

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2020-13-I

Date de l'évènement	22 octobre 2020
Lieu	Aérodrome de Romorantin Pruniers (Loir et Cher)
Type d'appareil	2 planeurs Centrair 201B Marianne
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	RESEDA, BEA-É et <i>Google Earth</i>	8
Figure 2	RESEDA, BEA-É et Géoportail	9
Figure 3	DIRCAM/DIA	12
Figure 4	BEA-É	13
Figure 5	armée de l'Air et de l'Espace/BEA-É	13
Figure 6	armée de l'Air et de l'Espace	14
Figure 7	RESEDA, BEA-É	19
Figures 8 et 9	BEA-É	20

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement des vols.....	7
1.2. Dommages corporels.....	9
1.3. Dommages aux aéronefs	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur les équipages.....	10
1.6. Renseignements sur les aéronefs	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	11
1.9. Télécommunications	12
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	12
1.11. Enregistreurs de bord.....	12
1.12. Constatations sur les aéronefs et sur la zone de l'incident	13
1.13. Renseignements médicaux.....	14
1.14. Incendie.....	15
1.15. Organisation des secours	15
1.16. Essais et recherches	15
1.17. Renseignements sur les organismes.....	15
1.18. Renseignements supplémentaires	16
2. Analyse.....	19
2.1. Expertises techniques.....	19
2.2. Séquence de l'évènement.....	21
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	21
3. Conclusion	31
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Causes de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	35
ANNEXES.....	37

GLOSSAIRE

CFAMI	Centre de formation aéronautique militaire initiale
EFPN	Écoles de formation du personnel navigant
EIVV	Escadron d'instruction au vol à voile
FLARM	<i>Flight alarm</i> , système d'alerte de trafic
RESEDA	Restitution des enregistreurs d'accidents
REVV	Répertoire d'emploi du vol à voile
ZPA	Zone de perte d'altitude

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 22 octobre 2020 à 13h49

Lieu de l'évènement : aérodrome de Romorantin Pruniers LFYR (Loir et Cher)

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

Commandement organique : direction des ressources humaines de l'armée de l'Air (DRHAA)/écoles de formation du personnel navigant (EFPN)

Unité : escadron d'instruction au vol à voile (EIVV) 21.535 Chambord

Aéronefs : 2 planeurs Centrair 201B Marianne immatriculés F-TFUX (Z100) et F-SDXR (Z93)

Nature du vol : instruction

Nombre de personnes à bord : 1 dans le Z100 et 1 dans le Z93

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Du 19 au 23 octobre 2020, à l'EIVV 21.535 Chambord de Romorantin, se déroule un stage de formation au pilotage de planeur au profit d'élèves de l'École de l'air. Le jeudi 22 octobre, les vols débutent vers 12h30. Le Z100 est remorqué à la hauteur de 900 mètres pour un premier vol solo de l'élève-pilote. Un peu plus tard, le Z93 est largué à la même hauteur. Le Z100 se pose sans encombre et est remorqué à nouveau, avec le même élève, à une hauteur de 350 mètres. Le Z93 est alors en phase de perte d'altitude avant d'intégrer le circuit de piste. Le Z100 s'annonce en numéro 2 et s'intègre derrière lui. Le Z93 atterrit et s'efforce de libérer la piste en déviant sa trajectoire vers la gauche. Le Z100 se pose à son tour et entame une phase de décélération suivie d'une tentative de dégagement de la piste. À une vitesse d'environ 30 kilomètres par heure, l'aile gauche du Z100 entre en collision avec l'arrière du Z93.

Les deux élèves-pilotes sont indemnes. Les deux planeurs sont endommagés.

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 directeur d'enquête de sécurité adjoint (BEA-É) ;
- un expert technique (BEA-É) ;
- un pilote ayant une expertise sur planeur Marianne ;
- un mécanicien ayant une expertise sur planeur Marianne ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

Autre expert consulté

- direction générale de l'armement – Essais propulseurs/restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement des vols

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne générale suivant les règles de vol à vue (CAG VFR¹)

Type de mission : instruction

Dernier point de départ : aérodrome de Romorantin Pruniers (LFYR)

Heure de départ : 13h28 pour le Z93 ; 13h41 pour le Z100

Point d'atterrissage prévu : aérodrome de Romorantin Pruniers

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte des vols

Du 19 au 23 octobre 2020, dans le cadre de leur formation d'élève-pilote, dix élèves de l'École de l'air suivent un stage de planeur à l'EIVV 21.535 Chambord de Romorantin. Ces élèves-pilotes sont en formation afin d'obtenir le brevet de pilote de planeur qui est un jalon important dans leur cursus avant de continuer leur formation sur aéronef motorisé. Ils ont déjà effectué plusieurs stages de planeur dans les trois centres de formation planeur de l'armée de l'Air et de l'Espace à Salon-de-Provence, Saintes et Romorantin. Un onzième stagiaire, sous-officier en cours d'acquisition d'expérience pour pouvoir devenir instructeur, est intégré au groupe. Certains stagiaires comme l'élève-pilote 1 n'ont pas encore effectué de vol seul à bord (dit vol solo, une fois « lâché »), les autres dont l'élève-pilote 2 ont déjà effectué des vols solo lors d'un précédent stage. À l'EIVV Chambord, l'instruction se fait principalement sur des planeurs Marianne.

Les stagiaires commencent la semaine de formation le lundi 19 octobre par une présentation d'accueil qui détaille les conditions dans lesquelles va se dérouler le stage, les consignes pour la mise en œuvre des planeurs et les procédures de sécurité. Les spécificités des vols à l'EIVV Chambord sont présentées, notamment l'utilisation de la piste la plus proche de l'EIVV en deux demi-bandes : la demi-bande côté nord est utilisée pour les décollages et la demi-bande côté sud pour les atterrissages.

Ensuite, le briefing pour les vols de la journée est effectué et les vols commencent en début d'après-midi. Tous les stagiaires volent avec un instructeur pour le premier vol du stage. Les élèves-pilotes qui ont déjà effectué des vols solo lors d'un stage précédent, dont l'élève-pilote 2, continuent ensuite les vols seuls à bord, tandis que les autres restent avec un instructeur.

Le lendemain, la météo ne permettant pas les vols en planeur à Romorantin à cause du vent trop violent, aucun vol n'a lieu.

Le mercredi 21 octobre, les vols se déroulent selon le schéma habituel : briefing le matin, vols l'après-midi. Cependant, la force du vent est trop importante pour permettre aux élèves de voler en solo, seuls des vols avec instructeur ont lieu. En fin de journée, l'instructeur de l'élève-pilote 1 considère qu'il a un niveau suffisant pour voler en solo et lui annonce qu'il fera son prochain vol seul à bord.

1.1.2.2. Préparation des vols

Le jeudi 22 octobre, le programme de la journée suit le rythme habituel. Les stagiaires préparent les planeurs et les sortent du hangar, puis le briefing a lieu à partir de 10 heures. Pendant celui-ci, le chef de stage présente la météo de la journée et assigne les planeurs et les instructeurs aux élèves. L'élève-pilote 1 se voit attribuer le planeur Z100 et l'élève-pilote 2 le Z93, tous les deux pour des vols en solo à distance de planer de l'aérodrome. Après le repas de midi, les stagiaires effectuent la visite avant vol de leur planeur et les amènent au seuil de piste pour être prêts au départ.

1.1.2.3. Description des vols et des éléments qui ont conduit à l'évènement

Les vols débutent vers 12h30. Le Z100 est remorqué en premier à la hauteur de 900 mètres pour le premier vol solo de l'élève-pilote 1. Un peu plus tard, le Z93 est largué à la même hauteur. Le Z100 se pose en premier au bout de 24 minutes de vol.

Le chef de stage, qui pilote l'avion remorqueur, surveille à chaque rotation l'avancée vers l'aérodrome d'une averse susceptible de provoquer l'arrêt des vols.

¹ VFR : *visual flight rules*, règles de vol à vue.

Une fois que les 11 planeurs ont été remorqués pour leur premier vol de la journée, il décide de diminuer la hauteur des remorquages afin d'avoir des rotations plus rapides et de permettre à chaque planeur de faire un deuxième vol avant l'arrivée imminente de l'averse. Il prévient donc l'élève-pilote 1, attelé avec le Z100 derrière le remorqueur, que la rotation sera un « petit tour ».

À 13h41, le Z100 est ainsi remorqué à une hauteur de 350 mètres, en bordure de la zone de perte d'altitude (ZPA). L'élève-pilote 1 détecte alors le Z93, qui est déjà en ZPA à une hauteur de 400 mètres, en phase de perte d'altitude avant d'intégrer le circuit de piste. L'élève-pilote 2, à bord du Z93, voit le Z100 et libère la ZPA pour lui laisser la place. Il commence donc son circuit de piste même s'il sait être plus haut que la hauteur prévue pour cela et annonce à la radio son entrée dans le circuit. L'élève-pilote 1 s'annonce alors à la radio en numéro deux et s'intègre dans le circuit de piste derrière le Z93. Afin de s'espacer et d'augmenter l'intervalle de temps entre les atterrissages, l'élève-pilote 1 allonge son circuit de piste pour s'éloigner du Z93.

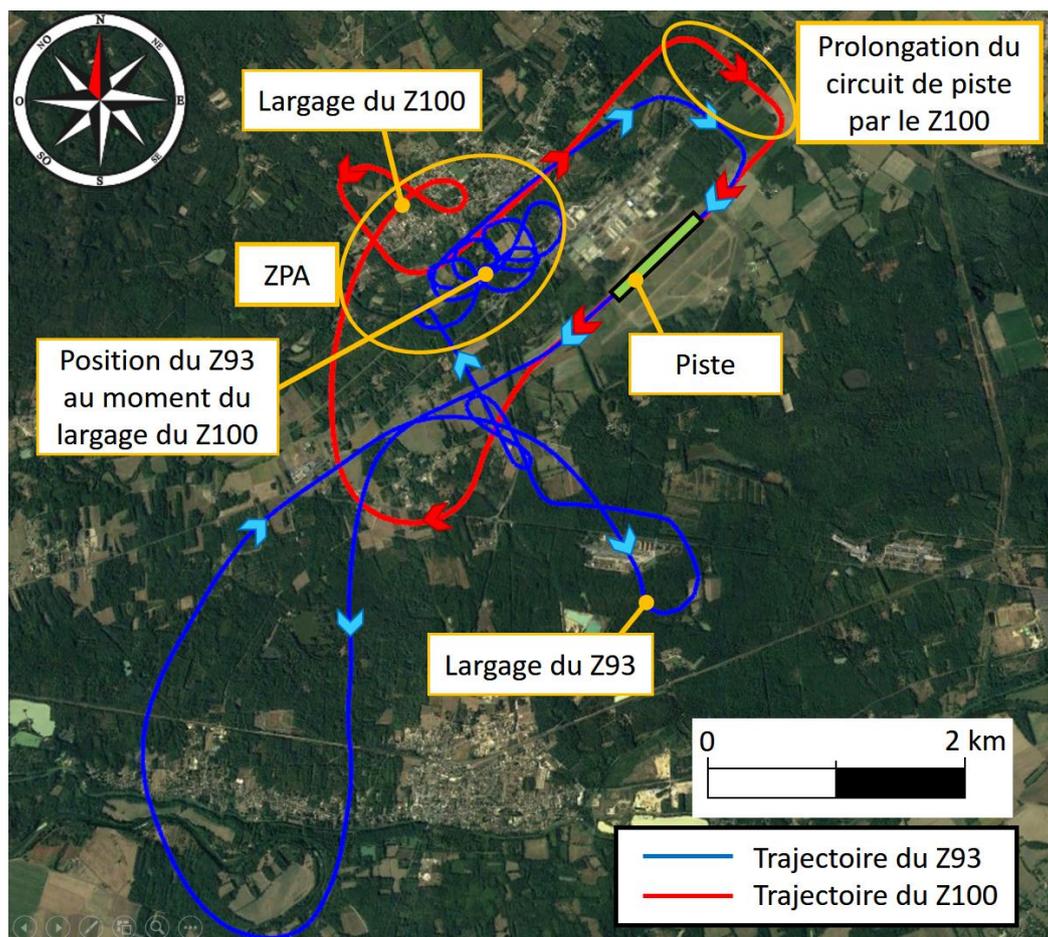


Figure 1 : trajectoires en vol du Z93 et du Z100

Le Z93 atterrit et l'élève-pilote 2 s'efforce de libérer la piste en déviant sa trajectoire vers la gauche. Le Z93 s'immobilise sur le côté gauche à 13h47, presque entièrement sorti de la piste et en formant un angle de quelques dizaines de degrés avec l'axe de celle-ci.

1.1.2.4. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol du Z100

Le Z100 arrive en finale pour son atterrissage peu après l'arrêt en bord de piste du Z93. Le surveillant des vols, placé au seuil de piste, constate que le Z100 est trop bas par rapport au plan d'approche standard et demande à l'élève-pilote 1 de rentrer les aérofreins². Ce dernier suit la consigne, revient sur le plan d'approche standard et poursuit son atterrissage sans encombre. Une fois posé au sol à 13h48, soit 80 secondes environ après le Z93, le surveillant des vols lui demande de continuer sa décélération dans l'axe de piste. Le Z100 incurve lentement sa trajectoire vers la gauche, puis plus franchement quelques dizaines de mètres plus loin,

² Les aérofreins sont des commandes de vol d'un aéronef permettant d'augmenter la traînée pour réduire la vitesse ou renforcer le plan de descente, notamment sur les planeurs, qui ne peuvent réguler la puissance moteur à cet effet.

avant de redresser légèrement sa trajectoire vers l'axe de piste. Pendant ces évolutions en lacet alors qu'il est au roulage au sol, le planeur penche un peu sur le côté et le surveillant des vols demande à la radio de remettre les ailes à l'horizontale.

Quelques secondes plus tard, alors qu'il roule à 30 kilomètres par heure environ, l'aile gauche du Z100 heurte la dérive du Z93. La verrière du Z93, qui était ouverte, tombe sur la tête de l'élève-pilote 2, qui commençait à sortir du poste de pilotage. Ce dernier retombe sur son siège.

Le Z100 s'immobilise quelques mètres plus loin sur la piste, orienté en sens opposé par rapport à la direction d'atterrissage. Le Z93 a été poussé vers l'avant avec une rotation de quelques dizaines de degrés vers la gauche (en sens antihoraire).

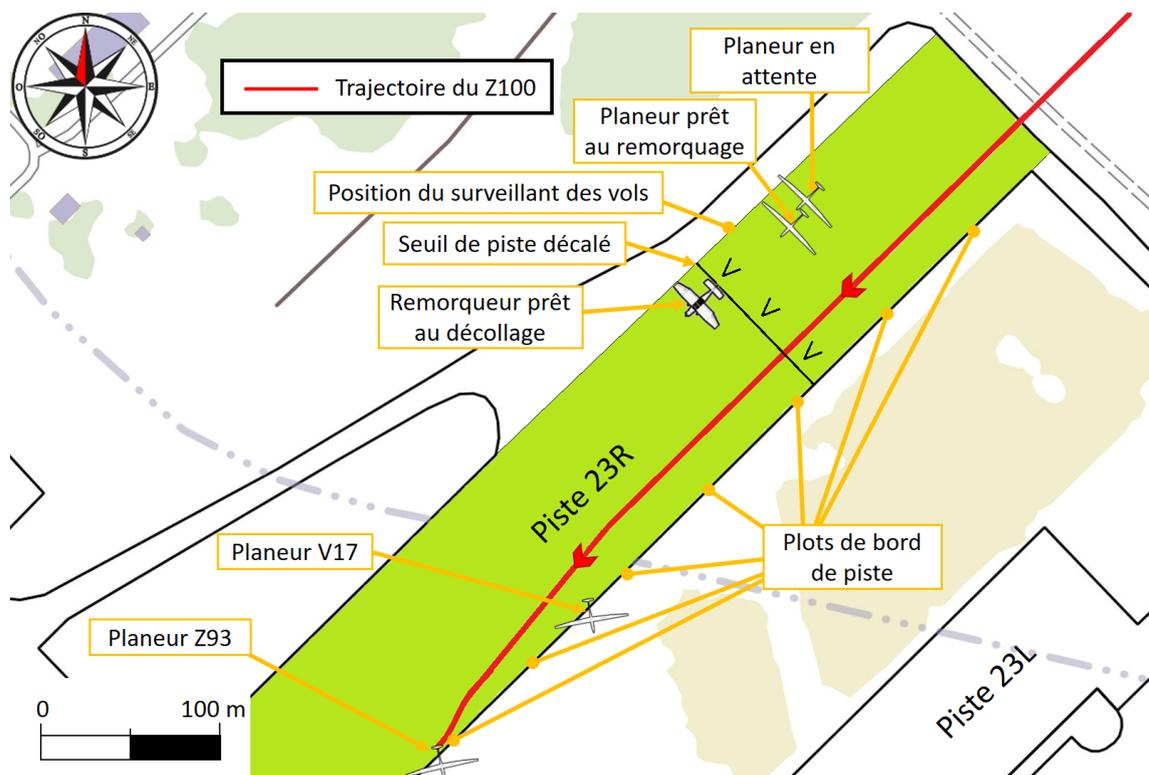


Figure 2 : trajectoire au sol du Z100 lors de son atterrissage et position des autres planeurs ; les aéronefs ont été grossis d'un facteur trois pour être plus visibles

L'avion remorqueur décolle quelques secondes plus tard avec un planeur. Les élèves-pilotes 1 et 2 indiquent aux témoins qui accourent qu'ils vont bien. L'activité se poursuit ensuite en continuant à utiliser la piste 23R jusqu'à l'arrivée de l'averse qui interrompt les vols quelques dizaines de minutes, puis reprend jusqu'à 17h30 environ.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Loir et Cher (41)
 - commune : Pruniers-en-Sologne
 - coordonnées géographiques : N 47°19'02", E 001°41'27"
 - altitude du lieu de l'évènement : 85 mètres
- Moment : jour

1.2. Dommages corporels

Les deux élèves-pilotes sont indemnes.

1.3. Dommages aux aéronefs

Les deux planeurs sont endommagés.

1.4. Autres dommages

Des sillons ont été creusés dans la piste en herbe par les roues et l'extrémité de l'aile gauche du Z100. Les roues du Z93 ont aussi creusé la terre à côté de la piste.

1.5. Renseignements sur les équipages

1.5.1. Élève-pilote 1 (Z100)

- Âge : 21 ans
- Unité d'affectation : École de l'air/centre de formation aéronautique militaire initiale (CFAMI)
- Fonction dans l'unité : élève-pilote
- Qualification : aucune
- Heures de vol comme pilote (toutes sur planeur) :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C201B	sur tout type	dont C201B	sur tout type	dont C201B
Total	25 heures	8 heures	25 heures	8 heures	1 heure et 30 minutes	39 minutes
Dont solo	24 minutes	24 minutes	24 minutes	24 minutes	24 minutes	24 minutes

- Date du précédent vol : le jour même, durée 24 minutes (effectué en solo)
- Date du premier vol solo : le jour même

1.5.2. Élève-pilote 2 (Z93)

- Âge : 22 ans
- Unité d'affectation : École de l'air/CFAMI
- Fonction dans l'unité : élève-pilote
- Qualification : aucune
- Heures de vol comme pilote (toutes sur planeur) :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont C201B	sur tout type	dont C201B	sur tout type	dont C201B
Total	27 heures	10 heures	18 heures	10 heures	1 heure et 10 minutes	1 heure et 10 minutes
Dont solo	2 heures	1 heure	2 heures	1 heure	20 minutes	20 minutes

- Date du précédent vol : 19 octobre 2020 (effectué en solo)
- Date du premier vol solo : 20 août 2020

1.6. Renseignements sur les aéronefs

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : EFPN
- Aérodrome de stationnement : détachement aérien 273 Romorantin
- Unité d'affectation : EIVV Chambord

– Type d’aéronef :

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis GV ³	Heures de vol depuis IA ⁴
Cellule Z93	Centrair 201B	201B093	6663	669	182
Cellule Z100	Centrair 201B	201B100	7575	75	75

Le Z93 est sorti de GV le 6 décembre 2016 et d’IA le 14 janvier 2020. Il a aussi eu une IPE⁵ le 24 août 2020.

Le Z100 est sorti de GV le 25 juin 2020.

1.6.1. Maintenance

La maintenance des deux planeurs est conforme au plan d’entretien approuvé et aux normes de maintien de la navigabilité.

Cependant, la qualité de la réalisation de certaines opérations de maintenance n’est pas au standard basique des règles de l’art enseignées pour assurer la sécurité aérienne.

1.6.2. Performances

Les performances des deux planeurs sont nominales.

1.6.3. Masse et centrage

- Masse au décollage du Z93 : 571 kilogrammes
- Masse au décollage du Z100 : 569 kilogrammes

Les masses à l’atterrissage sont inchangées.

Le centrage est dans la norme pour les deux planeurs.

1.6.4. Liquide de frein

- Type de fluide utilisé : H-542
- Quantité théorique dans le circuit de freinage : environ 10 centilitres

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les prévisions météo pour le début d’après-midi du jeudi 22 octobre 2020 à Romorantin sont une température de 20 °C au sol et de 0 °C à 3 000 mètres d’altitude, un vent près du sol de 10 à 20 kilomètres par heure venant du cap 210° à 230°, une couche nuageuse fragmentée entre 2 400 et 3 000 mètres d’altitude avec localement des nuages orageux provoquant des averses.

1.7.2. Observations

Les observations au moment de l’évènement confirment les prévisions, avec un vent d’environ 10 kilomètres par heure venant du cap 210° à 215° et une averse orageuse qui passe sur l’aérodrome quelques minutes après l’évènement.

1.8. Aides à la navigation

Les planeurs Marianne ne sont munis d’aucun moyen d’aide à la navigation.

³ GV : grande visite ; cette visite est réalisée tous les cinq ans et inclut les opérations de maintenance de l’inspection annuelle (IA).

⁴ IA : inspection annuelle ; cette visite doit être réalisée lorsque le planeur atteint la première butée entre un an ou 500 heures de vol depuis la dernière IA.

⁵ IPE : inspection de petit entretien ; cette visite doit être réalisée lorsque le planeur atteint la butée de 100 heures de vol depuis la dernière IA ou IPE ou après remontage du planeur en cas de transport démonté.

1.9. Télécommunications

Les planeurs Marianne sont chacun équipés d'un poste radio VHF⁶. Au moment de l'évènement, les planeurs sont sur la fréquence de l'aérodrome pour communiquer en auto-information et avec le surveillant des vols.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Romorantin Pruniers (LFYR) est muni de deux pistes parallèles en herbe. La piste 23R, en service le jour de l'évènement, fait 1100 mètres de long pour 100 mètres de large. Toutes les communications radio se font en auto-information sur la fréquence réservée pour l'aérodrome.

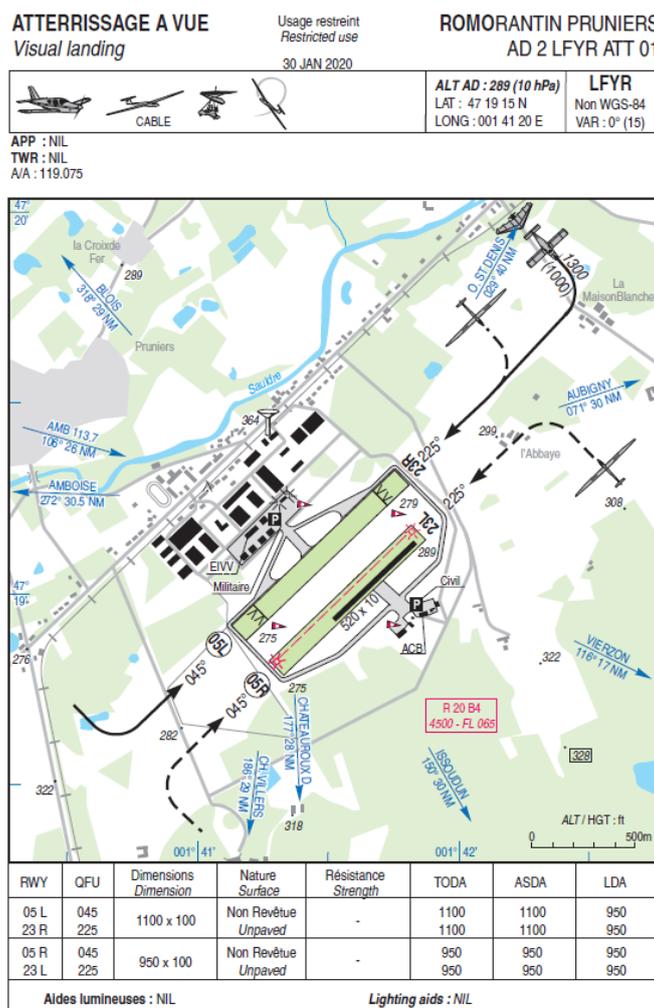


Figure 3 : extrait de la carte d'approche à vue de l'aérodrome de Romorantin Pruniers

1.11. Enregistreurs de bord

Les planeurs Marianne de l'EIVV Chambord ne sont pas munis d'enregistreur d'accident. Ils sont toutefois munis d'un système d'alerte de trafic *Flight alarm* (FLARM) qui enregistre la position du planeur toutes les quatre secondes. Les données des FLARM des 11 planeurs exploités le jour de l'évènement ont été extraites pour analyse.

⁶ VHF : *very high frequency*, très haute fréquence.

1.12. Constatations sur les aéronefs et sur la zone de l'incident

1.12.1. Examen du planeur Z100

Le bord d'attaque de l'aile gauche du Z100 est enfoncé à 2,6 m de l'extrémité de l'aile, sur une profondeur de 12 centimètres et une largeur de 35 centimètres environ.



Figure 4 : endommagement du bord d'attaque de l'aile gauche du Z100, vu du dessus

Le pneu de la roue avant a glissé par rapport à la jante, ce qui empêche l'utilisation de la valve de gonflage. Le bol de réserve de liquide de frein est vide et des traces de suintement sont visibles en contrebas de celui-ci. Le freinage reste toutefois efficace. La roulette en extrémité de l'aile gauche est chargée de terre et d'herbe.

1.12.2. Examen du planeur Z93

La gouverne de direction du Z93 est découpée à mi-hauteur et délaminiée au niveau du bord de fuite. La ferrure supérieure de liaison à la dérive est tordue et un impact de la masse d'équilibrage est visible à l'intérieur de la dérive.



Figure 5 : endommagement de la dérive du Z93, avec sur la droite une vue en gros plan du délaminiage

Le pneu de la roue avant a aussi glissé par rapport à la jante, ce qui empêche l'utilisation de la valve de gonflage.

1.12.3. Examen de la zone de la collision

Les roues des deux planeurs et l'extrémité de l'aile gauche du Z100 ont creusé des sillons dans la terre en arc de cercle, de quelques centimètres de profondeur. Le pneu de la roue principale du Z100 est complètement enfoncé dans la terre.



Figure 6 : traces laissées au sol par le Z93 en haut et par le Z100 en bas

La trace de roulement lors de l'atterrissage du Z100 est clairement visible sur l'herbe de la piste et permet de connaître sa trajectoire au sol.

1.13. Renseignements médicaux

1.13.1. Élève-pilote 1 (Z100)

- Dernier examen médical :
 - type : expertise en centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 18 novembre 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.13.2. Élève-pilote 2 (Z93)

- Dernier examen médical :
 - type : expertise médicale de classe 2⁷ en CEMPN du 28 janvier 2020
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Organisation des secours

Les deux élèves-pilotes évacuent chacun leur aéronef par leurs propres moyens.

Les personnes présentes au sol près de la piste, témoins de l'incident, accourent auprès des deux élèves-pilotes. Ces derniers signalent qu'ils vont bien et ne sont pas blessés. Les secours ne sont pas appelés et les deux élèves-pilotes ne sont pas examinés par un personnel médical.

1.16. Essais et recherches

L'exploitation des données des FLARM est confiée à RESEDA.

L'analyse des facteurs organisationnels et humains est réalisée par le BEA-É.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. École de l'air

L'École de l'air, implantée sur la base aérienne 701 de Salon-de-Provence, assure la formation initiale de l'ensemble des officiers de l'armée de l'Air et de l'Espace. Cette formation s'opère sur trois axes : une formation académique, une formation militaire et une formation aéronautique. Pour cette dernière, l'École de l'air s'appuie sur le CFAMI.

1.17.2. Centre de formation aéronautique militaire initiale

Le CFAMI est une unité aérienne des EFPN stationnée sur la base aérienne 701 de Salon-de-Provence. Cette unité assure la formation initiale théorique et pratique du personnel navigant de l'armée de l'Air et de l'Espace ainsi que certaines formations au profit de stagiaires d'autres spécialités.

Le centre dispose de plusieurs escadrons, dont l'EIVV Sainte Victoire localisé lui aussi sur la base aérienne de Salon-de-Provence, qui permettaient auparavant d'assurer les différentes phases initiales de la formation des élèves avant de continuer sur les bases aériennes de Cognac et Avord selon les spécialités. Cependant la décision d'imposer la formation initiale sur planeur jusqu'à l'obtention du brevet ne permet plus à l'EIVV Sainte Victoire d'assurer seul toute la formation planeur des élèves-pilotes de l'École de l'air. Celle-ci est donc répartie entre les EIVV Sainte Victoire, Cordouan (sur la base aérienne 722 de Saintes) et Chambord. Un conseiller vol à voile affecté à l'état-major des EFPN assure la coordination entre ces trois centres.

1.17.3. Escadron d'instruction au vol à voile Chambord

L'EIVV Chambord est une des unités stationnées au sein du détachement aérien 273 de Romorantin. Cet escadron, entre autres missions, délivre une formation initiale au pilotage de planeur aux élèves-officiers du personnel navigant, qui est un prérequis pour débiter leur formation sur avion. Il s'agit d'acculturer les stagiaires pilotes à l'aéronautique militaire et de leur transmettre les connaissances et techniques de base du vol, de développer leur esprit de décision et leur autonomie. Cette formation conduit normalement à la délivrance de la licence européenne de pilote de planeur. L'EIVV participe également à l'élaboration de la pré-orientation des élèves-pilotes à la fin de leur cursus académique.

⁷ Référence au règlement européen n° 1178/2011 de la commission du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile.

Les pilotes instructeurs sont des sous-officiers issus de diverses spécialités de l'armée de l'Air et de l'Espace qui ont bénéficié d'une formation d'instructeur au centre national de vol à voile de Saint-Auban où ils suivent le cursus de formation civil.

L'EIVV Chambord dispose de quatre avions remorqueurs et de planeurs monoplaces ou biplaces, principalement de type Marianne.

1.17.4. Surveillant des vols

Pour les vols en planeur avec des élèves-pilotes en solo, l'armée de l'Air et de l'Espace impose la présence d'un surveillant des vols. Ce rôle est tenu par un instructeur qui se place près du seuil de la piste en service afin de pouvoir surveiller le circuit de piste des élèves-pilotes solo et de vérifier la qualité de leurs décollages et atterrissages. Pour le vol à proximité immédiate de l'aérodrome, le surveillant des vols supervise l'intégration et le respect du circuit de piste, les hauteurs de vol, etc. Il prodigue des consignes pour leur bonne exécution et améliorer la sécurité aérienne dans la zone. Il est muni d'un poste radio pour pouvoir communiquer aux élèves ces consignes. Pour l'aider dans son rôle, il est aussi muni d'une tablette électronique connectée, qui récupère les informations de position émises par les FLARM des planeurs et lui donne une situation aérienne globale actualisée avec une fréquence inférieure à la minute.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Début du cursus de formation des pilotes de l'armée de l'Air et de l'Espace

Les élèves de l'École de l'air recrutés pour rejoindre le corps des officiers du personnel navigant de l'armée de l'Air et de l'Espace commencent leur cursus de formation au pilotage par des stages de planeur. Pour continuer la formation et poursuivre sur avion motorisé dans les phases suivantes, les élèves-pilotes doivent obtenir le brevet de pilote de planeur. Ces stages permettent à la fois d'amener les élèves-pilotes au niveau nécessaire pour l'obtention de ce brevet et d'évaluer leurs capacités pour l'emploi de pilote ou de navigateur. L'orientation entre pilote d'avion de chasse, d'avion de transport, d'hélicoptère ou navigateur officier systèmes d'arme (NOSA) se fait lors d'une phase suivante du cursus de formation, mais un pronostic sur leurs chances de réussite est exprimé en prenant en compte notamment la phase de vol planeur. Cette phase d'apprentissage sur planeur joue donc un rôle important sur la suite de la carrière.

1.18.2. Manœuvre de dégagement

Le dégagement est une manœuvre qui consiste, sur la fin du roulage pendant l'atterrissage, à utiliser les palonniers pour faire pivoter le planeur sur l'axe de lacet et ainsi l'orienter vers le bord de piste. Cela permet d'amener le planeur à libérer la piste sur sa propre inertie et à s'arrêter au bord de la piste. Ainsi, il n'est pas nécessaire de devoir libérer rapidement la piste en poussant le planeur à la main ou en le tirant avec un véhicule adapté comme après un atterrissage standard, pour lequel le planeur est maintenu sur l'axe central de la piste jusqu'à la fin de la décélération.

1.18.3. Documentation d'emploi des planeurs de l'armée de l'Air et de l'Espace

1.18.3.1. Répertoire d'emploi du vol à voile

Depuis fin 2015, les EFPN de l'armée de l'Air et de l'Espace éditent un document qui sert de référence pour l'activité planeur, le répertoire d'emploi du vol à voile (REVV). Ce document reprend le canevas général du répertoire d'emploi des autres aéronefs de l'armée de l'Air et de l'Espace. L'édition 2.1, en vigueur à la date de l'évènement, stipule au titre H – Atterrissage :

Sauf consignes particulières, l'atterrissage doit s'effectuer sur la partie médiane de la piste.

En règle générale, le freinage aérodynamique et l'utilisation des gouvernes pour maintenir l'appareil dans l'axe doivent être utilisés avant d'avoir recours aux freins de roues.

Il n'est fait aucune mention du dégagement.

1.18.3.2. Manuel de travail aérien pilotage planeur

Les EFPN éditent aussi un manuel de travail aérien qui sert à la formation sur planeur des élèves-pilotes de l'armée de l'Air et de l'Espace. Ce manuel sert de base aux cours théoriques qui sont dispensés aux élèves-pilotes pour leur formation sur planeur.

L'édition en vigueur à la date de l'évènement précise dans le paragraphe dédié au roulement, dans le chapitre « Atterrissage – Roulement » :

Dès le toucher avec le sol, sortir tous les AF⁸.

Le roulement après atterrissage se fait selon la même logique que le roulement avant décollage.

Les commandes sont indépendantes :

- *maintien de l'inclinaison nulle avec le manche en gauchissement ;*
- *maintien de l'axe avec les palonniers.*

L'efficacité des commandes va diminuer avec la vitesse.

Le maintien du manche en arrière aidera à garder l'axe et participera au freinage.

Le frein de roue sera employé modérément jusqu'à l'arrêt.

Attention à l'effet girouette en cas de vent de travers.

L'atterrissage est terminé lorsque le planeur est arrêté, une aile posée au sol.

Il n'est également fait aucune mention du dégagement.

1.18.3.3. Manuel du pilote vol à voile

En complément du manuel de travail aérien pilotage planeur, les élèves-pilotes de l'École de l'air disposent pour leur formation théorique du manuel du pilote vol à voile à sa dernière édition, dont il leur est fourni un exemplaire au début de la formation. Ce manuel est la référence pour la formation au pilotage d'un planeur dans un cadre civil. Le manuel de l'armée de l'Air et de l'Espace reprend les mêmes éléments que ce dernier concernant l'atterrissage. Il n'est fait aucune mention du dégagement dans l'édition en vigueur à la date de l'évènement.

1.18.3.4. Mémento instructeur

Les instructeurs planeur de l'armée de l'Air et de l'Espace ont à leur disposition un mémento qui recense de façon concise les différents points à enseigner aux élèves-pilotes pendant leur formation sur planeur. La fiche concernant l'atterrissage (cf. annexe) précise comme premier élément dans la séquence d'action pour l'atterrissage qu'il faut maintenir l'axe. Le troisième élément de cette séquence est le maintien des ailes à l'horizontale, afin d'éviter que l'extrémité d'une aile touche le sol et provoque un retournement du planeur, ce qu'on appelle un « cheval de bois ».

1.18.3.5. Briefing arrivée

En début de stage à l'EIVV Chambord, les stagiaires ont un briefing général donnant les consignes particulières d'organisation et de sécurité concernant le déroulement du stage et des vols. Ce briefing est réalisé en utilisant comme support une présentation informatique comportant presque exclusivement des images et très peu de texte. Les planches concernant le circuit de piste ne font rien apparaître concernant la trajectoire de roulage à l'atterrissage. Il n'est représenté que la séparation de la piste en deux demi-bandes, l'une dédiée aux décollages côté nord et l'autre aux atterrissages côté sud.

La version précédente de cette présentation qui n'est plus utilisée comportait à l'inverse principalement du texte. Une des planches de cette dernière précisait, concernant l'atterrissage :

- *entrée en vent arrière entre 250 et 300 mètres ;*
- *se poser dans l'axe. Si nécessaire, en fin de roulage (vitesse maîtrisée), dégager la piste par un changement d'axe de 20 à 30° maximum.*

⁸ AF : aérofreins.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première expose les résultats des expertises techniques, la deuxième décrit la séquence de l'évènement et la troisième en identifie les causes.

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Exploitation des FLARM et des traces au sol du Z93 et du Z100

L'exploitation des FLARM combinée avec celle des traces laissées au sol par les planeurs permet d'avoir une bonne précision sur les positions et trajectoires des planeurs au sol.

2.1.1.1. Z93

Après son atterrissage, le Z93 s'immobilise sur le côté gauche de la piste à 13h48'03'' en formant un angle de près de 45° avec l'axe de celle-ci, la queue dépassant d'environ deux mètres sur la piste. Après la collision, le Z93 a avancé de trois mètres environ et pivoté de 60° en sens antihoraire.

Lorsque le Z93 s'immobilise, le Z100 commence son dernier virage pour s'aligner avec la piste pour atterrir. Au moment où le Z100 touche le sol, le Z93 est déjà arrêté depuis 55 secondes et sa queue dépasse d'environ deux mètres sur la piste.

2.1.1.2. Z100

Lors de son atterrissage, le Z100 touche le sol centré sur la demi-bande gauche à 13h48'58'', roule 120 mètres sur l'axe de cette demi-bande puis dérive lentement vers la gauche en tournant de 7°. 130 mètres plus loin, la trajectoire au sol du Z100 dévie franchement vers la gauche (19° à gauche de l'axe), avant de s'incurver légèrement vers la droite au bout de 20 mètres, soit 10 mètres avant le point de collision. Le planeur forme alors un angle de moins de 10° avec l'axe de piste et est décalé de 18 mètres à gauche du milieu de la demi-bande gauche utilisée pour l'atterrissage.

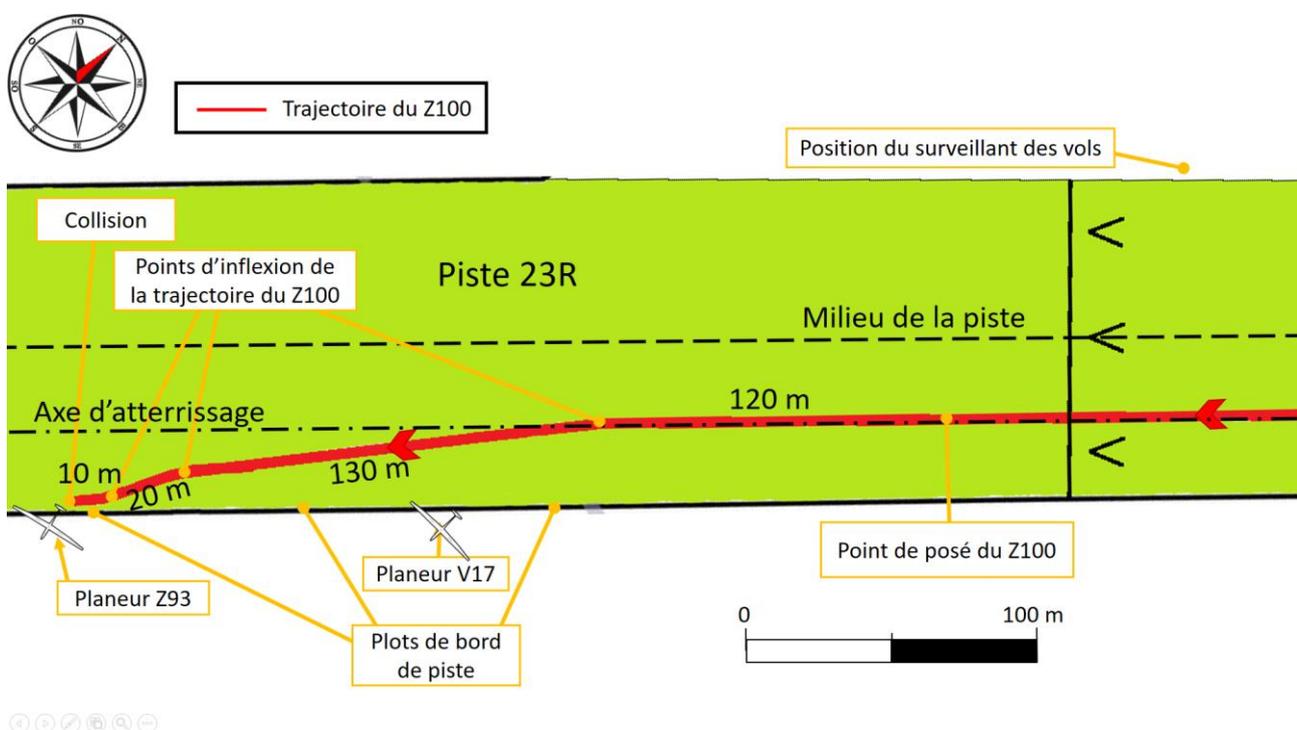


Figure 7 : trajectoire au sol du Z100 lors de son atterrissage

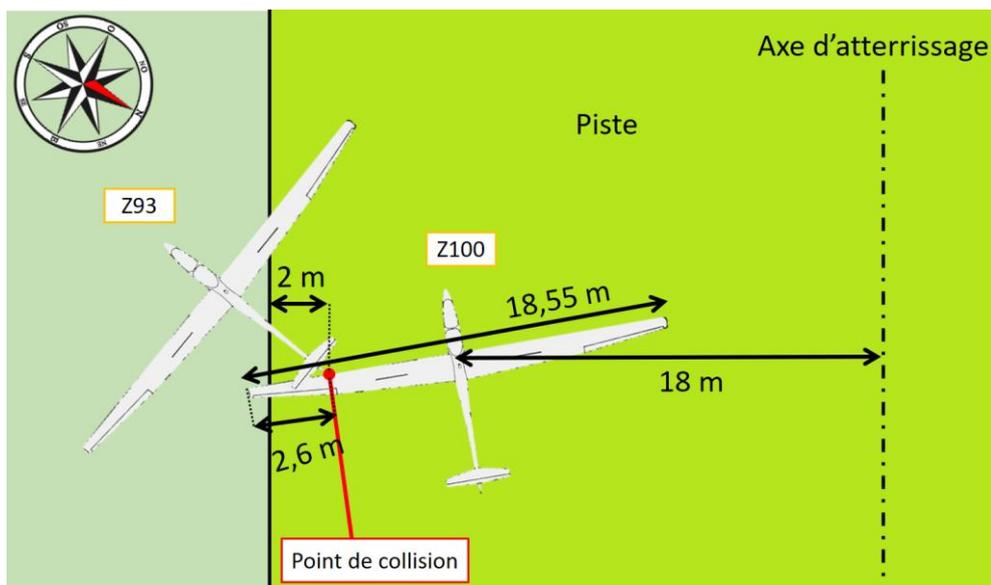


Figure 8 : position relative des deux planeurs au moment de la collision

Une reconstitution au moyen de la position des endommagements permet d'évaluer que le Z100 est en léger roulis à droite de l'ordre de 5° au moment de la collision.

Après la collision à 13h49'14'', le Z100 s'immobilise huit mètres plus loin sur la piste en ayant subi une rotation en sens antihoraire de 140° environ.

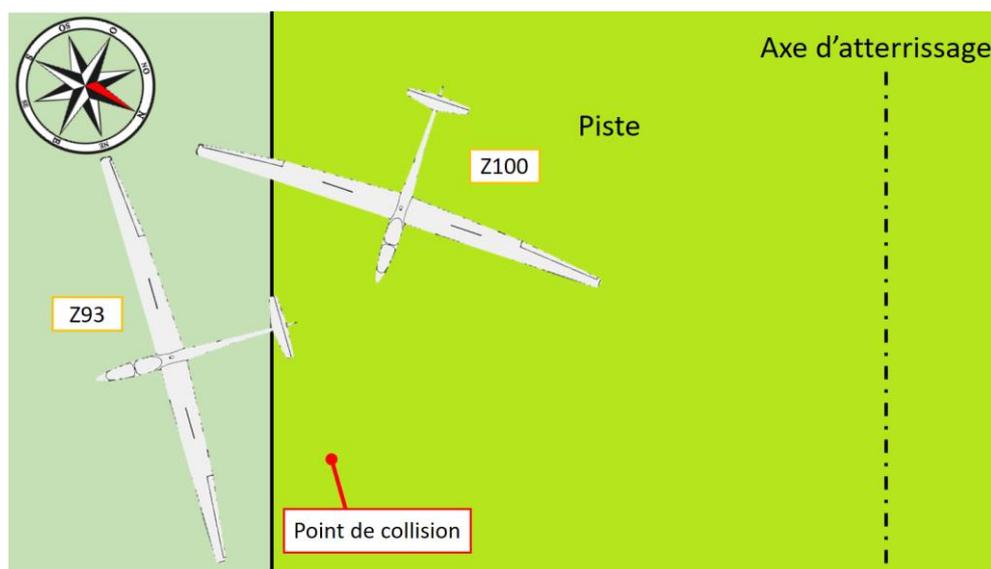


Figure 9 : position relative des deux planeurs après la collision

Lors de son atterrissage, le Z100 roule bien sur l'axe, puis dérive lentement puis franchement vers la gauche. La trajectoire se redresse juste avant le point de collision mais sans revenir parallèle à l'axe de piste. Au moment de la collision, le Z100 est en léger roulis à droite et 18 mètres à gauche de l'axe de la demi-bande gauche de la piste. La vitesse résiduelle calculée du Z100 au moment de la collision est de 28 km/h environ.

2.1.2. Exploitation des FLARM de l'ensemble des planeurs

Les données des vols de l'ensemble des planeurs ayant été utilisés sur ce stage indiquent que l'intégralité des atterrissages se sont conclus par un dégagement, amenant le planeur à sortir de piste sur sa propre inertie. La seule exception est un vol réalisé deux heures après l'évènement où le planeur s'arrête sur l'axe de piste avant d'arriver au niveau des planeurs Z93 et Z100 restés en place.

Le dernier vol de la journée se caractérise souvent par un dégagement à près de 90° de l'axe de piste afin de sortir directement sur le taxiway qui mène au hangar de stockage des planeurs, situé au milieu de la piste et perpendiculairement à celle-ci.

Concernant l'élève-pilote 1, l'ensemble des vols qu'il a fait pendant cette semaine de stage se sont conclus par un dégagement en fin de roulage à l'atterrissage. C'est notamment le cas à la fin de son premier vol solo qu'il a réalisé quelques minutes avant la collision, où il roule parallèle à l'axe de piste sur les 200 premiers mètres de son atterrissage avant d'opérer un dégagement franc vers le côté gauche pour libérer la piste.

Pendant ce stage et sur cette plateforme, le dégagement sur le côté de la piste en fin de roulage à l'atterrissage est la norme, y compris pour les vols solo. L'élève-pilote 1 a effectué un dégagement sur le côté à chacun des sept atterrissages qu'il a réalisés pendant cette semaine de stage, y compris lors de son premier vol solo qui a précédé le vol de l'évènement.

2.2. Séquence de l'évènement

En complétant avec les témoignages, la séquence de l'évènement peut se résumer par les moments clés suivants :

- le chef de stage/pilote du remorqueur constate qu'une averse approche et décide de faire une deuxième série de remorquages à plus faible hauteur ; il annonce à la radio que ce sera des « petits tours » ;
- le Z100 est largué à 350 mètres en bordure de la ZPA, alors que le Z93 est déjà en ZPA à 400 mètres ;
- le Z93 s'engage en vent arrière et l'annonce ;
- le Z100 s'annonce numéro deux et s'engage à la suite dans le tour de piste, qu'il prolonge pour avoir plus de distance de séparation ;
- le Z93 atterrit et dégage la piste sur le côté gauche ;
- le Z100 arrive trop bas sur le plan d'approche, le surveillant des vols demande des corrections aux aérofreins que l'élève-pilote 1 exécute ;
- le Z100 se pose ; le surveillant des vols demande via la radio à l'élève-pilote 1 de rester sur l'axe de piste ;
- l'élève-pilote 1 n'entend pas cette consigne et laisse le Z100 dériver lentement sur la gauche en vue d'un dégagement à gauche après le planeur V17 ;
- l'élève-pilote 1 initie le dégagement vers la gauche une fois dépassé le planeur V17 arrêté sur le bord de piste, voit alors un plot de bord de piste sur sa trajectoire et tente d'infléchir celle-ci vers la droite ;
- il voit alors le Z93 devant lui et cherche à repartir plus franchement sur la droite ;
- l'aile du Z100 s'abaisse, le surveillant des vols demande de remettre les ailes à plat à la radio ;
- l'élève-pilote 1 remet les ailes du Z100 à plat et continue le roulage, sans freiner car il cherche à passer au-delà du Z93 et pense avoir suffisamment de marge latérale pour ne pas entrer en collision avec celui-ci ;
- l'aile gauche du Z100 entre en collision avec la dérive du Z93 alors que le Z100 a une vitesse résiduelle de 28 km/h et est encore en léger roulis à droite.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes relevant des facteurs techniques

Aucune défaillance technique antérieure au vol et pouvant provoquer ou aggraver l'évènement n'a été relevée. Le système de freinage du Z100 est presque vidé de son liquide de frein, mais le freinage est encore efficace et l'élève-pilote 1 a indiqué ne pas avoir tenté un freinage en urgence mais avoir préféré laisser rouler le planeur pour aller au-delà du Z93.

Aucune cause technique n'est à l'origine de l'évènement.

2.3.2. Causes relevant des facteurs environnementaux

Au moment où le Z100 atterrit, un vent faible vient de face légèrement sur la gauche pour environ 10 à 15°. La légèreté d'un planeur favorise un effet girouette qui tend à axer le fuselage du planeur dans la direction du vent. Cet effet se renforce lorsque le planeur ralentit et que le vent relatif créé par son déplacement diminue en intensité. Lorsque le Z100 dérive vers la gauche pendant le deuxième tiers de sa trajectoire de roulage, il s'oriente naturellement vers la gauche face au vent et l'élève-pilote 1 laisse faire car cela l'emmène vers l'endroit où il compte arrêter le planeur. Il dérive vers la gauche en formant un angle de 7° avec l'axe de piste. Quand l'élève-pilote 1 initie le dégagement final après avoir dépassé le planeur V17, il est encore aidé par le vent. Par contre quand il veut redresser la trajectoire du planeur pour éviter le plot de bord de piste et le Z93, il est orienté 19° à gauche de l'axe de piste et il doit alors lutter contre le vent. De plus, il roule à une faible vitesse ce qui diminue l'efficacité des gouvernes et favorise l'effet girouette qui va dans le sens contraire à son intention. Ces effets sont toutefois à relativiser car le vent est d'intensité faible.

Il n'a été relevé aucune dégradation ou déformation de la piste qui aurait pu favoriser ou gêner les manœuvres au sol du Z100.

**L'orientation du vent a probablement favorisé le déport sur la gauche du Z100 et gêné le redressement de la trajectoire sur la fin du roulage.
L'état de la piste n'a pas contribué à l'évènement.**

2.3.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

2.3.3.1. Pression ressentie par l'élève-pilote 1

2.3.3.1.1. Nature et contexte du vol

Ce vol revêt un caractère important pour l'élève-pilote 1, qui vient de franchir le jalon du premier vol solo (« lâché »). Il lui reste maintenant à acquérir rapidement l'expérience suffisante en vol solo pour pouvoir atteindre le nombre d'heures de vol nécessaire pour l'obtention du brevet. Il sait que l'obtention de ce brevet n'est pas la seule condition pour pouvoir poursuivre dans les phases suivantes de sa formation et que chaque vol est évalué par les instructeurs pour la suite de sa carrière de pilote. Conscient des enjeux de la formation pour son avenir, il a donc une motivation particulièrement forte pour répondre aux attentes des instructeurs. Le contexte de la crise sanitaire lié à l'épidémie de COVID-19 a fait prendre du retard dans les stages de formation au pilotage de planeur et donc dans l'acquisition de l'expérience et des compétences nécessaires, alors que l'échéance approche pour l'obtention de ce brevet. Les élèves de l'École de l'air sont de plus dans l'incertitude quant à la nécessité d'obtention du brevet pour passer à la phase suivante, au vu de ce contexte exceptionnel. Ils cherchent toutefois à satisfaire aux conditions qui ont été fixées avant l'épidémie pour s'assurer de pouvoir continuer la formation de pilote. L'obtention du brevet exige notamment la réalisation de 10 vols seul à bord. Une fois « lâché » pour ces vols solo, le but pour les élèves est de réaliser le plus vite possible ces vols.

De plus, les stagiaires présents à Romorantin cette semaine-là sont confrontés à une mauvaise météo qui limite le nombre de vols qu'ils peuvent effectuer pendant ce stage. Ils cherchent donc à en tirer profit le plus possible pour parer aux aléas pour la suite de leur formation. À cela s'ajoute la panne d'un des deux véhicules utilisés pour tracter les planeurs au sol et les ramener au seuil de piste après l'atterrissage. Un dégagement en fin de roulage à l'atterrissage permet de libérer plus rapidement la piste en n'ayant pas à attendre de véhicule ou de l'aide pour pousser à la main le planeur sur le côté de la piste et ainsi à gagner du temps pour les vols.

Le contexte particulier du vol peut pousser l'élève-pilote 1 à s'astreindre à un haut niveau d'exigence dans la réussite du vol et à le rentabiliser au maximum en optimisant le temps de rotation, notamment en réalisant un dégagement en fin d'atterrissage.

2.3.3.1.2. Pression temporelle lors du vol

Lors de son premier vol solo, l'élève-pilote 1 est remorqué en premier et évolue ainsi seul dans la zone au début de son vol. Il arrive en premier en ZPA et peut se préparer à l'atterrissage à son rythme. Il se pose en premier et la piste est complètement dégagée de tout obstacle sur les côtés. Il réalise donc sereinement tout ce premier vol.

À l'inverse, pour son deuxième vol, l'élève-pilote 1 est largué directement en ZPA à une hauteur proche de celle où il doit commencer son tour de piste, ce qui lui laisse peu de temps pour faire sa liste de vérifications avant de commencer le tour de piste. Il est de plus largué à proximité immédiate d'un autre planeur et il y a plusieurs autres planeurs en vol qui vont bientôt devoir rejoindre la ZPA pour finir leur premier vol ou qui vont à leur tour être largués directement en ZPA pour leur second tour. La manœuvre de dégagement, qui permet de libérer la piste au plus vite pour les planeurs suivants, peut donc lui sembler la plus opportune.

La forte pression temporelle ressentie par l'élève-pilote 1 lors de ce second vol est un facteur contributif dans son choix de réaliser un dégagement lors de l'atterrissage.

2.3.3.2. Expérience de l'élève-pilote 1

2.3.3.2.1. Faible expérience

L'élève-pilote 1 totalise une expérience en vol très faible de 25 heures de vol dont seulement huit sur planeur de type Marianne. C'est son deuxième vol seul à bord, le premier ayant été réalisé quelques minutes auparavant. Il est en phase d'acquisition de compétences et de connaissances dans tous les domaines du vol. La complexité d'une situation peut donc rapidement le mettre en difficulté.

De plus, lorsqu'il se retrouve face au plot en plastique de bord de piste pendant son dégagement, il est impressionné par la taille du plot du fait de l'assise très basse dans un planeur qui fausse la notion de hauteur. Il ne sait pas qu'il peut rouler dessus sans risquer de dégâts importants pour le planeur. Il ne connaît pas suffisamment les capacités de freinage d'un Marianne pour savoir s'il peut s'arrêter avant le plot en appliquant le freinage maximal. Il préfère donc éviter le plot en inversant son virage, manœuvre très difficile à basse vitesse, notamment sur un planeur lourd comme le Marianne, en appui sur deux roues alignées et non orientables.

Enfin, la faible expérience de l'élève-pilote 1 l'a amené à sous-estimer l'envergure de son planeur et à penser pouvoir passer à côté du Z93 sans risque. Il n'a donc pas tenté de freiner pour s'arrêter avant la collision avec le Z93.

La faible expérience de l'élève-pilote 1 est un facteur contributif de l'évènement, qui se traduit notamment par des choix de stratégie erronés lors de la décélération sur la piste.

2.3.3.2.2. Consolidation difficile de l'expérience acquise

L'expérience en vol de l'élève-pilote 1 a été acquise sur de multiples types de planeurs différents. En seulement 25 heures de vol il a volé sur six types de planeur différents. Pendant la semaine de stage de l'évènement, il a notamment effectué les vols du lundi sur un planeur de type Janus B, planeur à haute performance muni de volets. Ce type de planeur est plus complexe à piloter qu'un planeur école comme le Marianne. Une telle variété d'aéronefs, chacun ayant ses spécificités, rend plus difficile l'acquisition de l'expérience et la consolidation des acquis.

De plus, l'élève-pilote 1 a réalisé les quatre stages auxquels il a participé dans trois centres différents. Ce changement de lieu de formation à chaque stage provoque un temps de réadaptation à chaque fois pour prendre en compte les particularités de la plateforme.

Cette charge cognitive supplémentaire lors des premiers vols du stage grève les capacités d'apprentissage.

Les changements fréquents de type de planeur et de lieu de formation pour l'élève-pilote 1 peuvent avoir limité ses capacités d'apprentissage et de consolidation de l'expérience acquise. Son niveau de technicité de pilotage peut donc être affecté et amener à une saturation plus rapide de la capacité cognitive par manque d'automatisation des acquis.

2.3.3.3. Charge cognitive de l'élève-pilote 1

2.3.3.3.1. Pilotage en réaction à des situations imprévues

Pour le vol de l'évènement, l'élève-pilote 1 ne sait pas à quelle hauteur il sera largué. Il n'a comme seule information que le largage sera à plus basse hauteur que son vol précédent (900 mètres). Lorsque le remorqueur lui fait le signe conventionnel de largage (battement des ailes), il est surpris d'être lâché aussi bas (350 mètres), directement dans la ZPA et aussi près d'un autre planeur, le Z93. Il a à peine le temps de construire un plan d'action que le pilote du Z93 annonce commencer son circuit de piste. Contraint par cette situation, il s'annonce en numéro deux et le suit dès qu'il a fini ses vérifications avant d'entrer en circuit de piste, car il arrive à la hauteur prévue pour cela. Cependant, il se sent trop proche du Z93 et il revoit à nouveau son plan d'action en prolongeant son circuit pour s'éloigner du Z93. Il se retrouve ainsi sur un plan d'approche trop bas en finale et doit corriger en rentrant les aérofreins sur demande du surveillant des vols. Il n'a plus de ressource disponible pour anticiper la zone et la manœuvre de dégageant avant d'être au sol. Après avoir commencé cette manœuvre, il se rend compte qu'il y a un plot sur sa trajectoire, tente de redresser, puis voit le Z93, et continue à rouler vers la droite en pensant l'éviter.

Tous ces événements inattendus qui surprennent l'élève-pilote 1 l'ont amené à un pilotage réactif au contraire d'un pilotage par anticipation. L'élève-pilote 1 change constamment de plan d'action. Ce type de pilotage est particulièrement exigeant cognitivement et encore davantage pour un pilote très peu expérimenté. Ces fortes sollicitations cognitives tout au long du vol laissent peu de ressources disponibles pour l'élève-pilote, entravant sa capacité de perception, d'analyse et de projection dans des actions futures. Il se trouve alors dans l'incapacité d'actualiser sa conscience de la situation, prérequis pour l'anticipation des actions à venir.

Il est possible que, privé de cette capacité d'anticipation, il se soit raccroché aux habitudes prises sur les précédents vols de la semaine et ait choisi par effet de routine de réaliser un dégageant en fin d'atterrissage, alors qu'aucune urgence ne le justifiait. Lors de l'évènement, l'élève-pilote 1 a réalisé son circuit de piste sans percevoir qu'aucun autre planeur ne s'est encore annoncé dans la ZPA ou le circuit de piste, signifiant qu'il n'y a aucune urgence à libérer la piste rapidement. Il n'a pas non plus été en mesure de faire une analyse de la piste afin d'anticiper la suite de l'atterrissage et de définir une zone libre de tout obstacle pour réaliser son dégageant.

Les caractéristiques du vol conduisant à un pilotage réactif sont à l'origine d'une intense charge cognitive tout au long du vol pour l'élève-pilote 1. Il n'est plus en mesure d'actualiser sa conscience de la situation avant son atterrissage lui permettant d'anticiper son dégageant. Cette charge cognitive peut lui avoir fait privilégier cette manœuvre à un atterrissage dans l'axe.

2.3.3.3.2. Difficulté du dégageant

Le dégageant requiert une certaine expérience. En effet cela nécessite à la fois :

- une parfaite maîtrise du maintien horizontal des ailes, particulièrement longues sur un planeur, pour éviter de faire un « cheval de bois » pendant la mise en virage ;
- une bonne coordination psychomotrice pour décorrélérer l'action latérale avec la main sur le manche (pour maintenir les ailes à l'horizontale) et avec les pieds sur les palonniers (pour gérer le virage) ;
- une gestion précise de la perte d'énergie lors du roulage et du freinage, afin d'initier la mise en virage à la fois suffisamment tôt pour avoir la vitesse nécessaire pour que la gouverne de direction soit efficace et suffisamment tard pour ne pas sortir trop vite de la piste. De plus, la configuration du train d'atterrissage du Marianne le rend plus difficile à manœuvrer en lacet au sol.

L'attention mobilisée par l'élève-pilote 1 lors de cette manœuvre était telle qu'il n'a pas été en mesure d'entendre les consignes du surveillant des vols qui lui a demandé de s'arrêter dans l'axe de piste. Il a aussi éprouvé de la difficulté à maintenir les ailes à plat lors de son inversion de sens du virage.

Compte tenu des exigences de cette procédure de dégagement, de l'absence de toute anticipation en amont de l'atterrissage et du niveau d'expertise de l'élève-pilote 1, il est certain que ce dernier a subi une saturation cognitive. Une telle situation favorise un repli de l'élève-pilote sur lui-même et une focalisation sur la manœuvre en cours. La perception de signaux extérieurs et plus spécifiquement des signaux auditifs est alors très limitée, surtout s'ils se détachent peu du niveau de bruit ambiant comme ce peut être le cas dans un planeur au roulage.

Engagé dans une manœuvre demandant un haut niveau de technicité, l'élève-pilote a subi une saturation cognitive lors du roulage à l'origine d'une focalisation sur la manœuvre ayant entraîné un défaut de perception du message du surveillant des vols.

2.3.3.4. Lacunes dans la supervision augmentant la charge cognitive de l'élève-pilote 1

2.3.3.4.1. Gestion du lâché par l'instructeur

L'instructeur qui a décidé du lâché de l'élève-pilote 1 n'a pas pu lui faire réaliser son premier vol solo immédiatement après le vol en double commande le mercredi, pour cause de météo défavorable. Il a donc reporté ce premier vol solo au lendemain. L'élève-pilote 1 entame donc la journée du jeudi par son premier vol seul à bord, dans des conditions de vent qui ont changé par rapport à la veille. Cette situation augmente le niveau de difficulté sur ce premier vol sans reprise en main préalable.

De plus, cet instructeur est le pilote du remorqueur pour la journée du jeudi. Il a fait le briefing du vol pour l'élève-pilote 1 le matin mais n'observe les premiers vols solo de cet élève-pilote que de loin depuis son avion. Il ne réalise pas de débriefing à chaud après le premier vol permettant de guider l'élève-pilote 1 avant son deuxième vol.

Or le REVV indique que « *les vols de lâcher solo sont en règle générale effectués dans la continuité du vol de contrôle solo. Ils sont donc principalement surveillés par l'instructeur ayant effectué le contrôle* ».

L'instructeur ayant décidé du lâché de l'élève-pilote 1 ne supervise pas de près ses vols solo, qui ont lieu 24 heures après le dernier vol qu'il a réalisé avec lui dans des conditions légèrement différentes. Il ne peut donc pas évaluer avec précision la qualité de ces vols et la gestion de cette difficulté par l'élève.

2.3.3.4.2. Annonce imprécise du pilote du remorqueur

Constatant la dégradation des conditions météorologiques le pilote du remorqueur, aussi chef de stage et instructeur de l'élève-pilote 1, décide de faire des rotations plus courtes en larguant directement au niveau de la ZPA pour optimiser le nombre de vols pour tous. Il intervient à la radio sur la fréquence commune pour annoncer qu'ils feront des « petits tours » pour la suite des largages. L'élève-pilote 1 entend cette annonce quand il est prêt au décollage. Ne mesurant pas le sens de cette annonce, il ne demande pas plus de précisions au pilote du remorqueur. De son côté, ce dernier pensant avoir été suffisamment clair pour les élèves-pilotes n'explique pas ses intentions. Ainsi, lorsqu'il décolle, l'élève-pilote 1 ne sait pas qu'il sera largué à basse hauteur à proximité de la ZPA. Au moment du largage il est alors surpris et ne réussit pas ensuite à reprendre suffisamment d'aisance pour anticiper toutes ses actions.

Le pilote du remorqueur ne s'est pas non plus assuré que le surveillant des vols avait bien entendu cette information et ce dernier, également surpris par la rapidité du largage, a tardé à superviser le Z100.

L'annonce imprécise du pilote du remorqueur n'a pas permis à l'élève-pilote 1 de se faire une représentation correcte de la situation à venir. Dès les premiers instants du vol, l'élève-pilote doit faire face à une situation non anticipée. Le surveillant des vols est lui aussi surpris par la situation et ne peut pas exercer efficacement son rôle.

2.3.3.4.3. Défaut de contrôle lors du largage

Lors de ces vols d'instruction, le largage du planeur s'effectue sur ordre du pilote du remorqueur, qui se caractérise par un battement des ailes de l'avion remorqueur. Le pilote du remorqueur doit dans ce cas s'assurer de la sécurité avant le largage et notamment de l'absence de conflit de trajectoire avec tout autre planeur déjà en vol. Le pilote du planeur doit quant à lui se larguer immédiatement du câble dès qu'il perçoit le signal du remorqueur, pour des raisons de sécurité.

Lors du vol de l'évènement, le pilote du remorqueur ordonne le largage du Z100 sans avoir identifié la présence d'un autre planeur à proximité immédiate et à une hauteur similaire, générant un risque pour des élèves-pilotes encore peu expérimentés. Le pilote du remorqueur ne prend conscience de la situation que quelques instants plus tard lors de son retour vers la piste. Les élèves-pilotes 1 et 2 doivent alors se coordonner rapidement entre eux pour commencer leur circuit de piste respectif, car leur différence d'altitude n'est pas suffisamment significative pour établir clairement lequel d'entre eux a la priorité pour l'atterrissage. L'élève-pilote 2, qui est moins chargé cognitivement car déjà prêt à entamer son circuit depuis quelques minutes, prend rapidement l'initiative de passer en premier malgré une hauteur plus élevée que préconisé.

La non-détection par le pilote du remorqueur d'un planeur déjà présent en ZPA à une hauteur proche a généré un risque en plaçant les deux élèves-pilotes dans une situation nécessitant une coordination immédiate entre eux pour séquencer les atterrissages, alors que l'élève-pilote 1 n'est pas encore prêt à la gérer.

2.3.3.4.4. Défaut de supervision du surveillant des vols

Le surveillant des vols n'a pas perçu l'annonce du pilote du remorqueur concernant le raccourcissement des rotations. Il est donc surpris par la présence du Z100 en ZPA alors qu'il vient de décoller. Souhaitant confirmer l'identité et l'altitude des planeurs qu'il voit en ZPA, il consulte sa tablette électronique et compare avec la position des planeurs qu'il a en visuel pour vérifier que cette dernière affiche des informations à jour. La tablette peut parfois afficher les informations avec un décalage de l'ordre de la minute. De plus, le logiciel nécessite de sélectionner manuellement l'étiquette représentant chaque planeur pour afficher les informations associées. Le temps de faire cette vérification, les deux élèves-pilotes se sont déjà coordonnés entre eux. Cependant, le premier planeur à rentrer dans le circuit de piste, le Z93, est le plus haut des deux et entame son circuit de piste 70 mètres au-dessus de la hauteur préconisée pour cela.

Surpris par la proximité des deux planeurs, le surveillant des vols n'a pas été en mesure de pleinement superviser l'intégration des planeurs dans le circuit de piste.

2.3.3.5. Difficulté de contrôle par le surveillant des vols

2.3.3.5.1. Manque d'information du surveillant des vols

Le surveillant des vols a fait sa formation d'instructeur dans le centre civil de formation au vol à voile. Il a vu au cours de cette formation comment surveiller un vol de lâché d'un élève-pilote. La fonction de surveillant des vols impose d'appliquer cette surveillance à plusieurs planeurs à la fois et d'avoir une certaine expérience pour prioriser ses tâches.

Une fois de retour à l'EIVV, ses premières semaines comme instructeur ont été supervisées par un instructeur plus ancien, mais cette supervision n'est pas formalisée pour s'assurer que tous les aspects de la fonction ont été vus et maîtrisés. Notamment, il n'a eu que très peu d'informations sur les rôles de surveillant des vols et de chef de stage (spécifiques à l'organisation des EIVV), qu'il a été amené à assumer très rapidement. Il a réussi à assurer ces rôles en fonctionnant par mimétisme de ses collègues, en n'ayant pour seul guide que les quelques lignes définissant chacun de ces rôles dans la documentation de référence, dont le REVV, et les réponses aux questions qu'il a été amené à poser à ses collègues.

Il a donc dû construire par lui-même son expérience de surveillant des vols, découvrir quels sont les points à surveiller en priorité pour assurer la sécurité et comment anticiper les problèmes, en complétant avec des éléments ponctuels acquis auprès de ses collègues.

Le surveillant des vols n'a pas eu d'information précise sur ce rôle lui permettant de l'aider dans sa montée en compétence. Il a dû se construire lui-même les connaissances permettant d'assurer la sécurité des vols en assumant ce rôle, en allant chercher ces informations auprès des autres ou par mimétisme.

2.3.3.5.2. Faible expérience du surveillant des vols

Le surveillant des vols le jour de l'évènement est affecté en tant qu'instructeur à l'EIVV Chambord depuis le 31 août, dès la fin de sa formation d'instructeur planeur. Il ne totalise que 22 heures de vol dans cette fonction, qu'il occupe depuis seulement huit semaines, dont deux durant lesquelles il était absent. Il a une faible expérience à l'instruction et une expérience encore plus faible dans le rôle de surveillant des vols. Pourtant ce rôle nécessite, pour bien encadrer les élèves-pilotes effectuant les vols solos, de les accompagner dans chaque phase de leur vol mais aussi en amont (complément de briefing) et en aval (débriefing à chaud) de ceux-ci. La charge de travail associée est donc plutôt élevée quand il y a plusieurs élèves-pilotes à gérer en parallèle.

La faible expérience du surveillant des vols peut avoir limité sa capacité à surveiller les vols solo et notamment à anticiper les évolutions des planeurs en vol et les consignes à leur communiquer.

2.3.3.5.3. Gradient d'expérience

Un surveillant des vols doit bien se coordonner avec les autres intervenants (dont les pilotes des remorqueurs) pour séquencer les vols solo avec les autres vols et gérer les conflits potentiels de trajectoire. Une bonne pratique de sécurité veut que ce soit le surveillant des vols qui choisisse les lieux et hauteurs de largage des vols solo, les pilotes des remorqueurs suivant alors ces consignes. Le surveillant des vols peut alors donner des consignes particulières adaptées à l'élève-pilote juste avant son décollage. Cependant, le jour de l'évènement les décisions ont été prises par le chef de stage et pilote du remorqueur, qui est l'instructeur le plus expérimenté de l'unité.

La faible expérience du surveillant des vols peut l'avoir incité à suivre les décisions du pilote du remorqueur, bien plus expérimenté, sans s'affirmer pour mieux remplir son rôle de coordination.

2.3.3.5.4. Non collationnement des messages radio à l'atterrissage

Lors de l'atterrissage et du roulage, les élèves-pilotes ne sont pas tenus de collationner les consignes données par le surveillant des vols, concernant notamment la sortie ou non des aérofreins pour rejoindre le plan optimal d'approche ou le maintien à l'horizontal des ailes lors du roulage. Le surveillant des vols vérifie visuellement que l'ordre est suivi et le répète au besoin, mais il ne peut s'assurer de la bonne compréhension de la consigne qu'il vient d'émettre.

Lors de l'atterrissage du Z100, le surveillant des vols demande à l'élève-pilote 1 de rester sur l'axe de piste alors que ce dernier est déjà au sol. En l'absence de collationnement, il ne peut être sûr que l'élève-pilote va suivre la consigne et ne la répète pas tant qu'il pense que le planeur la respecte. De plus, la communication de cette consigne alors que le planeur est déjà au sol rend plus difficile sa prise en compte, le bruit de roulement et les vibrations générant un niveau sonore dans le planeur beaucoup plus élevé que pendant le vol, par nature très silencieux.

Le niveau de réglage pour le volume sonore de la radio de bord du planeur peut donc ne pas être suffisant pour qu'un pilote puisse bien discerner et comprendre un ordre inhabituel.

En l'absence de collationnement des ordres transmis par le surveillant des vols lors du posé, il est impossible pour ce dernier de s'assurer de la perception et de la compréhension du message par les élèves-pilotes, surtout dans la phase de roulage où l'ambiance sonore à bord d'un planeur rend difficile la perception de ces ordres.

2.3.3.5.5. Anticipation des actions d'un élève pendant l'atterrissage

Alors que l'élève-pilote 1 s'apprête à réaliser son dégagement, il anticipe son virage en dérivant progressivement vers la gauche. Cette dérive lente n'est à son tour pas perçue par le surveillant des vols qui se trouve en bout de piste. En raison de sa position au sol, au seuil de piste, sur la demi-bande opposée à celle sur laquelle atterrit le Z100, seule une dérive franche du planeur serait détectable compte tenu de la parallaxe induite.

Compte tenu de la parallaxe, la dérive lente du planeur anticipant le dégagement n'a pas pu être perçue par le surveillant des vols.

Visuellement, le dégagement est une manœuvre qui ne peut être détectée qu'une fois qu'elle est effectivement initiée et que la rotation du planeur devient évidente.

2.3.3.6. Pratique culturelle du dégagement à Romorantin

Historiquement l'EIVV Chambord de Romorantin n'est pas un centre de formation initiale d'élève-pilote. Plus habitué à faire voler des pilotes expérimentés, le dégagement est une pratique fortement ancrée au sein du centre de Romorantin. Sur les autres sites de vol à voile de l'armée de l'Air et de l'Espace, d'autres manœuvres d'arrêt (arrêt en maintenant l'axe de piste principalement) sont demandées aux élèves-pilotes et dépendent des contraintes du terrain.

Ainsi, sur le site de Romorantin, par habitude, les instructeurs enseignent et font exécuter aux élèves-pilotes un dégagement à l'atterrissage, sauf exception sur ordre du surveillant des vols. Cette habitude de fonctionnement est mise en place dès le premier vol en début de stage. Néanmoins, aucune information sur le dégagement n'est donnée officiellement lors du briefing d'arrivée ou lors des briefings avant vol. Les élèves-pilotes n'ont pas connaissance de situations particulières devant conduire à privilégier l'arrêt sur l'axe de piste. L'analyse des données des FLARM des planeurs de ce stage a mis en évidence que l'intégralité des atterrissages se finissaient par un dégagement, y compris pour les vols solo.

Le dégagement est donc perçu comme une obligation par les élèves-pilotes et l'arrêt sur la piste comme un échec, d'autant que cela obstrue la piste le temps de pousser le planeur sur le côté. Ainsi, en raison des enjeux de la formation, les élèves-pilotes cherchent à réussir leurs atterrissages en réalisant systématiquement des dégagements.

Il est à noter que le briefing d'arrivée a été récemment modifié avant ce stage. La consigne d'arrêt sur la piste n'est pas explicitement écrite sur la nouvelle présentation. Dans l'ancien briefing la consigne était écrite et demandait de s'arrêter dans l'axe et si nécessaire de faire un dégagement. Il n'a pas été possible de déterminer la raison de la suppression de cette consigne.

En l'absence d'un briefing explicitant les manœuvres d'arrêts autorisées sur le site de Romorantin et en raison des enjeux de cette formation et de la pratique culturelle du dégagement sur ce site, cette manœuvre est perçue par les élèves-pilotes comme une obligation.

2.3.3.7. Standardisation de la formation des élèves-pilotes de l'armée de l'Air et de l'Espace

2.3.3.7.1. Absence de documentation définissant la séquence d'arrêt du planeur

Les différents documents accessibles aux élèves-pilotes et instructeurs, présentés au §1.18.3, ne donnent aucune information sur le dégagement de piste dans leur version en vigueur à la date de l'évènement. La plupart mentionnent le maintien de l'axe de piste pendant l'atterrissage, sans préciser s'il doit être effectif jusqu'à l'arrêt complet du planeur. La gestion de la fin du roulage à l'atterrissage est une compétence de base pour la mise en œuvre du planeur. Les deux manœuvres d'arrêt (dans l'axe ou dégagement) ne sont pas décrites par des procédures.

Selon le REVV de l'armée de l'Air et de l'Espace, « *sauf consignes particulières, l'atterrissage doit s'effectuer sur la partie médiane de la piste* », laissant une grande liberté à chaque centre de choisir sa méthode d'arrêt alors que seule la procédure d'arrêt sur axe existe.

Aucun texte de référence ne définit la manœuvre de dégagement.

La documentation ne dit pas explicitement que le maintien de l'axe pendant l'atterrissage doit être effectif jusqu'à l'arrêt complet du planeur et laisse la possibilité de consignes particulières, non définies.

2.3.3.7.2. Formation spécifique à la manœuvre de dégagement

En l'absence de procédure concernant le dégagement, les actions enseignées n'ont fait l'objet d'aucun processus d'évaluation et de gestion du risque relatif au niveau d'expérience des élèves-pilotes. Le dégagement est appris aux élèves-pilotes comme un des éléments de l'atterrissage. Ainsi, l'appréciation du risque lié à la pratique du dégagement par des élèves-pilotes est laissée au seul arbitrage des instructeurs et repose donc sur leur expérience. Certains instructeurs jugent que sa maîtrise est un prérequis avant de pouvoir faire un vol solo, sans que ce soit écrit dans la documentation.

Par ailleurs, en l'absence de procédure, lors du stage de formation des instructeurs, le dégagement n'est pas présenté au futur instructeur selon un standard. Chaque instructeur acquiert donc des compétences différentes transmises ainsi aux élèves-pilotes qui doivent alors s'adapter à chaque instructeur. Ce manque de standardisation est un facteur limitant la consolidation des compétences par l'élève qui au lieu de répéter les mêmes actions afin de les mécaniser doit s'adapter à son instructeur. De fait, aucun suivi pédagogique permettant d'évaluer la progression de l'élève sur cette manœuvre n'existe.

Il n'existe aucune procédure relative au dégagement en planeur. En conséquence, il n'y a pas eu d'évaluation ni de gestion du risque d'une telle manœuvre au regard de l'expérience des élèves-pilotes qui doivent la maîtriser. De plus, l'apprentissage d'une pratique non standardisée est un frein à la consolidation des compétences de base pourtant essentielles pour asseoir solidement l'apprentissage de futures compétences plus complexes.

2.3.3.7.3. Formation au sein de plusieurs centres

Historiquement chaque centre de vol à voile avait des spécificités qui le démarquait des autres centres. En conséquence le public visé était différent en fonction des centres. En 2016, lorsque la décision est prise de faire du vol à voile un outil de sélection dans le cursus des pilotes de l'armée de l'Air, les centres de vol à voile ont vu leur population de pilotes ainsi que les dotations de planeurs changer. L'EIVV de Romorantin, plus habitué aux pilotes expérimentés volants sur des planeurs performants, participe maintenant à la formation initiale d'élèves-pilotes sans expérience aéronautique sur des planeurs écoles.

Depuis 2016, une standardisation des méthodes de travail est en cours au sein des centres de vol à voile militaire. Celle-ci n'est pas terminée. Pour preuve, les méthodes d'arrêt des planeurs en fin de roulage à l'atterrissage sont différentes pour chaque centre et dépendent des contraintes des infrastructures.

Les élèves-pilotes qui changent de centre presque à chaque stage de vol à voile ne peuvent pas acquérir de compétences consolidées à ce sujet.

Le manque de standardisation des méthodes dans chaque centre de vol à voile militaire, tous fréquentés successivement par les élèves-pilotes, limite la consolidation des compétences notamment sur la phase d'arrêt du planeur après atterrissage.

2.3.3.8. Expérience des instructeurs de l'EIVV Chambord

Dans les mois précédant l'évènement, plusieurs instructeurs dont les plus expérimentés de l'EIVV Chambord sont partis de l'unité, abaissant de manière significative l'expérience moyenne des instructeurs de l'unité. Des nouveaux instructeurs tout juste formés ont été affectés à leur place, dont le surveillant des vols lors de l'évènement.

Par ailleurs, l'expérience initiale des instructeurs de vol à voile comme pilote de planeur est relativement faible. Cette filière n'étant pas une spécialité dans l'armée de l'Air et de l'Espace, les nouveaux instructeurs sont issus de spécialités de personnels non navigants ayant accumulé des heures de vol en parallèle de leurs postes précédents et qui cumulent très peu d'heures de vol avant leur formation d'instructeur.

L'expérience modeste des instructeurs peut avoir favorisé des lacunes dans la supervision d'élèves-pilotes peu expérimentés demandant une attention particulière liée au risque de saturation cognitive. En effet cette population de pilotes est encore en cours d'acquisition des compétences de base, leurs ressources cognitives sont fortement sollicitées même dans des phases de vol considérées comme simples par les instructeurs. Le risque de saturation cognitive des élèves-pilotes a été sous-estimé lors de l'évènement.

L'expérience moyenne modeste des instructeurs a probablement favorisé des failles dans la supervision ayant contribué à accroître la charge cognitive d'un élève-pilote encore peu expérimenté.

3. CONCLUSION

L'évènement est une collision au sol d'un planeur en phase d'atterrissage avec un autre planeur arrêté en bord de piste.

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

Du 19 au 23 octobre 2020, dans le cadre de leur formation d'élève-pilote, dix élèves de l'École de l'air suivent un stage de planeur à l'EIVV 21.535 Chambord de Romorantin. Un briefing le premier jour détaille les conditions du stage et notamment l'utilisation de la piste en deux demi-bandes parallèles. Chaque atterrissage se termine par une manœuvre de dégagement pour libérer la piste au plus vite.

Le jeudi 22 octobre, 11 planeurs sont prévus en vol. Le vent est faible et légèrement à gauche de l'axe de la piste en service. L'élève-pilote 1 part à bord du planeur Z100 pour son premier vol solo avant les autres planeurs. Il est largué à une hauteur de 900 mètres et se pose en premier après 24 minutes de vol seul dans sa zone. En parallèle, le chef de stage, pilote du remorqueur, observe l'avancée d'une averse et décide de raccourcir les rotations. Il largue le Z100 pour son deuxième vol en bordure de ZPA à 350 mètres de hauteur. L'élève-pilote 2 à bord du Z93 se trouve déjà en ZPA à une hauteur de 400 mètres et annonce débiter son circuit de piste. L'élève-pilote 1 s'annonce en numéro 2 et prolonge son circuit de piste pour augmenter sa distance par rapport au Z93. Bas sur le plan d'approche finale, le surveillant des vols lui demande de rentrer les aérofreins. Il atterrit ensuite centré sur la demi-bande gauche de la piste, 55 secondes après l'arrêt du Z93 sur le bord de piste après une manœuvre de dégagement qui laisse la queue de ce dernier dépasser de deux mètres environ sur la piste. Le surveillant des vols demande à l'élève-pilote 1 de s'arrêter sur l'axe mais ce dernier n'entend pas cette consigne. Le Z100 dérive légèrement sur la gauche puis il dégage sur la gauche vers le bord de la piste. Cherchant à éviter un plot de bord de piste, la trajectoire du Z100 l'amène trop proche du Z93 avec lequel il entre en collision. Le Z93 est poussé sur quelques mètres et tourné de plusieurs dizaines de degrés.

Les deux élèves-pilotes sont indemnes et n'ont été soumis à aucun examen médical après l'évènement. Les deux planeurs sont endommagés.

Les deux planeurs sont navigables et leur entretien est conforme au plan de maintenance bien que la qualité de certaines opérations de maintenance ne soit pas au standard des règles de l'art enseignées. De plus, le bol de liquide de frein du Z100 est vide, mais la quantité restante dans le circuit de freinage est suffisante pour assurer un freinage efficace.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de l'évènement sont :

- un vent venant légèrement de la gauche qui peut avoir favorisé le dégagement du planeur et gêné le redressement de la trajectoire du Z100 pour éviter les obstacles ;
- une pression contextuelle et temporelle ressentie par l'élève-pilote 1, impliquant un haut niveau d'exigence et une optimisation du temps et le poussant à favoriser la manœuvre de dégagement en fin d'atterrissage ;
- la faible expérience de l'élève-pilote 1, dont la consolidation est rendue plus difficile par la multiplicité des types de planeurs et de centres de formation utilisés, menant à des choix de stratégie erronés et à une saturation cognitive plus rapide ;
- une saturation cognitive de l'élève-pilote 1, l'empêchant d'avoir une bonne représentation de la situation et de percevoir la consigne de tenue d'axe du surveillant des vols ;
- l'annonce imprécise et un manque de coordination du pilote du remorqueur sur la hauteur de largage prévue, privant l'élève-pilote 1 et le surveillant des vols de l'anticipation nécessaire à la maîtrise et à la supervision de la situation ;
- la non détection par le pilote du remorqueur de la proximité d'un autre planeur au moment du largage, mettant d'emblée l'élève-pilote 1 dans une situation délicate à gérer ;
- la faible expérience du surveillant des vols, cumulée à des informations lacunaires pour le guider dans sa prise de compétences à ce rôle, le limitant dans ses capacités de supervision, de coordination et d'anticipation des consignes à communiquer ;

- l'absence de collationnement des consignes du surveillant des vols en finale et au roulage, moment où ces consignes sont plus difficiles à entendre du fait du bruit ambiant, cumulé avec une position du surveillant des vols rendant très difficile la détection de la dérive du planeur et de la non prise en compte de ces consignes ;
- une manœuvre de dégagement perçue comme obligatoire à Romorantin et réalisée systématiquement ;
- l'absence de mention de cette manœuvre dans la documentation et dans les procédures, imprécision de la documentation sur le maintien de l'axe de piste jusqu'à l'arrêt pour un atterrissage standard ;
- l'absence de standardisation sur la manœuvre de dégagement et le manque de standardisation des méthodes entre les différents EIVV ;
- une baisse récente et significative de l'expérience moyenne des instructeurs de Romorantin, ayant probablement favorisé des erreurs de supervision.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Opportunité du dégagement pour les élèves-pilotes lors des premiers vols solo

Le dégagement est une manœuvre délicate qui ajoute une difficulté supplémentaire à l'atterrissage, pour des élèves-pilotes qui commencent à acquérir une expérience aéronautique et volent sur différents types de planeurs qui n'ont pas les mêmes comportements au roulage. La maîtrise de cette manœuvre permet toutefois une libération rapide de la piste si plusieurs planeurs se suivent à l'atterrissage. Il est donc utile de connaître cette manœuvre lorsqu'une certaine maîtrise du vol à voile est acquise.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de réfléchir sur l'opportunité d'une libération de piste au roulage grâce à l'inertie de l'atterrissage, pour les jeunes pilotes non brevetés planeur, sauf urgence à libérer cette piste sur indication du surveillant des vols.

R1 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

Nota : cette recommandation a été formulée aux EFPN comme mesure conservatoire dans le message de première information envoyé par le BEA-É juste après l'évènement.

4.1.2. Documentation relative à l'atterrissage en planeur

Aucune des documentations de référence pour le vol à voile dans l'armée de l'Air et de l'Espace et à la Fédération Française de Vol en Planeur ne mentionne la manœuvre de dégagement. Celle-ci ne fait donc pas l'objet de procédure et d'un apprentissage particulier, permettant une standardisation et un suivi de la maîtrise de cette manœuvre par les élèves. Il est aussi important de bien connaître les motivations, limitations et dangers liés à l'exécution de cette manœuvre, pour une utilisation adaptée et en sécurité.

De plus, dans les différents documents relatifs au vol à voile, la description de la manœuvre d'atterrissage standard dans l'axe n'est pas explicite sur le maintien de l'axe jusqu'à l'arrêt du planeur ou ne précise pas qu'il faut maintenir l'axe.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace et à la Fédération Française de Vol en Planeur de préciser dans les documents relatifs au vol à voile les éléments permettant de définir et de standardiser la pratique, l'instruction et les cas d'utilisation des manœuvres d'arrêt en fin de roulage à l'atterrissage (maintien de l'axe ou dégagement).

R2 – [A-2020-13-I] *Destinataires : CEMAAE, FFVP*

4.1.3. Surveillant des vols

4.1.3.1. Définition du rôle de surveillant des vols

La documentation de référence ne contient que quelques lignes définissant le rôle de surveillant des vols, chargé de superviser les vols solo de séances de vol à voile. Un instructeur amené à assumer ce rôle pour la première fois ne peut pas s'appuyer sur un mémento ou un autre document listant les différentes tâches à réaliser, leur priorité pour assurer la sécurité, les points d'attention particuliers et les pièges à éviter. Un instructeur est formé pour effectuer la surveillance d'un élève-pilote qu'il vient de lâcher mais la fonction de surveillant des vols impose de pouvoir en gérer plusieurs à la fois. Ce rôle peut aussi être assuré en norme particulière, comme indiqué dans le REVV, par un pilote « qualifié » qui n'est pas instructeur, sans précision de ce qu'englobe la qualification.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de formaliser les éléments que doit connaître ou maîtriser un surveillant des vols d'une séance de vol à voile avant d'assumer en sécurité cette fonction.

R3 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.3.2. Consignes du surveillant des vols

Un élève-pilote en phase d'apprentissage peut se retrouver confronté à une surcharge cognitive dans les phases intenses du pilotage, telles que l'atterrissage. Il peut donc ne pas percevoir une consigne ou éprouver des difficultés à la mettre en œuvre si cela remet en cause le plan d'action en cours. De plus le volume sonore une fois le planeur posé et en cours de roulage peut compliquer la perception de ces consignes. Il est donc préférable que les consignes du surveillant des vols concernant une stratégie à appliquer soient données suffisamment en amont, pour permettre à la fois à l'élève d'avoir le temps de collationner la consigne (indiquant qu'il l'a bien perçue) et d'avoir le temps de construire sa représentation mentale de la situation et son plan d'action en vue de l'exécution de cette consigne. Des consignes prévisionnelles peuvent aussi être communiquées par le surveillant des vols avant le début du vol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de demander au surveillant des vols d'une séance de vol à voile, d'anticiper les consignes données aux élèves-pilotes en vol solo concernant l'atterrissage (maintien de l'axe ou dégagement notamment) pour les donner au plus tôt dans le circuit de piste et de s'assurer de la bonne réception de ces informations par collationnement.

R4 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.3.3. Coordination entre pilote du remorqueur et surveillant des vols

La hauteur prévue de largage des planeurs n'est pas annoncée par le pilote du remorqueur. Pour des raisons de sécurité, le largage peut avoir lieu à tout moment, mais une hauteur indicative peut être communiquée pour permettre à un élève-pilote et au surveillant des vols d'anticiper leurs actions. Cela peut permettre notamment au surveillant des vols d'éviter un conflit potentiel avec un autre planeur et de prévoir des marges adaptées au niveau de l'élève-pilote. Cette information doit être communiquée de façon claire et collationnée pour parer par exemple au cas où un pilote n'a pas encore allumé la batterie de son planeur au moment où ce message est émis à la radio. Le surveillant des vols étant la personne en charge des élèves-pilotes effectuant un vol solo, il est logique que ce soit lui qui prenne ces décisions et les communique aux autres intervenants (pilote du remorqueur, élève-pilote). Une exception concerne le tout premier vol solo qui est surveillé par l'instructeur ayant autorisé le « lâché », conformément à la documentation en vigueur.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de demander au surveillant des vols d'une séance de vol à voile d'indiquer au pilote du remorqueur et à l'élève-pilote concerné, pour les vols solo d'élèves-pilotes non brevetés, la zone et la hauteur de largage prévisionnels et de s'assurer de la bonne réception de ces informations.

R5 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.4. Multiplicité des flottes de planeur

L'armée de l'Air et de l'Espace dispose de nombreux types de planeurs différents. La dotation n'est pas la même entre les différents EIVV. Les élèves-pilotes changent donc très souvent de type de planeur au cours de leur formation. Ces changements obèrent la consolidation des acquis, surtout en début de formation.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de prioriser l'utilisation d'un nombre limité de types de planeur pour le début de la formation des élèves-pilotes.

R6 – [A-2020-13-I] Destinataire : CEMAAE

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

4.2.1. Activité aérienne sur piste occupée

Suite à l'évènement, l'activité aérienne de l'EIVV a continué en utilisant la piste encore occupée par les deux planeurs impliqués dans l'incident. Notamment, un avion remorqueur a décollé avec un planeur une minute après la collision. Seul le passage d'une averse a interrompu les vols quelques minutes et de nouveaux vols ont eu lieu ensuite avant que l'ensemble des planeurs soit remis au hangar et la piste dégagée. L'activité véliplane de l'armée de l'Air et de l'Espace se fait selon les règles de la circulation aérienne générale (CAG), qui impliquent qu'un aéronef ne doit pas évoluer à une distance d'un autre aéronef telle qu'il puisse en résulter un risque d'abordage (*standardised european rules of the air* - SERA, règles de l'air européennes normalisées, SERA.3205). L'application de cette règle impose que « sauf clairance contraire, ou entente préalable des commandants de bord dans le cas d'aérodromes non contrôlés, un aéronef ne peut ni atterrir ni décoller si la piste n'est pas dégagée » (arrêté du 12 juillet 2019 relatif aux procédures générales de circulation aérienne pour l'utilisation des aérodromes par les aéronefs). De plus, la deuxième piste de l'aérodrome, parallèle et de dimensions similaires, était disponible et utilisable le jour de l'évènement.

Les recommandations des SERA sont difficilement applicables aux planeurs à l'atterrissage, mais relèvent du bon sens pour le décollage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de rappeler à ses équipages les dangers de l'utilisation d'une piste occupée et les limitations associées lorsqu'ils volent selon les règles de la circulation aérienne générale.

R7 – [A-2020-13-I] Destinataire : CEMAAE

4.2.2. Délais de remontée d'information

Il a été constaté lors de la remontée d'information concernant cet évènement une confusion entre les délais d'information immédiate d'un évènement (déclaration initiale d'évènement aéronautique, compte-rendu d'évènement aéronautique, etc.) et les délais d'information à visée plutôt orientées maintenance (compte-rendu de fait technique), ainsi que sur les moyens de remontée d'information (téléphone ou messagerie). Cela allonge les délais de réception de la notification par le BEA-É et peut empêcher le déclenchement d'une enquête de sécurité dans le temps compatible avec la préservation des indices.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi de rappeler à leur personnel que l'occurrence d'un évènement aérien doit être reportée au plus tôt et de rappeler les circuits idoines pour ce report.

R8 – [A-2020-13-I] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGGN, DGA, DGSCGC, DGDDI

4.2.3. Préservation d'un site d'évènement aérien (accident ou incident grave)

Les deux planeurs impliqués dans la collision ont été rentrés au hangar et les traces laissées sur la piste rebouchées dans les heures qui ont suivi l'évènement, avant que le BEA-É ne soit prévenu de celui-ci. Cette altération du lieu de l'évènement complique le travail d'enquête et aurait pu détruire des indices nécessaires pour établir les causes de l'évènement ou écarter des hypothèses fausses. Heureusement des prises de vue ont été effectuées peu après l'évènement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi de rappeler à leur personnel qu'il faut préserver de toute altération les indices sur un site d'évènement aérien, sauf cas de force majeure, dans l'attente de directives du BEA-É.

R9 – [A-2020-13-I] *Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGGN, DGA, DGSCGC, DGDDI*

Des recommandations similaires ont déjà été formulées dans les rapports M-2007-018-I, A-2018-04-I et A-2018-05-A.

4.2.4. Examen médical suite à un évènement aérien

Les deux élèves-pilotes n'ont pas subi d'examen médical immédiatement après l'incident, car ils ont déclaré n'avoir subi aucune blessure. Cependant, certaines blessures (commotion cérébrale par exemple) peuvent ne pas être apparentes et leurs effets se déclarer plus tard. De plus, un évènement même bénin peut avoir un effet psychologique sur un personnel pouvant limiter ses capacités lors d'un vol ultérieur et donc avoir un effet négatif sur la sécurité. Enfin il est préférable de guider clairement les jeunes pilotes, potentiellement moins sensibilisés aux facteurs humains et physiologiques pouvant affecter la capacité d'un pilote à voler en sécurité.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'ensemble des autorités d'emploi de préconiser que tout personnel impliqué dans un évènement aérien bénéficie d'un avis médical même en l'absence de blessure visible.

R10 – [A-2020-13-I] *Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC, DGDDI*

Une recommandation similaire a déjà été formulée dans le rapport S-2020-06-A.

4.2.5. Qualité de la maintenance

Lors des investigations menées pour cette enquête, il a été constaté que la qualité de réalisation de certaines opérations de maintenance n'était pas au standard des règles de l'art enseignées, par exemple : goupille montée à l'envers, fil frein installé de façon inefficace. La réalisation correcte de ces opérations est enseignée pendant la formation initiale des mécaniciens.

Les opérations de maintenance sur planeur sont pour la plupart réalisées en autocontrôle. Une dérive de pratique d'un opérateur sur la qualité des opérations de maintenance qu'il réalise est donc plus difficilement détectable.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace d'identifier les causes expliquant la qualité moindre de certaines opérations de maintenance réalisées à l'EIVV Chambord et d'y remédier.

R11 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.2.6. Contrôle du niveau de liquide de frein

Sur planeur Marianne, le niveau du liquide de frein n'est vérifié qu'en GV ou IA. Si le suintement provoqué par une fuite de liquide n'est pas détecté lors d'une visite avant vol (par exemple car la fuite n'a lieu qu'en actionnant le frein à cause d'un joint défectueux et ne laisse pas de trace visible une fois le roulage terminé), cela peut amener à un défaut de freinage qui est préjudiciable pour la sécurité.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace d'étudier une révision du pas de contrôle du niveau de liquide de frein sur planeur Marianne.

R12 – [A-2020-13-I] *Destinataire : CEMAAE*

ANNEXES

ANNEXE 1 Extrait mémento instructeur	38
--	----

ANNEXE 1
EXTRAIT MÉMENTO INSTRUCTEUR

ATTERRISSAGE – ROULEMENT

ROULEMENT

Objectif	– Piloter le roulement jusqu'à l'arrêt complet.
Détection	En regardant loin devant : – Détection des écarts d'axe, d'inclinaison, d'assiette
Séquence d'actions	– Maintien de l'axe avec les palonniers, AF 100% – Manche progressivement vers la butée arrière – Maintien de $\phi = 0$ avec le manche latéralement – Application d'un freinage modéré – Actions indépendantes sur les commandes – L'efficacité des commandes diminuant, cela nécessite une action augmentant en amplitude
Exercices	– Demander le roulement jusqu'à l'arrêt complet
Exercices complémentaires	– Arrondis avec plan fort et plan faible – Arrondis par vent fort avec VOA majorée – Arrondis et roulement par vent de travers