zone boisée

L'atterrissage en zone boisée présente les risques de blessure supplémentaires suivants :

- heurt de branches au moment de l'arrivée dans les arbres ;
- heurt d'obstacles présents en nombre supplémentaire à l'atterrissage au sol ;
- risque accru de mauvaise position pour l'atterrissage au sol du fait de l'adoption d'une position particulière de protection au moment de l'entrée dans la canopée ;
- rupture d'une ou plusieurs branches ayant retenu partiellement et dégonflé la voile à l'atterrissage dans les arbres, conduisant à la chute du parachutiste au sol ;
- application incorrecte de la procédure de descente après « branchage ».

Pour limiter ces risques, des procédures particulières sont enseignées à l'ETAP et rappelées annuellement aux parachutistes. Si le bureau sécurité des activités parachutistes de l'ETAP est toujours informé des cas de blessures, notamment ceux consécutifs à un atterrissage en zone boisée, il n'y a aucune remontée d'information systématique pour les cas d'atterrissages hors ZMT, notamment en zone boisée. Le nombre des atterrissages en zone boisée connus est donc inférieur au nombre réel de ces atterrissages sans qu'une estimation précise puisse en être faite.

À partir des données disponibles, il est possible de déterminer les taux de blessure lors d'un atterrissage sur ZMT et lors d'un atterrissage en zone boisée sur une période allant de 2017 à 2020.

Ces taux sont les suivants :

- taux de blessure lors d'un atterrissage sur ZMT : 0,5% ;
- taux de blessure grave lors d'un atterrissage sur ZMT : 0,05% ;
- taux de blessure lors d'un atterrissage en zone boisée : de l'ordre de 10% ;
- taux de blessure grave lors d'un atterrissage en zone boisée : de l'ordre de 1%.

Dans la mesure où la blessure grave d'au moins un des parachutistes du fait de la procédure caractérise l'accident aérien de largage, l'atterrissage en zone boisée, comportant une probabilité de blessure environ 20 fois supérieure à celle prévalant sur ZMT, est un élément contributif à l'évènement.

**Bien que faible, la probabilité de blessure lors d'un atterrissage en zone boisée est environ 20 fois supérieure à celle prévalant lors d'un atterrissage sur ZMT. Ainsi, un parachutiste atterrisant en zone boisée a environ 10% de chance de se blesser et environ 1% de se blesser gravement. Dès lors, l'atterrissage en zone boisée constitue une cause contributive à l'évènement et mérite d'être pris en considération.**

### 2.2.1.2.3. Influence du terrain sur la conscience de l'état des parachutistes

Lors d'un atterrissage sur ZMT, le marqueur et ses équipes (dont l'équipe paramédicale militaire), ont une vue directe sur les parachutistes après leur atterrissage. Cela leur permet d'établir très rapidement le bilan de l'état des parachutistes après leur saut et d'en déduire les mesures éventuelles à prendre. La ZMT pouvant s'étendre sur plus de 3 km, les parachutistes sont équipés d'un panneau de couleur fuchsia destiné à signaler un blessé aux membres de l'équipe du marqueur répartis le long de la ZMT.

Dans le cas d'un atterrissage en zone boisée ou en espace hors de vue du marqueur ou de ses équipiers, ces derniers sont privés d'une conscience immédiate de l'état des parachutistes après leur atterrissage.

**L'atterrissage des parachutistes dans une zone boisée prive l'équipe paramédicale et les marqueurs d'une conscience immédiate de l'état des parachutistes après leur saut.**

### 2.2.2. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

#### 2.2.2.1. Largage des parachutistes sur un axe inapproprié

##### 2.2.2.1.1. Erreur de prise d'axe

Un axe optimal de largage doit permettre aux parachutistes d'atteindre le centre de la ZMT, le premier d'entre eux atterrissant théoriquement sur le RIZ.

Il est défini, en plus de l'altitude, par :

- une route parallèle à l'axe central de la ZMT (au 174° dans le cas de la ZMT de Ger-Azet) ;
- un point de début de largage prenant en compte le déplacement du parachutiste vers l'avant à sa sortie de l'avion ainsi que la composante du vent établie selon l'axe de déplacement de l'avion ;
- un écartement latéral par rapport à l'axe central de la ZMT, adapté à la composante latérale du vent.

Ainsi, la trajectoire de l'avion lors du largage de l'évènement résulte d'une erreur de prise d'axe constituée :

- d'une erreur de route de 5 degrés, la route suivie convergeant avec la route prévue initialement ;
- d'une erreur d'écartement latéral de 305 m au niveau du point estimé de début de largage.

Dans cette configuration, à supposer qu'ils dérivent comme prévu, seuls les parachutistes compris entre la 1<sup>re</sup> et la 11<sup>e</sup> position dans le passage auraient dû atterrir hors ZMT : dans une zone clairsemée pour les deux premiers, dans le bois pour ceux situés entre la 3<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> position, entre la lisière du bois et la limite ouest de la ZMT pour les trois derniers. Les 17 derniers parachutistes du passage auraient dû atterrir sur la partie ouest de la ZMT.

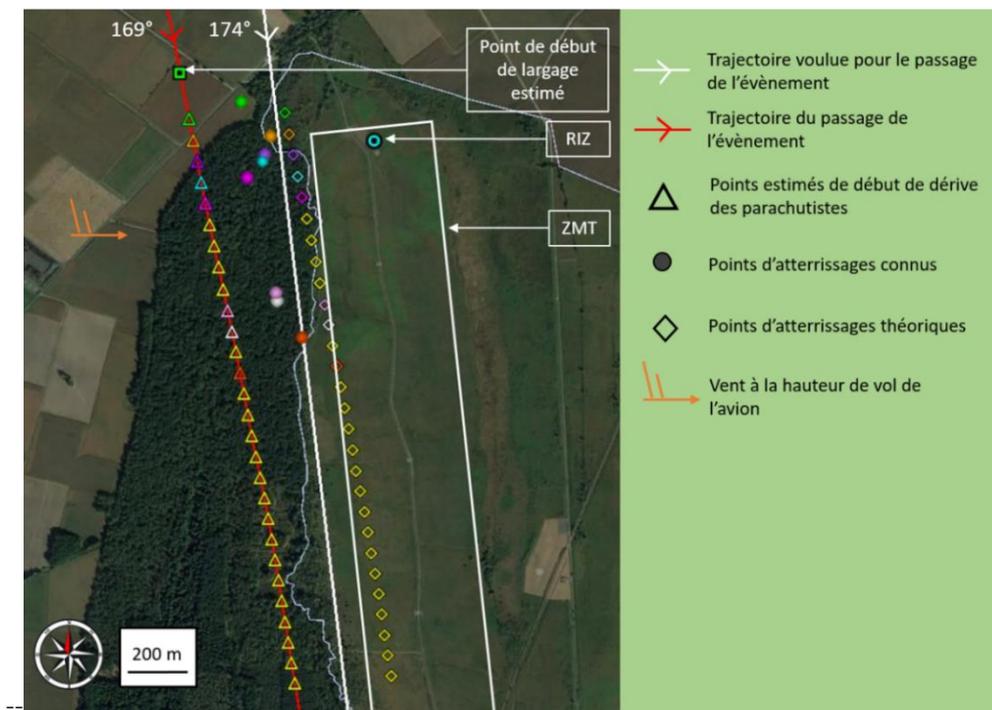


Figure 9 : vue des points d'atterrissage théoriques des parachutistes

L'erreur de trajectoire de l'équipage est de 5 degrés pour la route et de 305 m en écartement latéral au niveau du point de début de largage. Cette erreur seule suffit à expliquer l'atterrissage en zone boisée des parachutistes ayant sauté entre la 3<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> position dans le passage. L'atterrissage dans les arbres des 18 autres résulte à la fois de cette erreur d'axe et de leur dérive inférieure à celle prévue par le modèle.

#### 2.2.2.1.2. Écart avec la méthode

D'après la procédure présentée dans le manuel d'emploi tactique du C160, la méthode de prise d'axe avec références visuelles est la suivante :

L'équipage de l'avion doit s'axer aux instruments à 8 Nm du point de début de largage théorique, sur une route de largage théorique calculée par le FMS, en prenant soin d'afficher la dérive liée au vent. Le navigateur calcule ensuite les déports latéral et longitudinal à adopter, en considérant le vent à la hauteur de vol fourni par le FMS et le vent annoncé au sol par le marqueur. Il compare ses résultats avec ceux obtenus par le pilote non aux commandes. Puis il les compare avec les déports calculés par le FMS, qui ne considère que le vent à la hauteur de vol, et s'assure que l'écart est cohérent. Face à la ZMT, aux alentours des 4 Nm de cette dernière, soit à un peu moins de 2 minutes du début de largage, le navigateur annonce l'écart latéral reporté par le système entre la route de largage calculée par le FMS et celle effectivement suivie. Il s'assure de la cohérence de cet écart avec la différence entre les déports calculés par l'équipage et ceux issus du FMS. À partir de 4 Nm et au plus tôt, l'équipage identifie la ZMT grâce aux repères visualisables sur le terrain et au marquage. Le RIZ permet théoriquement de repérer la ZMT à 5 500 m, soit à 3 Nm correspondant à 1 minute et 20 secondes de vol à la vitesse de largage. Une fois la ZMT identifiée, la documentation préconise de finir la prise d'axe, débutée au FMS, à vue par un guidage du navigateur, sans plus de détails. Cependant, la méthode de la prise d'axe à vue pratiquée par les équipages en fin de procédure consiste à :

- visualiser au sol la distance d'écartement latéral souhaitée, en s'aidant le plus souvent de repères situés sur le côté visible de la ZMT (RIZ, coins de la ZMT) ;
- identifier un repère d'écartement latéral au sol en projetant cette distance depuis l'axe central de la ZMT ;
- visualiser la parallèle à l'axe central de la ZMT passant par ce repère pour matérialiser l'axe de largage avec des repères sol en amont du repère d'écartement latéral ;
- rejoindre cet axe puis afficher la dérive permettant de le tenir ;
- vérifier l'écartement avec l'axe central de la ZMT par une nouvelle projection de distance connue au sol ;
- prendre un repère sur l'horizon afin de tenir l'axe, tout en assurant le maintien de la vitesse et de l'altitude.

Le jour de l'évènement, le navigateur vérifie la cohérence de son déport latéral calculé de 315 m à droite avec celui issu du FMS de 420 m à droite. Le pilote aux commandes évolue par la gauche autour de la commune de Ger, comme sur les passages précédents, pour se retourner et avoir la ZMT sur son secteur avant à un peu moins de 3,5 Nm de cette dernière, contrairement à la procédure qui prévoit un alignement aux instruments à 8 Nm de la ZMT. De plus, contrairement aux passages précédents, il se retrouve en sortie de virage dans le 008° de la ZMT pour environ 3,3 Nm, en route au 205° pour intercepter l'axe de largage, au lieu d'être déjà sensiblement axé à cette distance. Pendant cette phase de rapprochement non axé sur la ZMT, en léger virage à gauche pour intercepter progressivement l'axe voulu, le pilote dépasse volontairement l'axe matérialisé par la lisière est du bois d'Azet puis essaie de projeter, à une distance de l'ordre de 2 Nm (3 704 m), la distance entre le TID et la lisière est du bois (de l'ordre de 60 m) à droite du TID pour visualiser l'axe idéal parallèle à la ZMT sur lequel il s'aligne en appuyant un peu plus son virage à gauche. En sortie de virage à 1,2 Nm, soit 30 secondes du début de largage, stable sur un axe, il prend un repère sur l'horizon afin de tenir cet axe jusqu'à la fin du largage, sans contrôler son écartement latéral par un nouvel exercice de projection de distances connues au sol et sans vérifier que son cap intègre la dérive liée au vent. Une fois l'avion axé, le navigateur est concentré sur la surveillance de son repère de début de largage et ne contrôle ni à vue, ni à l'aide de l'écart de route fourni par le FMS, l'écartement latéral adopté par le pilote aux commandes.

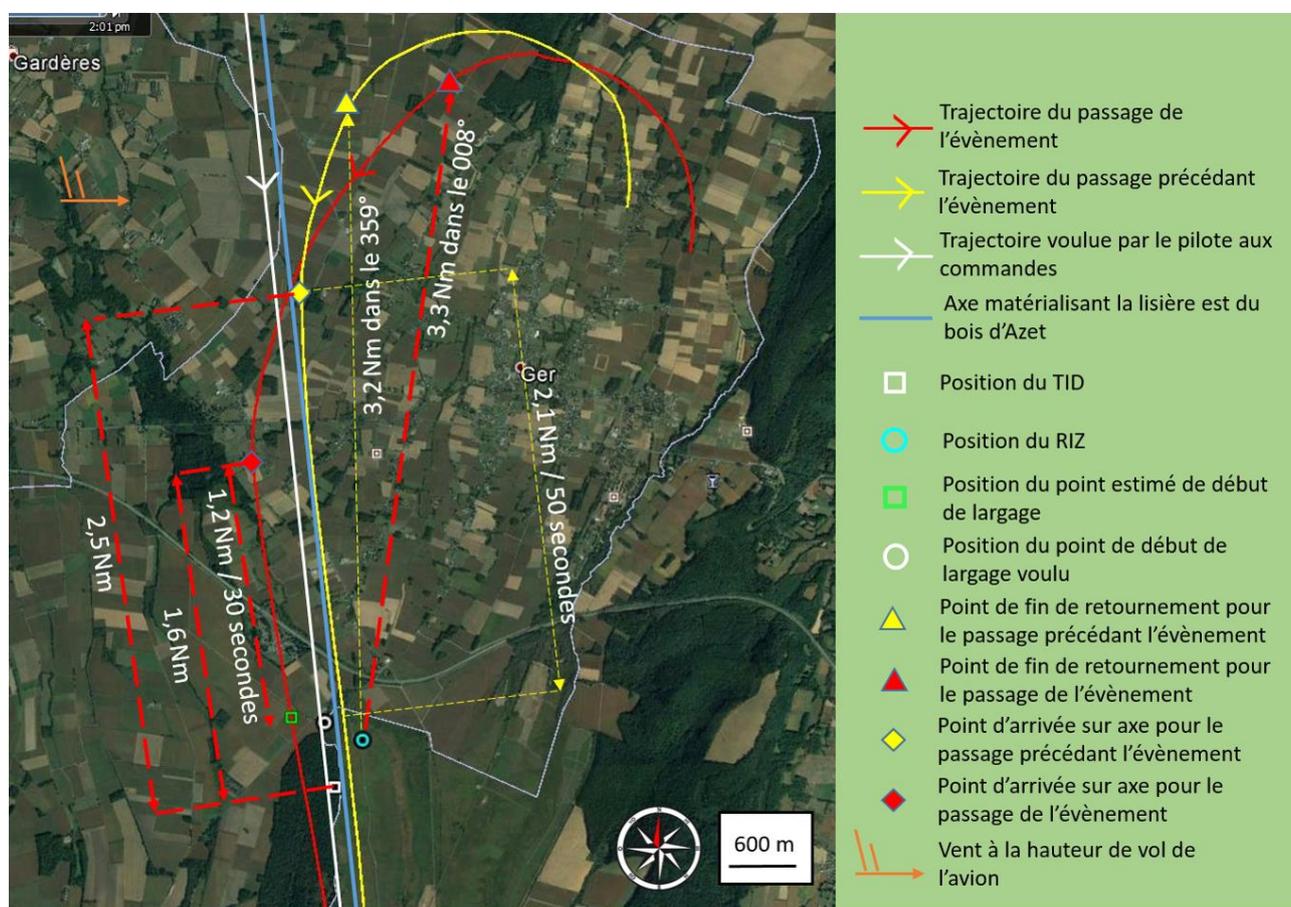


Figure 10 : visualisation de l'écart avec la méthode de prise d'axe

La méthode de prise d'axe adoptée par l'équipage lors de l'évènement n'est pas conforme à la méthode préconisée par le manuel d'emploi tactique :

- la prise d'axe préalable aux instruments n'est pas réalisée à 8 Nm de la ZMT et l'avion est sur l'axe à moins de 1,5 Nm de la ZMT ;
- la dérive permettant de suivre un axe parallèle à la ZMT n'est pas correctement affichée ;
- le contrôle de la route suivie par une vérification de l'écart de route à l'aide du FMS et de repères visuels n'est pas réalisé.

### 2.2.2.1.3. Migration des pratiques

#### Optimisation du temps

Lors des semaines de largages pour l'entraînement des parachutistes, les prises d'axe sont volontairement réalisées à moins de 4 Nm de la ZMT, afin d'effectuer un nombre maximal de largages dans un temps donné. Cette stratégie réduit au moins de moitié le temps disponible pour la prise d'axe et son contrôle à vue et aux instruments. De plus, les équipages ont tendance à s'axer uniquement à vue, sans contrôler la viabilité de l'axe de largage suivi à l'aide du FMS, alors que la procédure le préconise. Ainsi, lors de l'évènement, le calcul du déport par le FMS était de 420 m à droite soit 100 m de plus que la trajectoire visée par l'équipage. Or, l'équipage se trouvait à plus de 600 m à droite de l'axe central de la ZMT, c'est-à-dire sur une trajectoire encore plus à droite que celle préconisée par le FMS. Contraint par le temps et par les habitudes prises dans ce type de mission, l'équipage n'a pas été en mesure de contrôler son écartement latéral à vue et à l'aide du FMS.

**La recherche d'optimisation des temps de vol lors des semaines de largages pour l'entraînement des parachutistes est à l'origine d'une réduction du temps disponible pour la manœuvre de prise d'axe de largage et son contrôle.**

#### Déficit de contrôle des instruments de vol

Lors d'une séance d'entraînement au largage avec références visuelles, l'équipage a son attention principalement portée vers l'extérieur afin d'acquérir des références visuelles au sol. Cependant, si l'acquisition de références visuelles au sol est primordiale pour visualiser le déport nécessaire de l'avion, l'acquisition et le maintien de certains paramètres nécessitent un contrôle des instruments. C'est notamment le cas du cap qui doit intégrer la dérive liée au vent pour garantir l'adoption d'un axe précis. Le contrôle de l'écart de route au FMS peut également constituer une source de détection de l'erreur d'axe de largage.

Des prises d'axe répétitives sur la même ZMT selon des évolutions resserrées pour optimiser le temps disponible favorisent la relativisation de tels contrôles instrumentaux. Lors de l'évènement, l'équipage a réalisé plusieurs passages sur le même axe de largage matérialisé par la lisière est du bois d'Azet, facilitant le maintien du juste cap sans contrôle rigoureux des instruments. Quand il décide de changer d'axe pour améliorer la précision de largage, l'équipage perd alors la matérialisation au sol de son axe, mais conserve sa stratégie de prise d'axe uniquement basée sur des repères visuels. Sans contrôle suffisant des instruments, le cap suivi diffère alors de 5 degrés du cap à adopter pour suivre une trajectoire parallèle à la ZMT. De même, l'absence de contrôle par le navigateur de l'écart de route au FMS prive l'équipage d'une opportunité de déceler son erreur d'écartement latéral.

**La migration des pratiques consistant à adopter un pilotage de trajectoire à vue, sans contrôle suffisant aux instruments du cap et de l'écartement latéral adoptés, favorise la prise d'un axe inapproprié.**

### 2.2.2.1.4. Documentation perfectible

#### Manuel d'emploi tactique du C160

Le manuel d'emploi tactique décrit une méthode de prise d'axe adaptée aux largages en situations opérationnelles. Elle n'est pas adaptée aux largages répétitifs réalisés à suivre sur des ZMT connues.

Ainsi, aucune procédure particulière de prise d'axe uniquement réalisée à vue dans un volume d'évolution restreint autour d'une ZMT n'est proposée aux équipages, alors même qu'ils pratiquent le plus souvent cette procédure lors des semaines d'entraînement à la mise à terre des parachutistes. Leur pratique habituelle n'est donc pas encadrée par une procédure dédiée et documentée. Certains points de vigilance concernant la prise d'axe à vue, tels qu'une distance minimale d'alignement sur la ZMT octroyant un temps de correction ou les difficultés existantes à matérialiser un axe au milieu d'une zone peu contrastée (étendue d'eau ou une forêt) ne sont pas abordés. Concernant la phase finale à vue, le manuel d'emploi tactique n'explique pas comment matérialiser à vue un axe virtuel décalé du centre de la ZMT d'un côté ou de l'autre.

Cette incomplétude documentaire est de nature à favoriser la migration des pratiques des équipages lors des semaines de largage dévolues à l'entraînement des parachutistes.

**L'absence de procédure de largage avec références visuelles sur ZMT connue avec un alignement plus court que celui utilisé en procédure opérationnelle favorise la migration des pratiques des équipages lors des semaines de largage au profit du MCO des parachutistes militaires.**

#### Documentation concernant la ZMT

Chaque ZMT donne lieu à un dossier d'homologation qui définit les caractéristiques de la ZMT, notamment son périmètre précis et ses consignes d'utilisation. Pour certaines ZMT, comme celle de Fonsorbes (31), un circuit à vue, à suivre par les avions lors des opérations de largage sur la ZMT, est précisément défini dans un protocole ajouté au dossier. Bien que destiné à concilier les opérations de largage avec les autres activités aériennes et à limiter les nuisances sonores au-dessus des zones habitées, ce circuit à vue imposé aux équipages les contraint dans la gestion de leur trajectoire. Cela contribue à faciliter la prise d'axe pour les équipages et à limiter le risque d'erreur en empêchant l'adoption de trajectoires trop resserrées autour de la ZMT. La documentation concernant la ZMT de Ger-Azet ne comprend pas de circuit de largage à vue imposé aux équipages, les laissant ainsi libre d'adapter leur trajectoire aux contraintes du moment et à l'aisance ressentie. Cela peut favoriser la survenue d'erreurs.

**La documentation concernant la ZMT de Ger-Azet ne comporte pas de circuit de largage à vue imposé aux équipages. Cela induit un risque d'erreur de trajectoire plus important.**

#### 2.2.2.1.5. Formation et maintien en compétence des équipages

Le manuel d'emploi tactique ne comporte pas de procédure décrivant les trajectoires et les méthodes de prise d'axe à vue spécifiques aux semaines d'entraînement au profit des parachutistes. Ainsi, les équipages ab initio n'y sont pas formés lors de leur arrivée au sein de l'escadron. Ils se forment de manière empirique à cette méthode et s'y entraînent au gré de leurs participations aux missions de ce type. Le nombre d'avions disponibles pour ces semaines d'entraînement ayant décru ces dernières années, les équipages s'entraînent de moins en moins au largage à vue bien qu'ils respectent toujours la norme de maintien en condition opérationnelle dans ce domaine. Le niveau de compétence des équipages dans ce domaine diminue donc au fur et à mesure que les années passent. De plus, le test annuel des équipages comprend toujours une prise d'axe de largage selon la méthode préconisée dans le manuel d'emploi tactique mais n'aborde pas la méthode spécifique utilisée lors des semaines d'entraînement des parachutistes.

**Alors que le niveau de compétence des équipages dans le domaine de la prise d'axe à vue diminue du fait d'une baisse de la disponibilité des avions, la formation initiale et le maintien en compétences des équipages dans le domaine du largage à vue n'incluent pas les spécificités de la méthode pratiquée lors des semaines d'entraînement des parachutistes.**

#### 2.2.2.1.6. Limites à la visualisation des repères au sol par le pilote aux commandes

##### Capacité de visualisation du pilote

Le pilote affirme avoir cherché à suivre un axe à droite du TID, espacé d'une longueur équivalente à la distance entre la lisière est du bois d'Azet et le TID, soit d'une soixantaine de mètres. Or, plus la distance est faible, plus sa visualisation et donc son report sont incertains et sources d'erreur. Pour un pilote ayant une acuité visuelle de 10/10 et dans des conditions optimales de luminosité et de contraste, l'écartement de 60 m ne commence à être perceptible qu'à partir de 1,9 Nm (3 500 m). L'exercice de projection de repères se faisant à une distance d'environ 2 Nm, un espacement de 60 m n'est pas encore détectable par le pilote aux commandes. De plus, ce dernier est dans l'incapacité de percevoir le TID à une telle distance en raison de sa taille. Il semble donc improbable qu'au moment de la prise d'axe, le pilote puisse percevoir l'espace entre le TID et la lisière est du bois d'Azet.

Ainsi, la projection de cette distance à droite du TID ne peut qu'avoir été faite selon une représentation préétablie lors des passages précédents. Le repère d'écartement latéral visualisé par le pilote au milieu du bois, à droite du TID, se trouvait donc à une distance supérieure à celle souhaitée. Cela a contribué à un déport de la trajectoire de 255 m à droite du TID, au lieu des 60 m voulus.

**Il est improbable que la distance entre la lisière et le TID ait pu être perçue par le pilote lors de sa prise d'axe. L'estimation du déport de la trajectoire est issue d'une représentation erronée d'une distance entre la lisière et le TID, contribuant au déport de 255 m à droite du TID au lieu des 60 m voulus.**

#### Prise de repère désaxé

Le pilote affirme avoir pris ses repères d'écartement alors qu'il avait dépassé l'axe de la lisière du bois et évoluait à un cap d'environ 200 degrés, convergeant de 25 degrés avec l'axe à rejoindre. Cela implique qu'il n'observait pas la distance séparant la lisière du TID perpendiculairement à celle-ci, induisant une certaine parallaxe. De plus, les repères qu'il prenait sur son secteur avant gauche défilaient légèrement au cours de cet exercice. Cela a compliqué le travail de visualisation et de projection des repères par le pilote, augmentant ainsi le risque d'erreur associé.

**Le fait que l'aéronef soit désaxé de la ZMT et à une route convergeant de 25 degrés avec la route de largage est une source d'erreur supplémentaire dans la prise de repères réalisée par le pilote.**

#### Complexité de la visualisation d'un axe au sol à partir d'un repère situé dans un bois

Lors des précédents largages, l'équipage décide volontairement de suivre un axe le long de la lisière de la forêt matérialisant la bordure de la ZMT, 200 m à droite du RIZ, malgré des déports latéraux de l'ordre de 300 m à droite. Ce choix de trajectoire facilite la phase d'alignement pour le pilote qui doit suivre un axe matérialisé au sol par un contraste important entre la forêt et la ZMT. À l'instar d'une piste, cet axe est facilement visualisable au sol en amont du bois, ce qui facilite l'alignement à 4 Nm de la ZMT. Lors du largage associé à l'évènement, l'équipage décide de suivre un axe plus cohérent avec le calcul du déport en se présentant sur un axe décalé d'environ 300 m à droite de l'axe central de la ZMT, soit au-dessus de la forêt. L'axe est dès lors plus difficile à visualiser. En outre, la prise d'un repère initial dans le bois sur le travers droit du TID pour 60 m, servant à la visualisation d'un axe parallèle à la ZMT, est rendue difficile par l'aspect visuel homogène de la surface du bois. Cela induit une source d'erreur supplémentaire significative contribuant à l'erreur de prise d'axe finale.

**L'aspect visuel homogène de la surface du bois entrave fortement la prise d'un repère initial au milieu des arbres et sa projection en amont de la ZMT en vue de visualiser précisément la trace sol de l'axe de passage voulu. Cela favorise l'erreur de déport latéral de l'axe de largage.**

#### 2.2.2.1.7. Conscience erronée de la situation

Lors de l'évènement, les erreurs de cap et d'écartement latéral ne sont identifiées par aucun des membres d'équipage. Cela empêche toute correction de la trajectoire. La conscience de la situation s'établit par la perception d'informations issues de l'environnement de l'équipage comme la lecture et l'interprétation des données fournies par les instruments de bord ou l'acquisition de repères extérieurs. Ces informations permettent à l'équipage de se construire une représentation adaptée de la situation. Lors de l'évènement, les informations n'ont pas été perçues ou mal interprétées par l'équipage, conduisant ses membres à ne pas détecter la trajectoire erronée.

**Privé des informations utiles, l'équipage a une conscience erronée de la situation tout au long de la prise d'axe de largage, ce qui l'empêche de corriger sa trajectoire erronée.**

#### 2.2.2.1.8. Défaut de contrôle

##### Délégation totale de la prise d'axe au pilote aux commandes

Le navigateur est responsable de la navigation de l'avion en vol, notamment en mission de largage. Pour cela, il guide continuellement le pilote en lui donnant des ordres de cap à partir de repères qu'il prend lui-même au sol ou en lui communiquant les repères utiles pour prendre le bon écartement latéral. Dans certains cas, lorsque l'équipage travaille sur la même ZMT depuis un moment, les indications du navigateur peuvent se limiter à demander au pilote de suivre un axe de largage, en lui déléguant la prise de repères associée. Dans tous les cas, en tant que responsable du bon positionnement de l'avion pendant le largage, le navigateur doit contrôler avec ses propres repères la conformité de la trajectoire adoptée par le pilote avec l'attendu, jusqu'à la fin du largage. Au cours du passage de l'évènement, le navigateur demande au pilote aux commandes de décaler sa trajectoire de 75 m à droite de la lisière est du bois d'Azet pour mieux prendre en compte les déports calculés. Alors que l'avion n'est pas encore à sa route de largage, le navigateur se positionne du côté gauche du cockpit pour avoir un visuel de son point de repère de début de largage. Jusqu'à ce point, il ne contrôle pas précisément la conformité de l'axe adopté par le pilote aux commandes, en vérifiant le cap affiché et l'écartement latéral adopté.

**Le navigateur délègue totalement le guidage de la trajectoire à vue au pilote aux commandes. Il ne contrôle pas la conformité de la trajectoire adoptée avec la trajectoire souhaitée. Dès lors, l'acquisition du bon axe de largage ne repose plus que sur le pilote aux commandes.**

##### Configuration particulière d'équipage

###### Composition de l'équipage

L'équipage de conduite est composé d'un pilote commandant de bord, d'un copilote, d'un navigateur et d'un mécanicien d'équipage de conduite.

Le commandant de bord est pilote sur C160 depuis 2015 et commandant de bord depuis janvier 2020. Il dispose d'une expérience significative et suffisante dans la mission de largage de parachutistes. Le copilote vole sur C160 depuis deux ans et détient une expérience deux fois moins importante que son commandant de bord sur C160. Bien que disposant d'une expérience récente significative en matière de largage à vue, son expérience totale dans ce domaine est faible. Le navigateur, sur C160 depuis 2008, est qualifié moniteur navigateur depuis novembre 2018. Il est le membre d'équipage le plus expérimenté. Son expérience dans le domaine du largage de parachutistes sur l'année et le mois précédant l'évènement est significative. Le mécanicien d'équipage de conduite, opérationnel depuis deux ans, dispose d'une expérience significative sur l'année, bien que faible le mois précédant l'évènement. Enfin, la répartition des fonctions dans l'équipage n'est pas habituelle lors de l'évènement. En effet, le navigateur, qui dispose de la plus grande expérience n'est pas commandant de bord. Le commandant de bord est aux commandes tandis que le pilote le moins expérimenté assure une fonction de surveillance.

**Si l'expérience de l'équipage est en adéquation avec la mission à réaliser et les normes de maintien en compétences, c'est un équipage particulier dans la répartition des rôles de chacun.**

###### Fonction de commandant de bord

Lors des missions de largage de parachutistes, il est habituel que le commandant de bord soit le navigateur quand ce dernier est le plus expérimenté. Cette répartition des tâches permet aux pilotes occupés à la conduite de l'aéronef d'être déchargés de la gestion de la mission qui incombe alors au navigateur. Ainsi, le navigateur a déjà réalisé des missions similaires avec le pilote aux commandes, mais toujours en tant que commandant de bord. Sur ce vol organisé différemment, il a volontairement adopté une posture plus en retrait afin de laisser une plus grande liberté au pilote commandant de bord dans ses prises de décisions.

La posture inhabituelle du navigateur est probablement à l'origine de son contrôle insuffisant sur le travail du pilote aux commandes, dont le pilotage de la trajectoire.

**Le navigateur, dans un rôle inhabituel, a volontairement adopté une posture de « laisser-faire » vis-à-vis du pilote commandant de bord, entraînant un déficit de surveillance du pilotage de la trajectoire.**

#### *Fonction de pilote non aux commandes*

L'après-midi de l'évènement, les pilotes ont échangé leur place et leur fonction. Le pilote non aux commandes était donc le moins expérimenté des deux. Cette situation, fréquente lors des semaines d'entraînement à la mise à terre des parachutistes, permet de répartir la fatigue liée à l'accumulation des heures de vol aux commandes. Pourtant, l'écart d'expérience en terme d'heures de vol, de qualification ou de grade sont autant de facteurs pouvant conduire à un défaut de contrôle de la part du pilote non aux commandes, tandis que le commandant de bord s'astreint à piloter la trajectoire de l'avion. Le sentiment de manque de légitimité et la confiance portée à un pilote commandant de bord plus expérimenté tendent à réduire la faculté de contrôle du pilote non aux commandes. Cela favorise un défaut d'attention et l'absence de détection des erreurs de trajectoire.

**Le pilote non aux commandes, moins expérimenté que le pilote commandant de bord aux commandes, a adopté une posture passive dans la surveillance des paramètres, entraînant un déficit de contrôle exercé sur la trajectoire adoptée par le pilote aux commandes.**

#### *Sentiment de maîtrise de la situation*

##### *Routine*

C'est le 6<sup>e</sup> largage au-dessus de la même ZMT de la journée, le 3<sup>e</sup> à la suite avec des conditions aérologiques similaires, dans un contexte météorologique favorable. La répétition successive de la même activité peut favoriser une recherche progressive d'économie des ressources cognitives. Le sentiment d'aisance au sein de l'équipage généré par l'installation d'une routine peut avoir induit une diminution des ressources cognitives mises en jeu par l'équipage pour les tâches de surveillance.

**Il est probable que la répétition des largages dans les mêmes conditions a favorisé un sentiment de maîtrise de la situation favorisant un défaut de contrôle de l'équipage.**

#### *Sous-estimation de la difficulté et des risques associés à la prise de l'axe choisi*

Comparaison de situations similaires proches dans le temps

L'évaluation du risque est pleinement associée à l'expérience des membres d'équipage et en particulier à leurs expériences récentes. La veille à Castres, l'équipage a réalisé des largages jugés plus complexes en raison des conditions météorologiques plus délicates et des vents changeants. Ces conditions ont obligé l'équipage à s'adapter à chaque largage en déployant toute la vigilance nécessaire à la bonne gestion des trajectoires de largage. À l'inverse, le jour de l'évènement, les conditions météorologiques ne génèrent pas de contrainte particulière et sont stables, conduisant à un moindre niveau d'engagement des ressources.

Cette situation peut avoir favorisé un sentiment erroné d'aisance et une sous-évaluation du risque. Ainsi, au moment du choix d'un axe au-dessus du bois d'Azet, pour la première fois depuis le début des largages sur cette ZMT, l'équipage ne perçoit pas l'augmentation de la difficulté d'exécution et du risque associés à cette décision.

**Les conditions météorologiques favorables aux largages de parachutistes en comparaison de la veille ont conduit à une sous-évaluation du risque. L'augmentation de la difficulté d'exécution et du risque liés à la modification de la trajectoire de largage n'a pas été perçue par l'équipage qui n'a pas accru sa vigilance.**

#### *Connaissance partielle du risque de largage au-dessus d'une forêt*

Lors des premiers largages de l'après-midi, l'équipage décide de suivre un axe qui ne correspond pas au calcul théorique des déports afin de ne pas suivre une trajectoire au-dessus de la forêt. Ce choix est inspiré par le

navigateur qui craint des erreurs de manipulation des parachutistes sous voile et un risque supérieur d'accident. Cependant, les membres d'équipage ont une connaissance partielle de l'influence d'un largage au-dessus d'une forêt sur la dérive réellement subie par les parachutistes sous voile en comparaison des résultats théoriques issus du calcul des déports. Enfin, les membres d'équipage ne connaissent pas la probabilité de blessures associée à un atterrissage en zone boisée en comparaison d'un atterrissage sur ZMT. Cette connaissance imprécise des risques induits par un largage au-dessus des bois est à l'origine d'une sous-évaluation du risque associé à une telle situation, engendrant une mobilisation insuffisante des ressources.

**L'équipage a une connaissance partielle des conséquences potentielles d'un largage au-dessus d'une forêt sur la dérive sous voile des parachutistes et sur les risques de blessures supplémentaires à l'atterrissage. Cela ne favorise pas la perception du risque d'une telle situation et la mobilisation des ressources à la hauteur de l'enjeu.**

#### Dispersion de l'attention

La veille de l'évènement, la planification de la semaine d'exercices prévoyait des largages au départ de l'aéroport de Toulouse-Francazal le jeudi et le vendredi. Le jour de l'évènement, juste avant de décoller de l'aéroport de Tarbes pour la dernière rotation sur la ZMT de Ger-Azet, l'équipage est averti d'un changement de programme pour le reste de la semaine, des rotations étant désormais prévues à Calvi le vendredi au lieu de Toulouse. L'aéronef mis en place pour la mission étant proche d'une butée horaire de maintenance, la surconsommation de potentiel nécessaire pour le transit vers et depuis Calvi pourrait être incompatible avec la réalisation des rotations prévues. De plus, ce changement oblige l'équipage à modifier son hébergement pour le soir, imposant une contrainte logistique supplémentaire. Ces préoccupations ont pu impacter l'attention de l'équipage pendant la rotation associée à l'évènement.

**Le changement organisationnel survenu quelques instants avant le décollage peut avoir dispersé l'attention des membres d'équipage et favorisé les défaillances mises en évidence dans les tâches de surveillance.**

#### 2.2.2.1.9. Baisse de vigilance

##### Charge de travail de la journée

L'évènement survient neuf heures après le premier décollage de la journée. La journée de travail a été particulièrement longue et les amplitudes horaires maximales autorisées ont été atteintes.

Au cours de la journée, l'équipage a déjà réalisé six rotations et 19 largages. Il a déjà décollé et atterri à sept reprises. L'équipage a donc multiplié les phases de vol exigeantes en ressources cognitives. De plus, en raison de la planification de la semaine, l'équipage a été obligé de changer de terrain de largage au cours de la journée. Après avoir réalisé trois rotations et 14 largages à Castres le matin de l'évènement, l'équipage part à Tarbes pour réaliser six rotations et une quinzaine de largages. Les changements de terrain sont coûteux en temps et en ressources cognitives car les équipages sont obligés de s'adapter à un nouvel environnement. Ce programme chargé a contraint l'équipage à ne faire aucune pause au cours de la journée, à l'exception d'une brève interruption pour déjeuner après une première rotation à Tarbes, alors qu'il était initialement prévu de prendre un temps significatif pour déjeuner en arrivant. La fatigue accumulée au long de cette journée est à l'origine d'une baisse de vigilance qui a probablement amoindri les capacités cognitives de l'équipage lors de la rotation de l'évènement.

**L'attention continue de l'équipage pendant neuf heures a pu entraîner une baisse de vigilance en fin de journée, à l'origine d'une diminution des capacités cognitives de l'équipage au moment de la rotation de l'évènement.**

##### Charge cognitive de la semaine

La charge de travail des équipages est particulièrement dense lors des semaines d'entraînement à la mise à terre des parachutistes. Il est fréquent que le nombre de rotations demandé par la 11<sup>e</sup> BP au profit de ses régiments ne puisse être assuré par les équipages, comme le jour de l'évènement. De plus, les programmes

de ces semaines nécessitent des changements quotidiens de ZMT et de types de saut pratiqués (OA en basse hauteur ou ouverture retardée) afin de répartir équitablement les créneaux insuffisants de mise à disposition d'avions entre tous les régiments de la brigade. Cela peut induire des changements d'hébergement en cours de semaine, en plus de requérir une adaptation permanente des équipages à un environnement de travail changeant. De plus, l'équipage a déjà été confronté à trois changements de programme au moment de l'évènement, alors que sa mission a débuté la veille. Cette situation instable génère une charge cognitive sur les équipages, qui s'ajoute à la charge inhérente de leur mission.

**Les changements organisationnels répétés tout au long de la semaine, ajoutés à des changements quotidiens de ZMT et de types de saut, peuvent avoir généré une fatigue supplémentaire accroissant d'autant la baisse de vigilance de l'équipage en fin de journée.**

#### 2.2.2.1.10. Volonté de réussir sous contrainte temporelle

Compte tenu des retards accumulés le matin à Castres, l'équipage arrive avec environ une heure de retard à Tarbes. Par ailleurs, l'équipage est tenu d'être de retour à Toulouse pour 17h30 afin de respecter la réglementation régissant les temps d'activité des équipages.

L'objectif des largages à Tarbes est de réaliser six rotations que l'équipage a à cœur d'honorer. Compte tenu du faible temps disponible sur place, l'équipage cherche alors à gagner du temps dès son arrivée pour tenir le planning, en réduisant notamment le temps du repas. Cette contrainte temporelle est par la suite aggravée par les aléas de la mission. La troisième rotation est annulée en raison de l'absence du véhicule sanitaire, parti emmener un parachutiste à l'hôpital. Le décollage suivant est retardé d'environ une heure par les essais d'un avion dans le circuit de piste. Cela contraint le commandant de bord à annuler trois des quatre rotations restantes. En plus d'honorer une dernière rotation au profit du 35<sup>e</sup> RAP, l'équipage souhaite améliorer sa précision de largage à l'occasion de ces derniers passages, les passages précédents ayant conduit à l'atterrissage des parachutistes à 100 m ou plus à gauche de l'axe central de la ZMT. Le décollage a lieu à 16h16, deux largages sont réalisés comme prévu avant un reconditionnement à Tarbes et un retour vers Toulouse où l'avion arrive à 17h25. Il est possible que la volonté manifeste de l'équipage de réussir ce dernier passage sous contrainte temporelle l'ait privé du recul nécessaire à une saine estimation du risque et à un contrôle rigoureux de cette prise d'axe plus délicate que les précédentes.

**Il est possible que la volonté de l'équipage de réussir son dernier largage sous contrainte temporelle ait facilité sa sous-estimation du risque et de la difficulté de la prise d'axe associée, engendrant un contrôle moins rigoureux de celle-ci.**

#### 2.2.2.1.11. Processus de gestion du risque aéronautique

La gestion du risque aéronautique pratiquée par les équipages de transport de l'armée de l'Air et de l'Espace volant sur C160 s'appuie sur un processus décrit dans les procédures normales du manuel d'exploitation du C160 sous l'appellation « *Threats and errors management* » (gestion des menaces et des erreurs). Intervenant à chaque mise en route, il consiste à recenser les menaces pesant sur l'étape suivante et relevant de l'avion, des installations aéronautiques, de la météorologie, de l'environnement et de l'équipage, en utilisant l'acronyme « AIMEE ». Néanmoins, le manuel d'exploitation du C160 ne liste pas exhaustivement les rubriques associées à chaque domaine visé par l'acronyme. Les risques spécifiques associés au largage de parachutistes en OA et à la nature des ZMT pratiquées n'y sont pas clairement identifiés. De plus, la méthode, ne reposant que sur la conscience de la situation de l'équipage, peut occasionner des oublis.

Enfin, cette procédure est fragilisée car elle n'est pas intégrée à un processus de gestion du risque aéronautique plus large, qui concernerait tous les échelons organisationnels prenant part à la planification et la conduite de la mission et interviendrait à tous les moments clés de cette dernière (planification, préparation, conduite). Une telle approche est promue par l'EATC mais souffre de ne pas inclure les risques propres aux opérations de largage et à la configuration d'équipage. Elle n'est par ailleurs pas encore imposée aux équipages français. Au final, ce recensement des menaces basé sur l'acronyme « AIMEE » est susceptible de souffrir d'un manque d'exhaustivité et d'omettre un risque important non identifié par l'équipage.

Le commandant de bord a suivi ce processus au briefing d'étape préalable au passage de l'évènement. Le risque associé au travail sous une certaine contrainte temporelle y a notamment été soulevé.

**La démarche de gestion du risque aéronautique s'appliquant aux missions d'entraînement à la mise à terre des parachutistes est insuffisamment intégrée au processus opérationnel et non exhaustive quant aux items abordés, notamment dans le domaine parachutiste, ce qui la fragilise.**

#### 2.2.2.2. Dérive des parachutistes

En plus des phénomènes aérologiques particuliers et de l'altitude des points d'atterrissage des parachutistes, qui entrent dans les causes environnementales, les écarts entre les trajectoires réelles des parachutistes sous voiles et les trajectoires théoriques attendues s'expliquent par :

- les écarts de masses des parachutistes ;
- leurs actions sous voile sous stress, différentes d'un individu à l'autre ;
- un déficit d'entraînement des parachutistes ;
- les limites intrinsèques d'un modèle de calcul.

##### 2.2.2.2.1. Modèle n'intégrant pas la variabilité de la masse des parachutistes

La masse du parachutiste équipé prise en compte par le modèle de calcul de déport utilisé par l'équipage est de 110 kg. L'ensemble de parachutage du combattant (EPC), utilisé pour le saut du 23 septembre 2020 après-midi, induit des différences de distance parcourue sous voile en fonction de la masse réelle du parachutiste.

D'après les données issues des campagnes d'essais de ce parachute, pour des masses totales équipés allant de 110 à 130 kg et un vent soufflant à 6 m/s, on constate qu'une augmentation d'1 kg entraîne une diminution de la distance horizontale parcourue d'environ 1 m.

**Le modèle utilisé par les équipages n'intègre pas la variabilité de masse des parachutistes, conduisant à des distances réellement parcourues différentes de celles calculées.**

##### 2.2.2.2.2. Actions sous voile non intégrées par le modèle

Pour agir sur la voile de l'EPC, des commandes de manœuvre implantées sur les suspentes sont actionnables grâce à deux poignées de commande situées sur les deux élévateurs avant. Elles confèrent à la voile une capacité de rotation sur elle-même et de déplacement horizontal vers l'arrière.

Une action sur une commande de manœuvre gauche ou droite entraîne la rotation de la voile sur elle-même vers la gauche ou la droite, permettant au parachutiste de s'orienter par rapport au vent. Cette action ne crée aucun déplacement horizontal de la voile dans la masse d'air et n'influe en rien sur la vitesse de déplacement horizontal du parachutiste du fait du vent. Une action simultanée sur les deux commandes de manœuvre entraîne un déplacement horizontal de la voile vers l'arrière de 2,75 m/s qui vient s'ajouter à la vitesse de déplacement due au vent. Deux autres commandes implantées sur les élévateurs arrière, appelées « afficheurs », permettent d'incliner la voile vers l'arrière, créant un déplacement horizontal de cette dernière vers l'arrière de 3 m/s.

Les consignes d'utilisation de l'EPC stipulent que le parachutiste doit, après sa sortie de l'avion, évaluer sa dérive pour s'orienter au plus tôt vent dans le dos à l'aide de la commande de manœuvre adéquate.

Il doit ensuite se laisser dériver sans aucune action sur les commandes jusqu'à son atterrissage qui s'effectue dos au vent. Dans cette dernière phase, il ne doit pas toucher aux commandes pour des vents au sol annoncés

inférieurs à 3 m/s. Pour des vents annoncés au sol compris entre 3 et 6 m/s, il doit agir sur ses « afficheurs » pour se freiner horizontalement de 3 m/s. Pour des vents au sol supérieurs à 6 m/s, il doit actionner les commandes de manœuvre et les « afficheurs » afin de se freiner horizontalement de 5,75 m/s. Le modèle de calcul des déports est basé sur ce comportement idéal du parachutiste.

Dans certaines situations de stress ou par manque de pratique, il est possible qu'un parachutiste utilise ses commandes de manœuvre et ses afficheurs à mauvais escient. Cela peut influencer défavorablement sur sa distance horizontale parcourue. Dans le cas de l'évènement, un parachutiste s'orientant vent dans le dos à la sortie de l'avion et actionnant simultanément ses commandes de manœuvre pendant toute la descente sous voile parcourrait environ 140 m de moins que la distance prévue par le modèle de calcul de déports.

**Le modèle de calcul de déports n'intègre pas les cas d'utilisation des commandes non conforme à la procédure enseignée et qui peuvent influencer significativement sur la distance parcourue par le parachutiste.**

#### 2.2.2.2.3. Stress induit par un largage au-dessus des arbres

Bien qu'aguerris à toutes sortes de situations, le fait d'être largués au-dessus des arbres augmente le niveau de stress des parachutistes pendant la phase de dérive sous voile. En effet, ils prennent généralement conscience d'être au-dessus des arbres après leur sortie de l'avion, lors d'une première analyse de leur situation.

Cette augmentation du niveau de stress est due à l'anticipation d'un potentiel atterrissage en zone boisée, pouvant occasionner des blessures et une immobilisation dans les arbres.

Un tel niveau de stress peut diminuer plus ou moins la lucidité du parachutiste, en fonction de son expérience et de sa personnalité. Il peut ainsi entraver sa capacité à appliquer correctement la procédure de dérive sous voile et à adopter une position le protégeant au maximum à l'arrivée dans les arbres. Le stress peut par exemple conduire le parachutiste à actionner ses commandes de manœuvre à mauvais escient pendant la phase de dérive sous voile pour essayer d'influer sur sa trajectoire ou pour se freiner et éviter une entrée trop rapide dans les arbres. Ces actions peuvent conduire à raccourcir la distance horizontale parcourue sous voile.

**La prise de conscience d'avoir été largué au-dessus des arbres peut accroître le niveau de stress du parachutiste, plus enclin à agir sur ses commandes de manœuvre à mauvais escient pendant sa dérive. Cela peut conduire à raccourcir la distance horizontale parcourue sous voile.**

#### 2.2.2.2.4. Déficit d'entraînement au saut en OA

La norme de maintien en condition opérationnelle des parachutistes de l'armée de Terre est fixée à dix sauts en OA par an. Le seuil sécuritaire est fixé à six sauts par an. En effet, en-dessous de ce seuil, le niveau de stress moyen du parachutiste est plus important, induisant une fébrilité qui pollue le parachutiste dans l'application des procédures normales et de sécurité nécessaires au bon déroulement du saut.

Or, les chiffres de l'armée de Terre des dernières années témoignent d'une pratique moyenne diminuant progressivement et inférieure à ce seuil depuis 2018. A cette période, un parachutiste de l'armée de Terre réalisait, en moyenne, 5,31 sauts en OA par an. En 2019, il en réalisait 4,73. En 2020, il n'en réalisait plus que 3,55. Cette diminution de la pratique chez les parachutistes de l'armée de Terre trouve son origine dans la baisse du nombre d'avions de transport mis à disposition de la 11<sup>e</sup> BP pour cette mission et aux contraintes de mises en œuvre associées à la crise COVID pour l'année 2020. Alors que le besoin est de trois avions par jour ouvré pour réaliser l'objectif de maintien en condition opérationnelle des parachutistes, et de 1,5 avions par jour pour garantir le seuil sécuritaire d'entraînement, ce nombre était de 1,37 en 2018, de 1,13 en 2019 et de 1,03 en 2020.

Les parachutistes du passage concernant l'évènement sont concernés par ce déficit d'entraînement. Ce dernier a engendré chez eux un niveau moyen de stress supérieur et une diminution de leur capacité à appréhender le saut dans son ensemble et à appliquer les procédures normales et de sécurité.

Cela est probablement contributif aux actions parasites sous voiles à l'origine de distances horizontales parcourues inférieures à l'attendu.

**Le déficit d’entraînement des parachutistes de l’armée de Terre, dû à une diminution de la disponibilité des avions de transport militaires, est probablement contributif aux actions parasites des parachutistes sous voile, à l’origine de distances horizontales parcourues plus faibles que celles attendues.**

#### 2.2.2.2.5. Limites intrinsèques du modèle de calcul

Le tableau ci-dessous permet d’expliquer certains écarts entre les distances horizontales réellement parcourues par les parachutistes dont la trajectoire est connue et celles issues du modèle de calcul des déports.

	Altitude du point d’atterrissage <sup>28</sup>	Distance horizontale attendue <sup>29</sup>	Après prise en compte de la masse du parachutiste	Après prise en compte des actions sous voile du parachutiste <sup>30</sup>	Distance horizontale réellement parcourue
1 <sup>er</sup> parachutiste	428 mètres	330 mètres	315 mètres	230 mètres	190 mètres
2 <sup>e</sup> parachutiste	425 mètres	330 mètres	320 mètres	310 mètres	269 mètres
3 <sup>e</sup> parachutiste	445 mètres	305 mètres	305 mètres	305 mètres	234 mètres
4 <sup>e</sup> parachutiste	445 mètres	305 mètres	295 mètres	270 mètres	222 mètres
5 <sup>e</sup> parachutiste	450 mètres	300 mètres	300 mètres	250 mètres	170 mètres
10 <sup>e</sup> parachutiste	450 mètres	300 mètres	280 mètres	280 mètres	177 mètres
11 <sup>e</sup> parachutiste	450 mètres	300 mètres	300 mètres	230 mètres	186 mètres
13 <sup>e</sup> parachutiste	450 mètres	300 mètres	300 mètres	300 mètres	245 mètres

Figure 11 : justification des écarts de trajectoires des parachutistes avec le modèle de calcul des déports

Il persiste des écarts significatifs entre les distances horizontales attendues en tenant compte de l’influence du terrain, de la masse et des actions probables sous voile des parachutistes, et celles parcourues réellement. Ils tiennent aux phénomènes aérologiques locaux particuliers non quantifiables et difficilement prévisibles et aux actions menées sous stress par les parachutistes sous voile susceptibles de différer de leurs témoignages. Cela démontre les limites induites par l’utilisation d’un modèle qui ne peut tenir compte de paramètres variables tout au long d’un passage et d’un jour à l’autre : masse des parachutistes variable d’un individu à l’autre, altitudes différentes des points d’atterrissage, convection plus ou moins importante de la masse d’air sur la zone de largage. De même, le modèle ne peut pas tenir compte des phénomènes imprévisibles associés à une zone de largage imprévue et non souhaitable telle qu’un bois.

**La justification obtenue des écarts de distances horizontales parcourues par les parachutistes avec le modèle montre l’importance de l’influence des actions des parachutistes sur leurs commandes et de l’aérologie réelle variable sur zone. Elle montre également les limites intrinsèques du modèle de calcul, qui ne peut pas tenir compte de la variabilité de certains paramètres et de phénomènes imprévisibles au cours d’un largage.**

<sup>28</sup> Somme de l’altitude du terrain au point d’atterrissage et de la hauteur des arbres le cas échéant.

<sup>29</sup> Selon le modèle de calcul de déports en tenant compte du vent général sur zone moyenné sur la tranche de 0 à 320 m de hauteur et de l’altitude du terrain d’atterrissage.

<sup>30</sup> État des actions réalisées par les parachutistes sous voile basé sur leurs témoignages.

## 2.3. Gestion de l'évènement

### 2.3.1. Difficultés de remontée de l'information sur l'état des parachutistes

L'atterrissage de la grande majorité des parachutistes et de tous les blessés dans le bois d'Azet ou hors ZMT n'a pas permis aux marqueurs et à l'équipe paramédicale de prendre conscience de la présence de blessés immédiatement après le saut. En effet, les parachutistes blessés se trouvant hors du champ de vision des marqueurs et des personnels paramédicaux présents sur la ZMT, les panneaux fuchsia individuels en leur possession n'étaient d'aucune utilité. De plus, bien que la feuille du briefing RAT liste les noms et numéros de téléphones portables de tous les acteurs principaux de la séance et que les parachutistes aient tous avec eux un téléphone portable, une grande partie d'entre eux n'emporte pas ces numéros potentiellement utiles. Aucune procédure n'est par ailleurs prévue pour permettre l'alerte rapide de l'équipe paramédicale, des marqueurs et du DDS en cas de blessé ne pouvant se signaler à vue ou à la voix. Cela a empêché une remontée d'information rapide sur la présence de blessés légers et d'un blessé grave vers les organisateurs de la séance et l'équipe paramédicale à l'issue du saut, induisant une situation d'incertitude peu propice à la prise d'une décision adaptée quant à la poursuite de la séance et à la mise en route des secours.

**La nature de la zone d'atterrissage et l'absence de procédure d'alerte du DDS en cas de blessé invisible depuis la ZMT ont entraîné un défaut de remontée rapide d'information au DDS et à l'équipe paramédicale sur l'état des parachutistes après le saut. Cela a compliqué la prise d'une décision adéquate quant à la poursuite de la séance et au traitement des blessés.**

### 2.3.2. Premiers secours à un blessé au dos en exercice

Lors de son intervention auprès du 3<sup>e</sup> parachutiste du passage gravement blessé au dos, son chef de groupe apprend qu'il vient de chuter d'une dizaine de mètres de haut et s'enquiert de son état en lui demandant de bouger les jambes. Il l'accompagne ensuite vers la lisière du bois pour permettre sa prise en charge par les secours. Dans un contexte d'entraînement, la confrontation à une telle situation de blessure, de nature à suspecter une lésion du rachis, il semble plus prudent de maintenir la victime immobilisée en recherchant un avis médical et l'intervention des secours.

**Dans un contexte d'exercice et en l'absence d'avis médical, une posture conservatoire face à un traumatisé du dos est à privilégier en attendant les secours.**

### 2.3.3. Poursuite des largages

En l'absence d'état des lieux précis sur l'état des parachutistes après leur atterrissage dans le bois, le DDS prend la décision de procéder au deuxième passage. Cette décision diffère la recherche et la prise en charge des potentiels blessés dont le blessé grave par l'équipe médicale. Cet inconvénient apparaît négligeable au DDS qui entrevoit surtout le bénéfice de faire sauter 28 parachutistes de plus dans un contexte de raréfaction des séances de saut. Ainsi, le temps passé à faire sauter le deuxième passage permet au blessé de se déplacer à pied sur environ 150 m dans un terrain accidenté, au risque d'aggraver son cas. Par ailleurs, le largage d'un deuxième passage expose le DDS et l'équipe médicale au risque d'avoir à prendre en charge des blessés supplémentaires. Cette décision n'est pas la plus adaptée en matière de maîtrise du risque opérationnel, compte tenu du contexte d'exercice de l'évènement pour lequel la recherche et la prise en compte des blessés éventuels doit être prioritaire sur la conduite de l'exercice.

**La décision de poursuivre la séance sans connaissance de l'état des parachutistes n'est pas la plus adaptée au contexte d'exercice de l'évènement.**

#### 2.3.4. Conscience erronée du risque de blessure suite à un atterrissage en zone boisée

Les témoignages recueillis auprès des différents parachutistes rencontrés au cours de l'enquête semblent indiquer que la communauté parachutiste banalise les atterrissages en zones boisées. En effet, la plupart d'entre eux considèrent ce type d'incident comme anodin et présentant des risques de blessure quasiment similaires à ceux relevés lors d'atterrissage sur ZMT. Or le risque de blessure lors d'un atterrissage dans les arbres est environ 20 fois supérieur au même risque lors d'un atterrissage sur ZMT. Cette conscience erronée du risque a probablement favorisé la décision prise par les responsables de la séance de procéder au dernier largage après la survenue de l'évènement.

**La banalisation apparente des atterrissages en zones boisées par la communauté parachutiste induit une conscience erronée du risque de blessure associé à de tels incidents. Cela a probablement conduit les responsables de la séance à procéder au dernier largage après la survenue de l'évènement.**

PAS DE TEXTE

### 3. CONCLUSION

L'évènement est un largage de parachutistes sur un axe inapproprié ayant conduit à l'atterrissage hors zone de parachutistes et à la blessure grave de l'un d'entre eux.

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

Le 23 septembre 2020 vers 16h15, à la fin d'une journée d'entraînement à la mise à terre de parachutistes ayant débuté le matin à 7h30, l'équipage du Transall décolle de l'aéroport de Tarbes pour larguer sur la ZMT de Ger-Azet (64) un troisième et dernier groupe sur les six initialement prévus. Un retour sur Toulouse-Franczal est prévu à l'issue pour 17h30 au plus tard, afin de respecter les normes d'amplitude d'activité en vigueur. Deux passages de 28 parachutistes du 35<sup>e</sup> RAP doivent être largués en OA à une hauteur de 300 m. Les conditions météorologiques sont bonnes. Deux heures auparavant, l'équipage avait largué sur la lisière est du bois d'Azet, décalée d'environ 200 m à droite de l'axe central de la ZMT, pour des déports théoriques de l'ordre de 300 m. Cela avait amené les parachutistes à atterrir environ 100 m à gauche de l'axe central de la ZMT. Pour ce passage, l'équipage calcule donc un déport de 315 m à droite. Le navigateur demande au pilote commandant de bord aux commandes d'adopter un axe de largage décalé de 75 m à droite de la lisière, puis bascule sur le côté gauche du cockpit pour surveiller son repère de début de largage. Le pilote s'axe trop à droite pour environ 300 m à une route convergente de 5 degrés avec la route de largage idéale. Environ 40 secondes plus tard, l'autorisation de largage est donnée. 25 des 28 parachutistes largués atterrissent hors de la ZMT dont 24 dans le bois d'Azet, ayant tous parcouru une distance horizontale moindre que celle prévue par le modèle de calcul des déports. L'un d'eux se blesse gravement au dos en tombant d'une dizaine de mètres de hauteur après avoir été stoppé un bref instant dans les arbres. Trois autres se blessent légèrement à l'atterrissage dans le bois.

Sans assurance de l'intégrité physique de tous les parachutistes, il est décidé de larguer le deuxième passage, qui arrive au sol un peu plus de 10 minutes après le premier. Le véhicule de soutien médical se déplace vers la lisière du bois où il est rejoint par le blessé principal qui souffre du dos, accompagné de son chef de groupe. Le blessé est pris en compte par l'équipe médicale et conduit au CHU de Tarbes vers 17h40, alors que les premiers pompiers du SDIS 64, alerté à 16h50, viennent d'arriver sur la ZMT.

#### 3.2. Causes de l'évènement

L'évènement est dû à la combinaison des trois facteurs principaux énoncés et déclinés ci-après :

- le largage de 28 parachutistes sur un axe inapproprié. Il trouve son origine dans les facteurs suivants :
  - une erreur de prise d'axe ;
  - un écart de méthode de prise d'axe à vue ;
  - la migration des pratiques en missions d'entraînement à la mise à terre des parachutistes ;
  - une documentation tactique privée de procédure conforme à la pratique des équipages ;
  - l'absence de formation initiale et continue à une telle procédure ;
  - la visualisation difficile des repères au sol par le pilote aux commandes ;
  - la conscience erronée de la situation qu'a l'équipage une fois axé, avant le début du largage ;
  - le déficit de contrôle exercé au sein de l'équipage sur la prise d'axe réalisée ;
  - la configuration de l'équipage ;
  - le sentiment de maîtrise de la situation de l'équipage ;
  - la baisse de vigilance probable de l'équipage en fin de journée et en milieu de semaine ;
  - la volonté de réussir le largage d'un dernier avion sous contrainte temporelle ;
  - un processus de gestion du risque aéronautique insuffisamment intégré et exhaustif ;
- la dérive moindre des parachutistes sous voile en comparaison des déports calculés par l'équipage, elle-même due aux facteurs suivants :
  - l'altitude plus élevée que prévue des points d'atterrissage des parachutistes ;
  - la masse plus élevée de certains des parachutistes, non prise en compte par le modèle ;
  - les actions aux commandes de certains des parachutistes, non conformes à la procédure ;
  - l'augmentation du niveau moyen de stress des parachutistes, du fait de leur largage au-dessus d'une zone boisée ;

- le déficit d'entraînement des parachutistes au saut en OA ;
  - l'aérologie différente de celle prise en compte par l'équipage, du fait de phénomènes particuliers et locaux variables et imprévisibles ;
  - les limites intrinsèques du modèle de calcul de déport ;
- l'atterrissage en zone boisée, qui comporte une probabilité de blessure environ vingt fois supérieure à celle de se blesser à l'occasion d'un atterrissage sur une zone de mise à terre.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

#### 4.1.1. Documentation régissant l'entraînement à la mise à terre des parachutistes

Le manuel d'emploi tactique C160 contient une procédure de largage des parachutistes en OA avec références visuelles. Cette dernière est pleinement adaptée à un largage unique sur une ZMT inconnue dans un contexte opérationnel mais convient peu aux semaines d'entraînement à la mise à terre des parachutistes. C'est pourquoi les équipages participant à ces missions n'appliquent pas cette procédure, en évoluant toujours dans un volume leur permettant de rester à moins de 4 Nm de la ZMT pour gagner du temps, et en ne basant leur prise d'axe que sur la prise de repères visuels au sol. L'absence de documentation cadrant ces pratiques en favorise la migration et l'apparition de risques non maîtrisés. D'autre part, le manuel d'emploi tactique ne décrit pas précisément la méthode de prise d'axe à vue et les pièges qu'elle induit au-dessus de surfaces peu contrastées telles que des bois ou des étendues d'eau.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, d'introduire dans les manuels d'emploi de leurs avions largueurs une procédure de largage en OA avec références visuelles en cohérence avec la pratique des équipages, ainsi qu'une description de la méthode de prise d'axe à vue et de ses difficultés.**

**R1 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation**

#### 4.1.2. Documentation concernant les ZMT

La documentation concernant les ZMT comprend parfois des circuits de largage à vue imposés aux équipages pour tenir compte des contraintes de trafic aérien et des nuisances sonores occasionnées par les opérations de largage. Ces trajectoires imposées contribuent à limiter le risque d'erreurs de trajectoire et d'axe de largage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, d'étudier l'opportunité de créer des circuits de largage à vue sur tout ou partie des ZMT pratiquées par leurs équipages lors des entraînements à la mise à terre de parachutistes en OA.**

**R2 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation**

#### 4.1.3. Formation des équipages aux missions d'entraînement à la mise à terre des parachutistes

Les équipages de C160 ne sont formés à aucune procédure adaptée à l'entraînement à la mise à terre des parachutistes, ni à une méthode précise de prise d'axe à vue. De même, aucun exercice de prise d'axe exclusivement à vue dans un volume d'évolution restreint n'est joué lors du test annuel des équipages. Ainsi, le processus de formation et de maintien en condition opérationnelle des équipages dans ce domaine ne permet pas de garantir l'absence de migration des pratiques dans les méthodes et procédures mises en œuvre.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, d'intégrer la nouvelle procédure spécifique de prise d'axe de largage à vue en OA dans un volume d'évolution restreint à la formation initiale et au processus de maintien en condition opérationnelle de ses équipages.**

**R3 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation**

#### 4.1.4. Processus de gestion du risque aéronautique

Le processus de gestion du risque aéronautique qui s'applique aux missions d'entraînement à la mise à terre des parachutistes existe mais il est incomplet et insuffisamment intégré au cycle opérationnel.

En effet, il s'appuie pour l'instant sur le manuel d'exploitation du C160 et vise uniquement la conduite du vol et l'équipage. Il introduit, au briefing d'étape, un recensement des menaces pesant sur le vol à l'aide d'un acronyme ne garantissant pas l'exhaustivité de la démarche, notamment pour les risques associés au largage de parachutistes.

Un second processus global et intégré est promu par l'EATC dans son manuel des opérations et s'attache à intégrer la démarche de gestion du risque aéronautique à tous les échelons participant à la planification et à la conduite de la mission et à tous les moments clés de cette dernière.

En attente d'expérimentation et de déclinaison aux spécificités françaises, ce processus n'est pas encore mis en application par les escadrons de transport.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, d'étudier l'opportunité d'améliorer son processus de gestion du risque aéronautique appliqué aux équipages de transport, en visant une meilleure intégration de ce dernier au cycle opérationnel et à tous les échelons concernés, et une plus grande exhaustivité des domaines de risques abordés, notamment dans le domaine du largage de parachutistes.**

**R4 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation**

#### 4.1.5. Prise en compte des risques associés à un largage au-dessus des bois

Le largage de parachutistes au-dessus d'un bois présente des risques supplémentaires aux risques de largage habituels. D'une part, la prise d'axe à vue est compliquée par le peu de contraste qu'offre le bois pour la prise de repères au sol, induisant un plus grand risque d'erreur de trajectoire. D'autre part, le largage au-dessus d'un bois entraîne un risque très important de dérive moindre des éléments largués.

Enfin, un atterrissage dans les bois est environ vingt fois plus accidentogène qu'un atterrissage sur ZMT.

Ces risques associés sont déjà limités par des procédures d'atterrissage spécifiques et de descente au sol du parachutiste à l'aide du parachute ventral. Ces procédures sont enseignées aux parachutistes ab initio et leur sont normalement rappelées lors d'une instruction annuelle aux fondamentaux du saut en OA. Le choix du contenu de ces instructions est néanmoins laissé à l'appréciation de l'instructeur. Ces procédures ne sont pas rappelées au briefing de sécurité réalisé par le chef de transport à l'embarquement dans l'avion. Le contexte connu d'une baisse de l'entraînement des parachutistes au saut en OA invite à accroître les mesures de prévention visant à conserver le même niveau de sécurité.

L'absence de prise en compte suffisante de ces risques par les équipages de transport et la communauté parachutiste est de nature à accroître le niveau de risque global de ce type d'opération.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, de s'assurer de la prise en compte effective par leurs équipages des risques spécifiques associés au largage de parachutistes en OA au-dessus de surfaces boisées.**

**R5 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation**

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, de renforcer le niveau de connaissance et de conscience de leurs parachutistes en matière de risques et de procédures associés à un largage en OA au-dessus des bois.**

**R6 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CEMAT, CEMM**

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, d'intégrer aux processus de formation et d'entraînement de leurs parachutistes toute mesure utile à minimiser l'effet de surprise qu'ils subissent lors de sorties d'avions au-dessus de zones hostiles, notamment boisées, dans le cadre de sauts en OA.**

**R7 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAEE, CEMAT, CEMM**

#### 4.1.6. Entraînement insuffisant au saut en OA

Les parachutistes de l'armée de Terre s'entraînent insuffisamment et de moins en moins au saut en OA, du fait d'une baisse de la disponibilité des avions de transports militaires au cours des dernières années. Cela entraîne une baisse de leur capacité à appréhender le saut en EPC dans son ensemble et à appliquer correctement les procédures normales et de sécurité garantissant son bon déroulement. Cela induit aussi une augmentation du niveau moyen de stress des parachutistes pendant le saut, qui amoindrit d'autant leurs capacités.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, d'étudier si nécessaire la mise en place de solutions permettant d'accroître le niveau d'entraînement au saut en OA de leurs parachutistes.**

**R8 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM**

#### 4.1.7. Remontée d'information en cas d'incident de largage conduisant à un atterrissage dans les bois

Le bureau de sécurité des activités de parachutage (BSAP) n'est pas destinataire des incidents de largage ayant entraîné un ou plusieurs atterrissages de parachutistes en zones boisées, sauf lorsque qu'il en résulte des blessures. De la même manière, les équipages de transport ne font pas systématiquement remonter ces événements vers les organismes en charge de la maîtrise des risques associés à ce type d'activités aériennes. Or il apparaît que l'atterrissage en zone boisée est de l'ordre de vingt fois plus accidentogène qu'un atterrissage sur ZMT. Au-delà de la problématique particulière associée aux bois, un atterrissage hors ZMT doit être considéré comme plus à risque qu'un atterrissage sur ZMT, et donc comme un incident de largage méritant une attention des organismes jouant un rôle dans la sécurité de ce type d'opérations. Le défaut de remontée d'information sur ce type d'incidents prive ces organismes d'une conscience précise de leur volume réel et induit une stratégie de gestion du risque inadaptée les concernant.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, de s'assurer que leurs responsables d'opérations de largage de personnels en OA informent dans les meilleurs délais les équipages d'avions largueurs et le BSAP des atterrissages hors ZMT.**

**R9 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM**

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, de traiter les événements de largage en OA ayant donné lieu à un ou plusieurs atterrissages de parachutistes hors ZMT comme des événements aéronautiques, en s'assurant d'un partage des informations transmises dans ce cadre avec les acteurs de la chaîne parachutiste.**

**R10 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAAE, CAE Aviation**

## 4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

### 4.2.1. Prise en compte des variations de masse dans le modèle de calcul des déports

La comparaison des formules de calcul des déports à adopter par les équipages en fonction de la masse équipée des parachutistes avec les données issues des essais avant mise en service de l'EPC montre une inadéquation des formules utilisées avec la réalité constatée lors des essais, notamment pour une masse équipée des parachutistes de 130 kg.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, de revoir les formules de déports propres à l'EPC à la disposition de ses équipages, afin qu'elles soient cohérentes avec les résultats des essais réalisés par DGA Techniques aéronautiques pour des parachutistes de masses différentes.**

**R11 – [A-2020-11-A] Destinataire : CEMAAE**

### 4.2.2. Conduite à tenir en cas d'incident de largage en entraînement

L'absence de remontée d'information rapide sur la présence éventuelle de blessés suite à un incident de largage en OA en entraînement peut conduire le directeur de séance à décider de poursuivre l'exercice, au détriment de la prise en compte optimale des blessés. Le contexte d'entraînement de ce type de séance et le risque de blessure supérieur et non négligeable des parachutistes lors d'un atterrissage dans un bois encouragent à interrompre la séance pour aller chercher et secourir les éventuels blessés, en l'absence d'information précise sur l'état des parachutistes après le saut.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, de s'assurer de l'interruption des séances d'entraînement à la mise à terre de parachutistes en OA, lorsque l'intégrité physique de l'ensemble des parachutistes après le saut est incertaine.**

**R12 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM**

### 4.2.3. Procédure d'alerte en cas de blessé

Dans le cas d'un atterrissage dans une zone située hors du champ de vision des marqueurs, zone qui peut présenter par ailleurs des risques plus importants de blessures comme le montre le cas des bois, il n'est pas prévu de procédure d'alerte particulière permettant d'informer sans délai les marqueurs, l'équipe paramédicale et le directeur de séances. Ces derniers sont alors dans l'impossibilité d'avoir une conscience précise de la situation et de prendre les mesures qui s'imposent pour le secours des éventuelles victimes et la suite à donner à l'exercice en cours.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, de s'assurer de la mise en œuvre, lors des séances d'entraînement à la mise à terre en OA de leurs parachutistes, d'une procédure d'alerte visant à signaler aux directeurs de séances, sans délai après le saut, la présence de blessés éventuels quelle que soit leur zone d'atterrissage.**

**R13 – [A-2020-11-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM**

#### 4.2.4. Mesures de premier secours aux parachutistes blessés

Conscient d'être face à une personne souffrant du dos suite à une chute de grande hauteur, le chef de groupe de saut l'accompagne jusqu'à la ZMT. Cela entraîne la mobilisation du parachutiste blessé à l'occasion de son déplacement le long d'un parcours d'environ 150 m dans un bois relativement accidenté. Dans une situation où un traumatisme grave au dos peut être suspecté, en dehors de tout contexte opérationnel, il est préférable d'immobiliser la victime dans l'attente d'instructions de l'équipe de soutien médical ou paramédical.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, à l'armée de Terre, à la Marine nationale, d'apporter une vigilance particulière à la bonne application des conduites à tenir dans la prise en compte des blessés en entraînement.**

**R14** – [A-2020-11-A] *Destinataires : CEMAEE, CEMAT, CEMM*

#### 4.2.5. Identification des moments clés du vol sur les données enregistrées

La procédure de largage en C160 n'inclut pas l'appui sur l'interrupteur « top pilote » situé dans le cockpit aux instants clés, notamment aux moments du début du largage et de la fin de largage. Une action sur cet interrupteur permet d'identifier l'instant correspondant et les paramètres associés sur la bande de l'enregistreur de vol. Cela peut être utile dans le cadre d'une analyse a posteriori du vol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace et à CAE Aviation, d'intégrer aux procédures de largage l'enregistrement systématique des positions géographiques des instants clés de l'opération aérienne, notamment les moments du début et de fin de largage.**

**R15** – [A-2020-11-A] *Destinataires : CEMAEE, CAE Aviation*

## ANNEXE

### EXTRAIT DE L'INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE N° 7401/ARM/CAB RELATIVE A LA CONDUITE DES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ MENÉES PAR LE BUREAU ENQUÊTES ACCIDENTS POUR LA SÉCURITÉ DE L'AÉRONAUTIQUE D'ÉTAT

#### 1.2.2.3. *Accident aérien de largage, de dépose ou de récupération par technique aéromobile de personnels ou de matériels*

C'est un événement aérien qui se produit lors de la mise en œuvre de technique aéromobile entre le moment où une personne ou du matériel est soit embarqué dans l'aéronef, soit hissé du sol et le moment où toutes les personnes ou le matériel embarqués dans l'aéronef ou hissés dans cette intention de manœuvre, sont soit à « terre », soit débarqués, parachute contrôlé, et au cours duquel :

- une personne est mortellement ou grièvement blessée du fait :
  - de la procédure de largage, de dépose ou de récupération de personnels ou de matériels ;
  - de l'usage des matériels spécifiques au largage, à la dépose ou à la récupération de personnels ou de matériels et associés à l'aéronef ;
  - de l'interaction entre l'aéronef et le personnel largué, déposé ou récupéré ;
- l'aéronef subit des dommages ou une rupture structurelle tels que définis au 1.2.2.1. Accident aérien d'aéronef habité :
  - résultant du largage, de la dépose ou de la récupération en eux-mêmes ;
  - résultant de l'usage de tout matériel spécifique au largage, à la dépose ou à la récupération de personnels ou de matériels.