



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISl
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapport final n° 2377

du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'incident grave (Airprox)

entre l'avion PA-46-500TP, indicatif d'appel HB-PRN

et l'avion BD700 1A10, indicatif d'appel NJE8NJ
exploité par la compagnie NetJets Transportes Áereos

survenu le 18 février 2017

34 NM au sud-est du radiophare SPR, au-dessus de la
ville de Martigny (VS)

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport relate les conclusions du Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) relatives aux circonstances et aux causes de l'incident grave.

Conformément à l'article 3.1 de la 12^e édition de l'annexe 13, applicable dès le 20 octobre 2020, de la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'article 24 de la loi fédérale sur la navigation aérienne, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Sauf indication contraire, toutes les informations qui sont y sont contenues se réfèrent au moment de l'incident grave ; toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC). Au moment où s'est produit l'incident grave, l'heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) correspondait à l'heure de l'Europe centrale (*central european time* – CET). La relation entre LT, CET et UTC est :
LT = CET = UTC + 1 h.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Enquête | 6 |
| Synopsis | 6 |
| Causes | 6 |
| Recommandations de sécurité | 6 |
| 1 Renseignements de base | 7 |
| 1.1 Faits antécédents et déroulement du vol | 7 |
| 1.1.1 Généralités..... | 7 |
| 1.1.2 Déroulement de l'incident grave..... | 7 |
| 1.1.3 Lieu et temps de l'incident grave..... | 11 |
| 1.2 Renseignements sur le personnel | 11 |
| 1.2.1 HB-PRN..... | 11 |
| 1.2.2 NJE8NJ..... | 11 |
| 1.2.3 Collaborateurs du contrôle de la navigation aérienne..... | 12 |
| 1.3 Renseignements sur les aéronefs | 13 |
| 1.3.1 HB-PRN..... | 13 |
| 1.3.2 NJE8NJ..... | 14 |
| 1.4 Renseignements météorologiques | 14 |
| 1.4.1 Situation météorologique générale..... | 14 |
| 1.4.2 Situation météorologique à l'heure de l'incident..... | 14 |
| 1.4.3 Données astronomiques..... | 14 |
| 1.4.4 Image Webcam..... | 14 |
| 1.5 Aides à la navigation | 15 |
| 1.6 Télécommunications | 15 |
| 1.7 Renseignements sur l'aérodrome | 15 |
| 1.8 Enregistreurs de bord | 15 |
| 1.9 Renseignements en matière d'organisation et de gestion | 15 |
| 1.9.1 Service de la circulation aérienne..... | 15 |
| 1.9.2 Centre d'information de vol..... | 15 |
| 1.9.3 Aéroport de Sion..... | 16 |
| 1.9.4 Procédures d'exploitation pour les vols empruntant le départ normalisé aux instruments SPR 2U high performance..... | 17 |
| 1.9.5 Renseignements sur l'espace aérien..... | 17 |
| 1.9.6 Espace aérien dans lequel s'est déroulé l'incident grave..... | 18 |
| 1.10 Systèmes d'alertes et filets de sauvegarde | 19 |
| 1.10.1 Le système TCAS..... | 19 |
| 1.10.2 Le système avertisseur de trafic..... | 20 |
| 1.10.3 Le système STCA..... | 20 |
| 1.11 Renseignements supplémentaires | 20 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.11.1 | Collisions possibles entre deux aéronefs..... | 20 |
| 1.11.2 | Le principe « voir et éviter » | 20 |
| 1.11.3 | Rapprochements dangereux similaires survenus dans la région de l'incident grave | 21 |
| 2 | Analyse | 26 |
| 2.1 | Aspects techniques | 26 |
| 2.2 | Aspects relatifs à la conduite des vols – Comportements des pilotes face aux alarmes..... | 26 |
| 2.2.1 | Pilote du Piper HB-PRN | 26 |
| 2.2.2 | L'équipage de conduite du Global NJE8NJ | 26 |
| 2.3 | Aspects relatifs à l'organisation de l'espace aérien | 28 |
| 3 | Conclusions..... | 30 |
| 3.1 | Faits établis | 30 |
| 3.1.1 | Cadre général | 30 |
| 3.1.2 | Aspects techniques | 30 |
| 3.1.3 | Aspects opérationnels | 30 |
| 3.2 | Causes | 31 |
| 4 | Recommandations de sécurité et mesures prises après l'incident grave | 32 |
| 4.1 | Recommandations de sécurité..... | 32 |
| 4.1.1 | Rapprochement dangereux entre 2 vols, IFR et VFR, dans un espace aérien E | 32 |
| 4.2 | Avis concernant la sécurité..... | 33 |
| 4.3 | Mesures prises après l'incident grave..... | 33 |

Rapport final

Résumé

Aéronef HB-PRN

| | |
|------------------------------|--|
| Propriétaire | Privé |
| Exploitant | Privé |
| Constructeur | Piper Aircraft Inc., Vero Beach, Etats-Unis d'Amérique |
| Type d'aéronef | PA-46-500TP |
| Pays d'immatriculation | Suisse |
| Immatriculation | HB-PRN |
| Indicatif d'appel | <i>Hotel bravo papa romeo november</i> |
| Règles de vol | Règles de vol à vue (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>) |
| Type d'exploitation | Privé |
| Point de départ | Les Eplatures (LSGC) |
| Point de destination | Lausanne – La Blécherette (LSGL) |
| Equipement de bord pertinent | Système avertisseur de trafic (<i>Traffic Advisory System – TAS</i>) |

Aéronef CS-GLG

| | |
|------------------------------|--|
| Propriétaire | NetJets Transportes Áereos, S.A., Portugal |
| Exploitant | NetJets Transportes Áereos, S.A., Portugal |
| Constructeur | Bombardier INC, Montréal, Québec, Canada |
| Type d'aéronef | BD700 1A10, Global 6000 |
| Pays d'immatriculation | Portugal |
| Immatriculation | CS-GLG |
| Indicatif de plan de vol ATC | NJE8NJ |
| Indicatif d'appel | <i>Fraction eight november juliett</i> |
| Règles de vol | Règles de vol aux instruments (<i>Instrument Flight Rules – IFR</i>) |
| Type d'exploitation | Commercial |
| Point de départ | Sion (LSGS) |
| Point de destination | Newcastle (EGNT) |
| Equipement de bord pertinent | Système d'avertissement de trafic et d'évitement de collision (<i>Traffic Alert and Collision Avoidance System – TCAS</i>) |
| Lieu | 34 NM au sud-est du VOR ¹ SPR, au-dessus de la ville de Martigny (VS), Suisse |
| Date et heure | 18 février 2017, 11:34 UTC |

¹ VOR : *very high frequency omnidirectional radio range*, radiophare omnidirectionnel VHF.

| | |
|---|--|
| Services ATS | Tour de contrôle (<i>Aerodrome Control Tower – TWR</i>) de Sion, centre de contrôle régional (<i>area control center – ACC</i>) de Genève, service d'information de vol de Genève (<i>Flight Information Center – FIC</i>) |
| Espace aérien | Classe E |
| Minimum de séparation | Aucun : les vols IFR ne sont pas séparés des vols VFR |
| Rapprochement maximal entre les deux aéronefs | 675 ft verticalement et 0.4 NM horizontalement à 11:34:14 UTC |
| Classe de risque de proximité d'aéronefs | Risque de collision ² |

Enquête

L'incident grave s'est produit le 18 février 2017. Il a été annoncé le 20 février 2017 vers 17:00 UTC au service suisse d'enquête de sécurité (SESE) qui a ouvert une enquête le 7 avril 2017. Le SESE a notifié l'incident aux autorités des Etats-Unis d'Amérique, du Portugal, du Royaume-Uni et du Canada. Le Portugal a nommé un représentant accrédité. Le rapport final est publié par le Service suisse d'enquête de sécurité SESE.

Synopsis

L'incident grave a eu lieu à la verticale de la ville de Martigny en Suisse, à 34 NM au sud-est du radiophare SPR. Il a été provoqué par le rapprochement dangereux de deux avions dans l'espace aérien de classe E, l'un suivant un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion, volant selon les règles de vol IFR, l'autre en croisière au niveau de vol 150 (*Flight Level – FL150*) volant selon les règles de vol VFR. Le premier était en contact radiotéléphonique avec le service INI Sud (INS) du contrôle de la circulation aérienne de Genève, le second avec le centre d'information de vol de Genève (*Flight Information Centre – FIC*).

Causes

L'incident grave est dû au rapprochement dangereux dans un espace aérien de classe E de deux avions volant sur des trajectoires perpendiculaires, l'un en montée suivant un départ normalisé aux instruments, l'autre en vol en palier selon les règles de vol à vue.

Le classement de l'espace aérien inadapté à l'environnement topographique et aux opérations qu'il englobe a joué un rôle dans la survenue de l'incident grave.

Recommandations de sécurité

Le rapport met en évidence un déficit de sécurité qui a donné lieu à une recommandation de sécurité.

² Risque de collision : classe de risque de proximité d'aéronefs dans lequel il y a eu un grave risque de collision (OACI Doc 4444).

1 Renseignements de base

1.1 Faits antécédents et déroulement du vol

1.1.1 Généralités

Le déroulement de l'incident grave a été établi à l'aide des enregistrements des communications radiotéléphoniques, des coordinations téléphoniques entre les services de la circulation aérienne, des données et tracés radar, des transmissions descendantes Mode S, des données d'avertissement de conflit à court terme (*Short Term Conflict Alert – STCA*), des dépositions des membres d'équipages de conduite et des contrôleurs de la circulation aérienne et du rapport *Air Safety Report* (ASR) remplis par les pilotes du Global NJE8NJ.

Le pilote du Piper immatriculé HB-PRN³ effectuait un vol VFR et, seul à bord, occupait le siège avant gauche.

L'équipage de conduite du Global 6000 immatriculé CS-GLG et opérant sous l'indicatif d'appel NJE8NJ3 partait de Sion pour un vol commercial IFR, avec à son bord un membre d'équipage de cabine et 14 passagers ; le copilote opérait comme pilote en fonction (*Pilot Flying – PF*).

Au moment de l'incident, les avions conflictuels se trouvaient dans l'espace aérien de classe E où le service de la circulation aérienne est assuré par la Suisse. Le pilote du Piper HB-PRN était en contact radiotéléphonique avec le centre d'information de vol (*Flight Information Center – FIC*), NJE8NJ était sous le contrôle du secteur INS (INI⁴ Sud).

Les contrôleurs de la circulation aériennes occupant les positions de travail suivantes, ont été impliqués dans l'incident grave :

Service de contrôle d'aérodrome de Sion

- Le contrôleur d'aérodrome (*Aerodrome Controller – ADC*) ;
- Le contrôleur sol (*Ground Controller – GND*) ;

Service du contrôle régional de Genève

- Le *Radar executive* (RE) et le *Radar planner* (RP) du secteur INS ;
- L'opérateur FIC.

1.1.2 Déroulement de l'incident grave

En fin de matinée du 18 février 2017, à l'aérodrome de Sion l'équipage de conduite du Global NJE8NJ est prêt au départ pour un vol à destination de Newcastle (EGNT).

Le contrôleur GND de Sion l'annonce au secteur INS de Genève afin de coordonner son heure de décollage. Le plan de vol prévoit un départ normalisé aux instruments (*Standard Instrument Departure – SID*) SPR 2U *high performance* et dont l'une des particularités est de transiter dans l'espace aérien de classe E.

³ Dans la suite du rapport, on référera à « Piper HB-PRN » et « Global NJE8NJ » pour les avions immatriculés HB-PRN et CS-GLC respectivement ; lorsque le contexte est celui du service de la circulation aérienne, on utilisera directement les indicatifs d'appel (HB-PRN et NJE8NJ respectivement), comme pratiqué dans les communications radiotéléphoniques.

⁴ INI: *Initial Sector*

Après le démarrage des réacteurs, l'équipage de conduite du Global NJE8NJ contacte le contrôleur ADC de la tour de Sion à 11:24:04 UTC qui l'autorise près de 2 minutes plus tard à circuler jusqu'au point d'attente de la piste 25.

Au même moment, le Piper HB-PRN se trouve au niveau de vol FL 150 entre le Lac Léman et la ville de Martigny. Son pilote effectue un vol de plaisance dans les Alpes, de l'aérodrome des Eplatures (LSGC) à destination de l'aérodrome de Lausanne - La Blécherette (LSGL) ; il est en contact radiotéléphonique avec l'opérateur FIC de Genève qui lui a attribué un code transpondeur.

A 11:28:26 UTC, le contrôleur ADC de Sion autorise NJE8NJ à s'aligner sur la piste 25, puis à décoller avec l'instruction de rappeler à l'altitude de 13 000 ft en montée.

A 11:30:05 UTC, le contrôleur GND de Sion téléphone au contrôleur RP du secteur INS de Genève pour l'informer du départ de NJE8NJ et coordonner un autre départ IFR de Sion, également en direction du sud-ouest. Ce dernier demande alors à son interlocuteur de signaler à l'équipage de conduite de NJE8NJ, la présence d'un vol VFR se trouvant au travers de Bex et volant en direction du sud au niveau de vol FL 150. Il téléphone ensuite à l'opérateur FIC pour l'informer que le service de contrôle de la circulation aérienne de Sion est avisé.

A 11:31:38 UTC, l'opérateur FIC informe le pilote de HB-PRN que deux départs IFR de Sion vont avoir lieu sous peu. Le pilote demande alors s'il doit modifier sa route et l'opérateur répond qu'il le rappellera dès que le trafic IFR sera visible sur son écran radar.

A 11:32:40 UTC, NJE8NJ apparaît avec l'indication FL 099 sur les écrans radar du secteur INS et de celui de l'opérateur FIC. Pour des raisons opérationnelles⁵ liées à la topographie montagneuse de la région, l'avion a encore ses volets hypersustentateurs en configuration de décollage⁶ et monte avec un taux de montée de 3200 ft/min et une vitesse indiquée de 170 kt. Sa trajectoire converge à angle droit avec celle de HB-PRN.

Le rapprochement des deux avions déclenche à 11:32:51 UTC l'avertisseur de conflit à court terme STCA qui affiche une alerte sur les écrans radar du secteur INS et de l'opérateur FIC : NJE8NJ passe à cet instant le niveau de vol FL 104.5 et se trouve à la distance horizontale d'environ 7 NM de HB-PRN.

⁵ Voir & 1.9.3.1

⁶ Becs de bord d'attaque sortis, volets 6



Figure 1 : Image radar du secteur INS montrant l'alerte STCA activée à 11:32:51 UTC.

A 11:32:57 UTC, l'opérateur FIC signale ce trafic au pilote de HB-PRN, en précisant qu'il se trouve à ses 10 heures, à la distance de 6 NM et qu'il passe le niveau de vol FL110 en montée. Le pilote accuse réception, l'opérateur FIC signale dans la foulée que le trafic est maintenant au niveau de vol FL 120 et qu'il devrait passer devant sa trajectoire ; le pilote informe qu'il continue sur sa route.

A 11:33:13 UTC, le contrôleur ADC de Sion autorise NJE8NJ à poursuivre sa montée vers le niveau de vol FL 180 et lui demande de contacter *Swiss Radar* sur la fréquence 124.225 MHz.

L'équipage de conduite de NJE8NJ s'exécute et signale au nouveau secteur de contrôle (INS) qu'il passe 13 000 ft en montée vers le niveau de vol FL 180. Les données radar montrent que l'avion passe le niveau de vol FL 124 à la vitesse verticale de 3100 ft/min. Le contrôleur RE lui demande d'augmenter son taux de montée en raison de la présence d'un trafic VFR dont il lui transmet une information de circulation⁷.

A 11:33:46 UTC, le pilote de HB-PRN annonce au FIC qu'il a le trafic sur son TAS, 1500 ft au-dessous de son altitude, à une distance de 2 NM, mais qu'il n'en a pas fait l'acquisition visuelle.

A 11:33:48 UTC, le contrôleur RE transmet à NJE8NJ une nouvelle information de circulation relative à HB-PRN, en précisant que ce dernier se trouve à 2 heures, 1 mille marin. Au même moment, un avis de circulation⁸ (*Traffic advisory – TA*) est

⁷ Information de circulation : renseignements donnés à un pilote par un organisme des services de la circulation aérienne pour l'avertir que d'autres aéronefs, dont la présence est connue ou observée, peuvent se trouver à proximité de sa position ou de sa route prévue, afin de l'aider à éviter une collision.

⁸ TA : *Traffic Advisory* : Avis de circulation : indication signalant à l'équipage de conduite qu'un intrus particulier constitue une menace possible.

émis par le TCAS du Global NJE8NJ. Il est suivi par un avis de résolution (*Resolution advisory – RA*) correctif « vers le bas » à 11:33:50 UTC, recommandant de s'écarter de la trajectoire de vol actuelle en stoppant la montée (alarme parlée du TCAS « *Level Off, Level Off* »). L'équipage de conduite répond au contrôleur RE qu'il se met en palier en raison d'un avis de résolution.

De son côté, le pilote du Piper HB-PRN n'est toujours pas parvenu à acquérir visuellement le trafic signalé et, pensant que ce dernier converge vers lui, effectue un virage à droite de 180° et en même temps descend de 500 ft en une dizaine de secondes. Sa trajectoire se rapproche tangentiellement à celle du Global NJE8NJ et l'écart vertical entre les deux avions devient inférieur à 1000 ft.

Un avis de résolution correctif « vers le bas » (alarme parlée du TCAS « *Descend, Descend* ») se déclenche alors à 11:34:04 UTC à bord du Global NJE8NJ, qui s'intensifie 4 secondes plus tard en avis à augmentation de taux de variation (alarme parlée du TCAS « *Increase Descent, Increase Descent* »), dont la force⁹ recommande de porter le taux de descente à une valeur supérieure à celle que recommandait l'avis de résolution précédent. L'équipage de conduite effectue une manœuvre d'évitement vers le bas au cours de laquelle l'avion descend jusqu'au niveau de vol FL 132.5.

A 11:34:14 UTC, les deux avions passent au plus près l'un de l'autre à 0.4 NM horizontalement et 675 ft verticalement.

A 11:34:20 UTC, à bord du Global NJE8NJ l'avis de résolution prend fin.

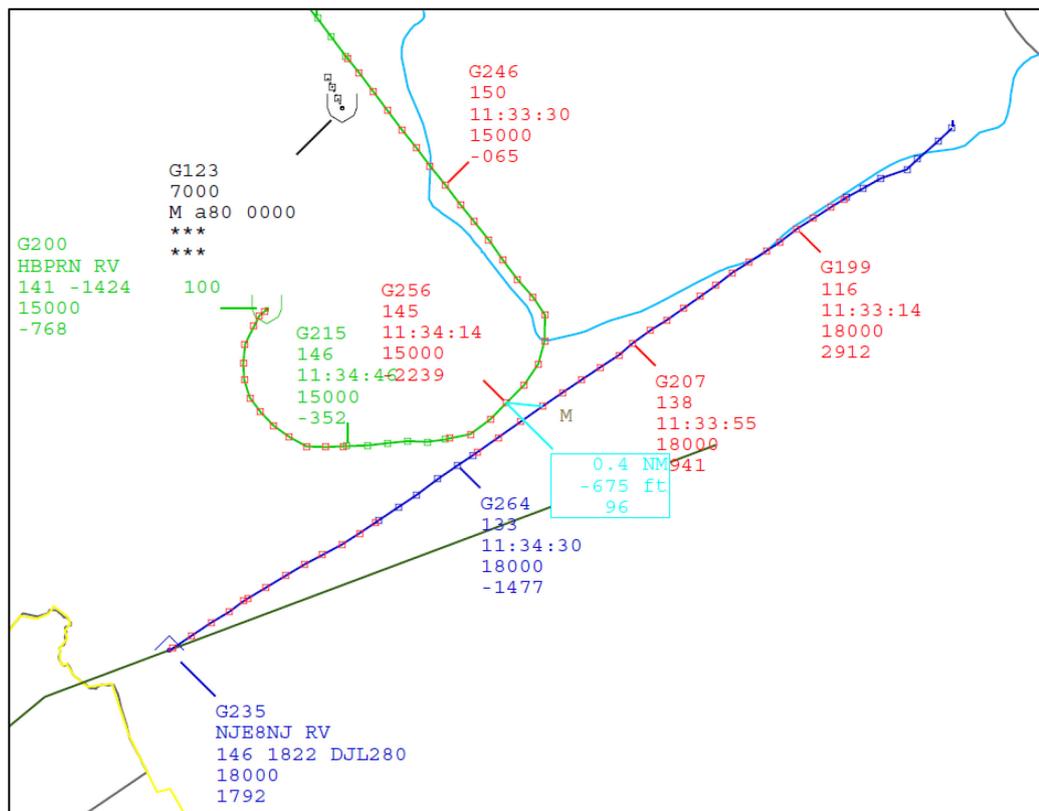


Figure 2 : Tracés radar des vols conflictuels HB-PRN et NJE8NJ.

⁹ Force de l'avis de résolution : grandeur indiquée pour la manœuvre préconisée par l'avis de résolution. Un avis de résolution peut adopter successivement plusieurs forces avant d'être annulé. Toute nouvelle force assignée annule automatiquement la force assignée auparavant.

Au cours de la manœuvre d'évitement vers le bas, l'équipage de conduite du Global NJE8NJ s'est efforcé à limiter l'augmentation de la vitesse indiquée en déployant les déporteurs (*spoilers*), mais n'a pas pu éviter d'excéder la vitesse maximale volets sortis (*maximum flaps extended speed* - VFE). Ce dépassement l'a conduit à conserver la configuration actuelle de l'avion pour le restant du vol et à limiter son niveau de vol de croisière à FL180. Le vol a été poursuivi vers l'Angleterre, mais dérotté vers Londres Luton (EGGW).

1.1.3 Lieu et temps de l'incident grave

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Position géographique | 34 NM au sud-est du VOR SPR |
| Date et heure | 18 février 2017, 11:34 UTC |
| Conditions d'éclairage | Jour |
| Niveau de vol | Entre FL 140 et FL 145 |

1.2 Renseignements sur le personnel

1.2.1 HB-PRN

| | | |
|-------------------|--|--------|
| Personne | Citoyen suisse, né en 1966 | |
| Licence | Pilote professionnel d'avion (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane</i> – CPL(A)) selon l'agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (<i>European Union Aviation Safety Agency</i> – EASA) | |
| Expérience de vol | Heures totales | 1234 h |
| | Dont sur le type en cause | 521 h |
| | Au cours des 90 derniers jours | 30 h |
| | Dont sur le type en cause | 30 h |

Toutes les données à disposition indiquent que le pilote a débuté son vol reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.2 NJE8NJ

1.2.2.1 Commandant

| | | |
|-------------------|---|--------|
| Personne | Citoyen néerlandais, né en 1972 | |
| Licence | Pilote de ligne d'avions (<i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane</i> – ATPL(A)) selon l'EASA établie par la <i>Civil Aviation Authority Netherlands</i> (CAA) le 11 octobre 2004 | |
| Expérience de vol | Heures totales | 6415 h |
| | Dont sur le type en cause | 1387 h |
| | Au cours des 90 derniers jours | 63 h |
| | Dont sur le type en cause | 63 h |

Toutes les données à disposition indiquent que le pilote a débuté son vol reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

- 1.2.2.2 Copilote
- Personne Citoyen danois, né en 1974
- Licence ATPL(A) selon OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) établie par la *United Kingdom Civil Aviation Authority* (CAA) le mai 2008
- Expérience de vol
- | | |
|--------------------------------|--------|
| Heures totales | 5196 h |
| Dont sur le type en cause | 338 h |
| Au cours des 90 derniers jours | 51 h |
| Dont sur le type en cause | 51 h |
- Toutes les données à disposition indiquent que le pilote a débuté son vol reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.
- 1.2.3 Collaborateurs du contrôle de la navigation aérienne
- 1.2.3.1 Secteur INS de Genève
- 1.2.3.2 Contrôleur radar Radar executive (RE)
- Personne Citoyen français, né en 1986
- Licence Contrôleur de la circulation aérienne (*Air Traffic Controller Licence*), basée sur la directive (EU) 2015/340 de la communauté européenne, établie par l'OFAC le 22 septembre 2011
- Qualifications de poste *Unit endorsement LSAG (Geneva Area), Sectors CTA (Control Area), UTA (Upper Traffic Area)*
Rating: Aera control surveillance (ACS)
- Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.
- 1.2.3.3 Contrôleur radar (RP)
- Personne Citoyen suisse, né en 1983
- Licence Contrôleur de la circulation aérienne (*Air Traffic Controller Licence*), basée sur la directive (EU) 2015/340 de la communauté européenne, établie par l'OFAC le 24 septembre 2004
- Qualifications de poste *Unit endorsement LSAG, Sectors CTA, UTA*
Rating: Aera control surveillance (ACS)
- Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.
- 1.2.3.4 Operateur FIC
- Personne Citoyen suisse, né en 1984
- Licence *Safety Related Task Licence*, basée sur la directive VAPF/OLPS (SR 746.222.3) de la communauté européenne établie par l'OFAC le 23 septembre 2015
- Qualifications de poste *LSAG, FIS, RAM (Radar Monitoring)*

Toutes les données à disposition indiquent que l'opérateur a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.3.5 Tour de contrôle de Sion

1.2.3.6 Contrôleur d'aérodrome

| | |
|----------|--|
| Personne | Citoyen suisse, né en 1959 |
| Licence | Contrôleur de la circulation aérienne (<i>Air Traffic Controller Licence</i>), basée sur la directive (EU) 2015/340 de la communauté européenne, établie par l'OFAC le 11 novembre 1990. |

Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.3.7 Contrôleur sol

| | |
|-------------------------|--|
| Personne | Citoyen suisse, né en 1975 |
| Licence | Contrôleur de la circulation aérienne (<i>Air Traffic Controller Licence</i>), basée sur la directive (EU) 2015/340 de la communauté européenne, établie la première fois par l'OFAC le 04 mars 1998. |
| Qualifications de poste | <i>Ratings: aerodrome control instrument (ADI), aerodrome control visual (ADV) approach control surveillance (APS)</i> <i>Rating endorsements: Precision Approach Radar (PAR), radar (RAD), radar APS, surveillance radar approach (SRA), tower control (TWR)</i> |

Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.3 Renseignements sur les aéronefs

1.3.1 HB-PRN

| | |
|------------------------|---|
| Type d'aéronef | PA-46-500TP |
| Caractéristique | Monomoteur pressurisé à turbine de construction métallique avec train d'atterrissage escamotable, d'une capacité de six occupants |
| Constructeur | Piper Aircraft Inc., Vero Beach, Etats-Unis d'Amérique |
| N° de série | 4697437 |
| Propriétaire | Privé |
| Exploitant | Privé |
| Equipment significatif | TAS Honeywell KTA 870 |
| Couleur | Blanc rouge et noir |

| | | |
|-------|-------------------------|--|
| 1.3.2 | NJE8NJ | |
| | Type d'aéronef | BD700 1A10 |
| | Caractéristique | Biréacteur, avion d'affaires |
| | Constructeur | Bombardier INC |
| | N° de série | 9757 |
| | Propriétaire | NetJets Transportes Áereos, S.A., Portugal |
| | Exploitant | NetJets Transportes Áereos, S.A., Portugal |
| | Équipement significatif | TCAS II |
| | Couleur | Blanc |

1.4 Renseignements météorologiques

1.4.1 Situation météorologique générale

Une zone de haute pression renforcée par une dorsale prédominait sur l'Europe centrale

1.4.2 Situation météorologique à l'heure de l'incident

Hormis quelques cirrus le ciel était dégagé. Au niveau de vol FL 150 la visibilité était supérieure à 70 km.

| | |
|------------------------------|--|
| Météo | Ensoleillé |
| Nébulosité | Pas de nébulosité |
| Visibilité | Supérieure à 70 km |
| Vent au FL 150 | 350 degrés, 20 kt |
| Température / point de rosée | -16 °C / -36 °C |
| Pression atmosphérique (QNH) | 1024 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée selon l'atmosphère standard de l'OACI |

1.4.3 Données astronomiques

| | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|
| Position du soleil | Azimut : 175° | Hauteur : 32° |
| Conditions d'éclairage naturel | Jour | |

1.4.4 Image Webcam

La vue de la figure 3 a été prise le 18 février 2017 à 12h30 LT (11:30 UTC) par la webcam placée à La Berneuse (Leysin), sommet montagneux situé à 27 km au nord du lieu où s'est déroulé l'incident et au travers duquel le Piper HB-PRN est passé environ 4 minutes plus tôt.

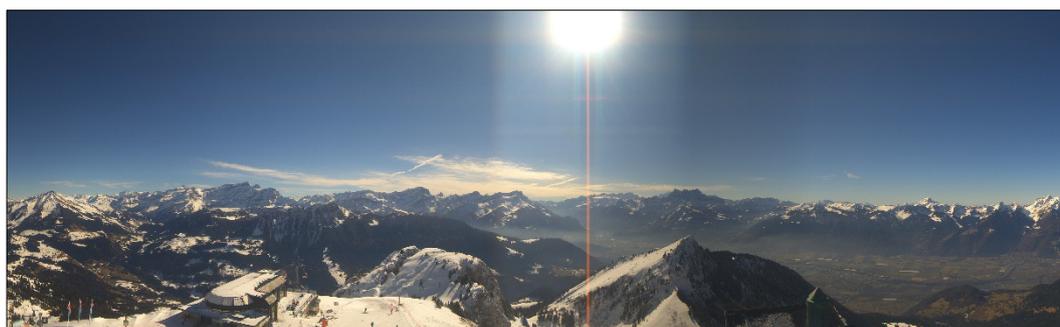


Figure 3 : Prise de vue face au sud à 12h30 LT le 18 février 2017.

1.5 Aides à la navigation

Le Global NJE8NJ suivait le départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance*, basé sur les radiophares SIO et SPR.

1.6 Télécommunications

Les communications radiotéléphoniques étaient de bonne intelligibilité; elles se déroulaient en français pour le pilote du Piper HB-PRN qui était en contact avec le centre d'information de vol FIC, en anglais pour l'équipage de conduite du Global NJE8NJ qui était sous le contrôle du secteur INS.

1.7 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport de Sion est situé dans la vallée du Rhône au sud-ouest de la Suisse. Il était exploité par les Forces Aériennes suisses (FA) et est également ouvert aux trafics civils VFR et IFR.

1.8 Enregistreurs de bord

Au moment où l'incident grave a été signalé au SESE, les enregistrements des conversations de poste de pilotage (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) du Global NJE8NJ n'étaient plus disponibles. Compte tenu des éléments déjà à disposition pour les besoins de l'enquête, il n'a pas été nécessaire d'avoir recours aux enregistrements de données de vol (*Flight Data Recorder – FDR*).

La réglementation n'impose pas l'emport d'enregistreurs de vol pour le type d'aéronefs à laquelle appartient le Piper HB-PRN ; ce dernier n'en était pas équipé.

1.9 Renseignements en matière d'organisation et de gestion

1.9.1 Service de la circulation aérienne

Issue de la société anonyme de droit privé Swisscontrol, la société Skyguide assure depuis le 1er janvier 2001 le service de la circulation aérienne dans l'espace aérien suisse et les espaces aériens étrangers dont le contrôle a été délégué à la Suisse.

1.9.2 Centre d'information de vol

Le centre d'information de vol (FIC) est un organisme des services de la circulation aérienne chargé d'assurer le service d'information (FIS) de vol et le service d'alerte.

Le service d'information de vol (FIS) est assuré pour tous les aéronefs auxquels les renseignements correspondants peuvent être utiles et

- a) auxquels est assuré le service du contrôle de la circulation aérienne ; ou
- b) dont la présence est connue par d'autres moyens des organismes de services de la circulation aérienne intéressés¹⁰.

L'opérateur FIC fournit aux pilotes des renseignements et des avis basés sur l'assistance radar et, dans la mesure du possible, des informations de circulation dans l'espace aérien de classe E. Il ne peut pas utiliser le radar pour assurer la séparation ou le guidage radars.

¹⁰ Annexe 11 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Service de la circulation aérienne.

1.9.3 Aéroport de Sion

1.9.3.1 Départ normalisé aux instruments SPR 2U high performance

En raison du relief important aux alentours de l'aéroport de Sion, le départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance* présente des pentes de montées importantes et est classé « grande performance » (*high performance*)¹¹. En cas de panne moteur, ces dernières ne peuvent plus être maintenues et une trajectoire de sortie doit être suivie conformément à une procédure d'urgence prescrite par l'exploitant ; les rayons de virages y sont faibles et, par prévention, l'équipage de conduite peut décider de ne pas accélérer et garder la configuration de décollage pendant la montée du départ normalisé.

La carte de départ SPR 2U *high performance* attire l'attention sur le fait qu'une partie de la procédure pénètre l'espace aérien de classe E et qu'il faut s'attendre à y rencontrer du trafic VFR sans communication radiotéléphonique et sans transpondeur.

1.9.3.2 Procédures règles de vol aux instruments

Source: AIP Switzerland, LSGS-SION, AD 2.22 Flight Procedures

Extraits pertinents (traduction de l'anglais)

Procédures spéciales pour l'approches et le départ IFR

L'utilisation des procédures d'approches et de départs de Sion selon les règles de vol aux instruments, est limitée aux pilotes, opérateurs et avions remplissant les qualifications appropriées. Les pilotes doivent détenir une qualification de type A ou B.

- La qualification de type A s'obtient en effectuant une préparation individuelle sur le site web : URL : www.sion-qualification.ch;
- La qualification de type B est obtenue après avoir réalisé un programme de vol à bord de l'avion ou dans un simulateur. Ce programme doit être soumis à un organisme agréé par l'autorité aéroportuaire de Sion.

En ce qui concerne la qualification de type B pour les aéronefs à équipage multiple, seul le pilote commandant de bord, qui doit être le pilote en fonction, doit être détenteur d'une qualification de type B, alors que le pilote assistant (*pilot monitoring* – PM) n'a besoin que d'une qualification de type A.

¹¹ Les départs normalisés aux instruments « *high performance* » permettent de suivre directement une trajectoire d'éloignement du VOR SIO, sans avoir à gagner de l'altitude dans un circuit visuel de montée.

Procédures de départ IFR

Si, de jour, les conditions météorologiques sont celles de vol à vue (*visual meteorological conditions - VMC*) jusqu'à l'altitude finale du départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance*, ce dernier peut être emprunté par des pilotes détenteurs de la qualification A.

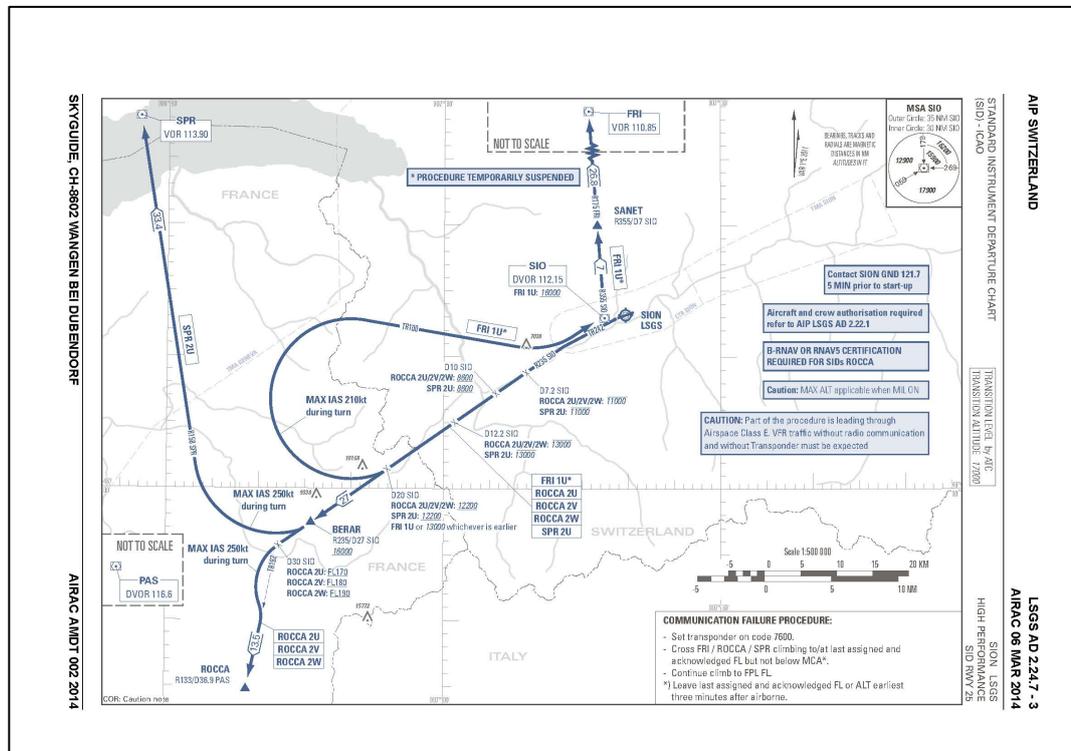


Figure 4 : Carte de départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance*.

1.9.4 Procédures d'exploitation pour les vols empruntant le départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance*

Avant qu'un vol empruntant le départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance* soit autorisé à décoller, le service de contrôle d'aérodrome de Sion doit demander une libération de départ (*departure release*) au secteur INS du service de contrôle régional de Genève. Une fois cette dernière obtenue et que le vol est en phase de montée, le contrôleur ADC de Sion doit le transférer au secteur INS lorsqu'il passe l'altitude de 13 000 ft.

1.9.5 Renseignements sur l'espace aérien

1.9.5.1 Classes d'espaces aériens

L'OACI définit les espaces aériens des services de la circulation aérienne comme étant des espaces de dimensions finies, désignées par une lettre de l'alphabet, à l'intérieur desquels des types précis de vol sont autorisés et pour lesquels il est spécifié des services de la circulation aérienne et des règles d'exploitation; ils appartiennent aux classes A à G.

Les espaces aériens de classes C et D sont définis comme suit :

Espace aérien de classe C : les vols IFR et VFR sont admis ; il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols et la séparation est assurée entre vols IFR et entre vols IFR et vols VFR. Les vols VFR sont séparés des vols IFR et reçoivent des informations de circulation relatives aux autres vols VFR.

Espace aérien de classe D : les vols IFR et VFR sont admis, et il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols ; la séparation est assurée entre vols IFR et les vols IFR reçoivent des informations de circulation relatives aux vols VFR; les vols VFR reçoivent des informations de circulation relatives à tous les autres vols.

1.9.5.2 L'aéroport de Sion

L'aéroport de Sion se trouve dans une zone de contrôle (*Control Zone – CTR*) de classe D qui s'élève jusqu'au niveau de vol FL 130. A l'est, une région de contrôle terminale (*Terminal Area – TMA*) de classe D divisée en 3 parties (TMA 1, 2 et 3), est activable par NOTAM durant les activités militaires. Au moment de l'incident grave, elle n'était pas active et l'opération aérienne militaire pas en vigueur.

Le départ normalisé aux instruments SPR 2U *high performance* traverse successivement les espaces aériens de classes D, E puis C à partir du Niveau FL 150.

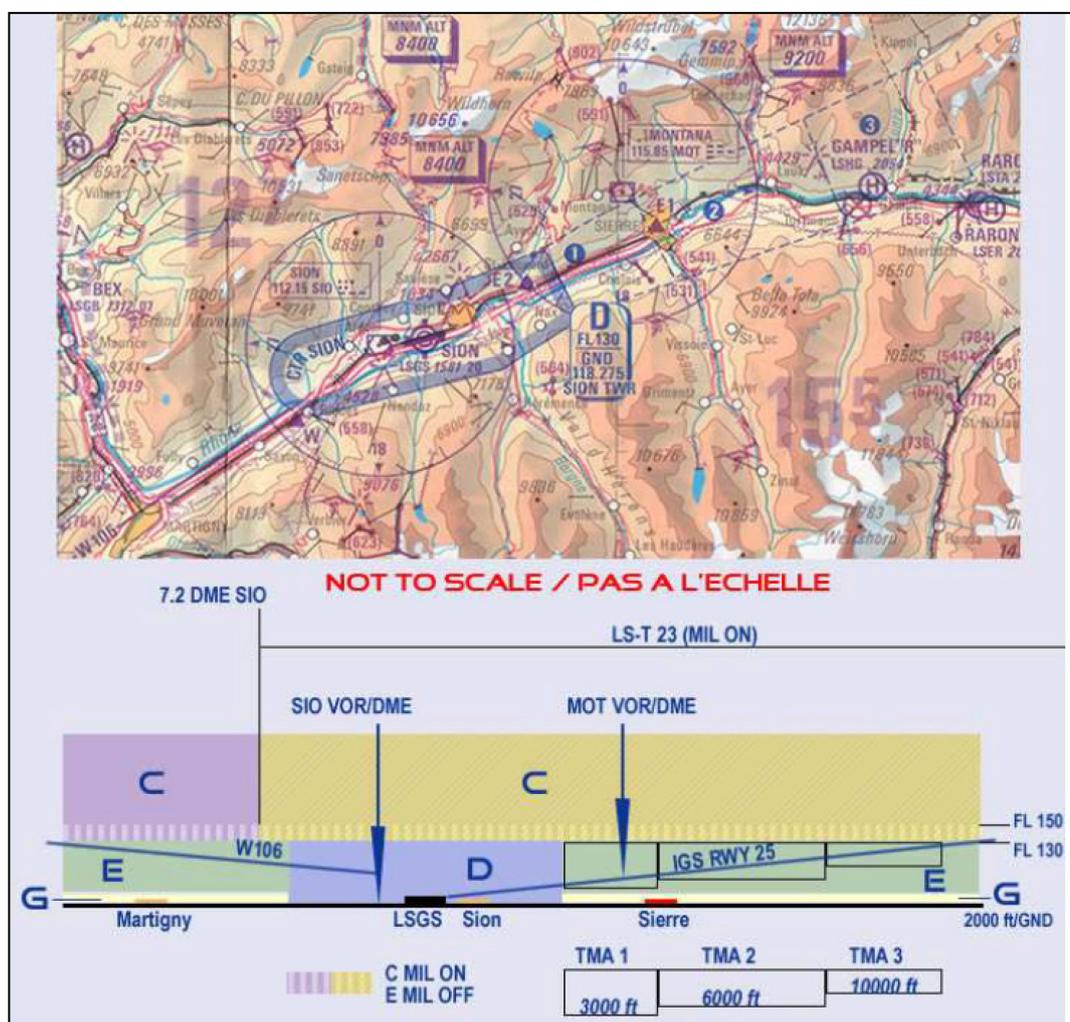


Figure 5 : Espaces aériens au départ de l'aéroport de Sion.

1.9.6 Espace aérien dans lequel s'est déroulé l'incident grave

L'incident grave s'est déroulé dans l'espace aérien de classe E, dans lequel sont admis les vols VFR et IFR ; ces derniers doivent avoir une clairance ATC et être en permanence en communication radiotéléphonique avec les services de contrôle de la circulation aérienne, qui assurent une séparation entre eux.

Les vols VFR peuvent évoluer dans l'espace aérien de classe E sans clairance et sans contact radiotéléphonique avec les services de la circulation aérienne. La prévention des abordages entre les vols VFR-VFR et IFR-VFR est régie par la règle SERA¹².3205 qui stipule : « *Un aéronef n'évolue pas à distance d'un autre aéronef telle qu'il puisse en résulter un risque d'abordage.* »

Dans l'espace aérien de classe E, des informations de circulation sont communiquées à tous les vols dans la mesure du possible. Au-dessus de l'altitude de 7000 ft, les aéronefs à moteur doivent être équipés d'un transpondeur mode S et l'exploiter.

La figure 6 situe le lieu de l'incident sur la carte d'altitude minimale de surveillance du contrôle de la circulation aérienne : en dessous des altitudes indiquées, les contrôleurs ne sont pas autorisés à effectuer du guidage radar.

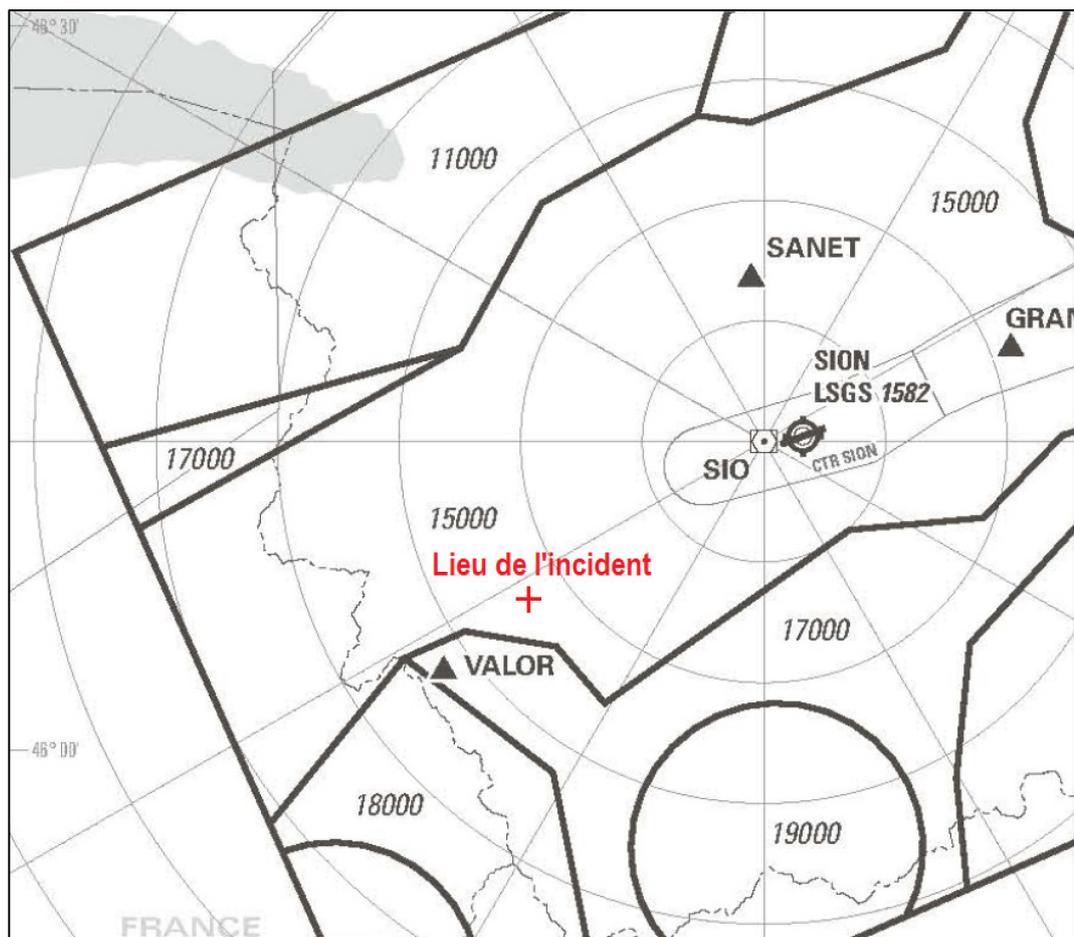


Figure 6 : Carte d'altitude minimale de surveillance du contrôle de la circulation aérienne.

1.10 Systèmes d'alertes et filets de sauvegarde

1.10.1 Le système TCAS

Le Global NJE8NJ était équipé d'un système anticollision TCAS qui, au moyen des signaux du transpondeur de radar de surveillance secondaire (SSR) et indépendamment des systèmes au sol, renseigne le pilote sur les aéronefs dotés d'un transpondeur SSR qui risque d'entrer en conflit avec son aéronef. Outre des avis

¹² SERA: *Standardised European Rules of the Air*, règles de l'air communes et les dispositions opérationnelles relatives aux services et procédures de navigation aérienne.

de circulation (TA) qui indiquent qu'un intrus particulier constitue une menace possible, ce système émet des avis de résolution (RA) ayant pour objet de recommander :

- a) d'exécuter une manœuvre dans le plan vertical afin que soit assurée la séparation nécessaire avec toutes les menaces, ou
- b) de se conformer à une restriction de manœuvre dans le plan vertical afin que soit maintenue la séparation existante¹³.

1.10.2 Le système avertisseur de trafic

Le Piper HB-PRN était équipé d'un système avertisseur de trafic (*Traffic Advisory System* – TAS). Il s'agit d'un appareil « actif » qui surveille l'espace aérien en interrogeant les transpondeurs des aéronefs environnants et qui en calcule la distance, l'altitude relative et le taux de rapprochement. Il les visualise sur l'écran du système de navigation et les signale comme menace s'il y a risque de collision. Les symboles représentant les aéronefs ne les identifient pas et ne donnent qu'une indication approximative de leur position relative. L'affichage du TAS n'a ainsi pour but que de faciliter l'acquisition visuelle des aéronefs environnants. Contrairement au système TCAS II, le TAS ne possède pas la capacité d'émettre des avis de résolution ; il fournit uniquement des renseignements pour faciliter le déclenchement de mesures conformes au principe « voir et éviter¹⁴ » (*see and avoid*).

1.10.3 Le système STCA

Intégré au système de traitement radar desservant les secteurs du centre de contrôle de Genève, l'avertisseur de conflit à court terme (*Short Term Conflict Alert* - STCA) est un filet de sauvegarde qui, en cas de rapprochement à risque d'aéronefs dans le plan vertical, respectivement horizontal, avertit le contrôleur au moyen d'une alerte sonore et visuelle. Le système STCA permet de détecter un conflit imminent entre deux aéronefs en vol, à condition que ceux-ci soient équipés d'un transpondeur mode C.

1.11 Renseignements supplémentaires

1.11.1 Collisions possibles entre deux aéronefs

Dans un espace aérien donné, le nombre P de collisions possibles entre deux aéronefs est donné par la formule¹⁵ : $P = N \times (N-1)/2$ où N est le nombre d'aéronefs qui y évoluent. Dans cette seule optique, le nombre de paires de collisions possibles augmente donc quasiment avec le carré de la densité du trafic. Cependant, la fréquence des collisions ne suit pas cette loi car elle est réduite par les systèmes de sécurité que constituent les règles de vol, les services de la circulation aérienne, l'observation visuelle pour les vols non séparés. A un stade avancé du risque, les systèmes anticollisions embarqués constituent les filets de sauvegarde.

1.11.2 Le principe « voir et éviter »

Pour les règles de vol à vue, l'observation visuelle mentionnée dans le paragraphe précédent, suit le principe « voir et éviter » qui est la méthode de base d'évitement des collisions avec un autre aéronef. Il est basé sur un balayage visuel actif de

¹³ Source : Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Télécommunications aéronautiques, Volume IV Systèmes de surveillance et anticollision.

¹⁴ Voir & 1.11.1

¹⁵ *Australian Transport Safety Bureau – ATSB « Limitation of the See-and-Avoid Principle »*

l'espace visible en dehors de l'avion et sur la capacité de détecter les risques de collision, permettant de prendre les mesures nécessaires pour les éviter.

Dans son document intitulé « Les limites des capacités de perception humaines : De l'utilité de la règle « voir et éviter » pour prévenir les collisions », l'OFAC signifie que les pilotes doivent être conscients qu'il s'écoule en moyenne 12,5 s entre le moment où ils perçoivent le risque de collision avec un aéronef et l'amorce d'une manœuvre d'évitement. L'ouvrage de l'*Australian Transport Safety Bureau – ATSB « Limitation of the See-and-Avoid Principle »* auquel l'OFAC réfère, précise que ce délai¹⁶ tient compte de cinq facteurs : du temps qu'il faut pour reconnaître la menace, qu'elle est liée à un risque de collision, le temps nécessaire pour décider des mesures à prendre, celui pour exécuter la manœuvre et le temps que l'avion met à y répondre.

Dans le même document, l'OFAC fait également mention à un article de SKYbrary où l'adéquation du principe « voir et éviter » est remis en question, notamment en raison de la vitesse élevée des avions commerciaux modernes et du fait qu'il est rarement fait référence dans les procédures d'exploitation des transporteurs aériens, ceux-ci opérant principalement dans l'espace aérien contrôlé. Dans le document de l'ATSB, il est estimé que le principe « voir et éviter » permet d'éviter 97 % des collisions à des vitesses de rapprochement comprises entre 101 et 199 nœuds, mais seulement 47 % lorsqu'elle est supérieure à 400 nœuds (Graham and Orr 1970).

1.11.3 Rapprochements dangereux similaires survenus dans la région de l'incident grave

Des rapprochements dangereux similaires ont lieu régulièrement suite à un départ IFR de Sion dans la région de l'espace aérien de classe E où s'est déroulé l'incident grave, sans qu'aucune règle de l'air ne soit enfreinte. Les cas suivants ont été signalés au SESE.

Décembre 2014

Le 23 décembre 2014, un Cessna 560 X Citation Excel suivant un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion, s'est rapproché dangereusement d'un monomoteur Cessna 172R Skyhawk qui croisait à l'altitude de 12 000 ft. Ce dernier volait selon les règles de vol à vue, cap au nord et n'était pas en contact radiotéléphonique avec les services de la circulation aérienne. L'équipage de conduite du Cessna Citation a signalé une alarme « TCAS RA » au service de contrôle de la circulation aérienne de Sion, a effectué un virage par la droite puis a rejoint sa route de départ. Les deux avions sont passés au plus près l'un de l'autre à 0.8 NM horizontalement et 1125 ft verticalement (figure 7).

¹⁶ FAA advisory circular 90-48-C

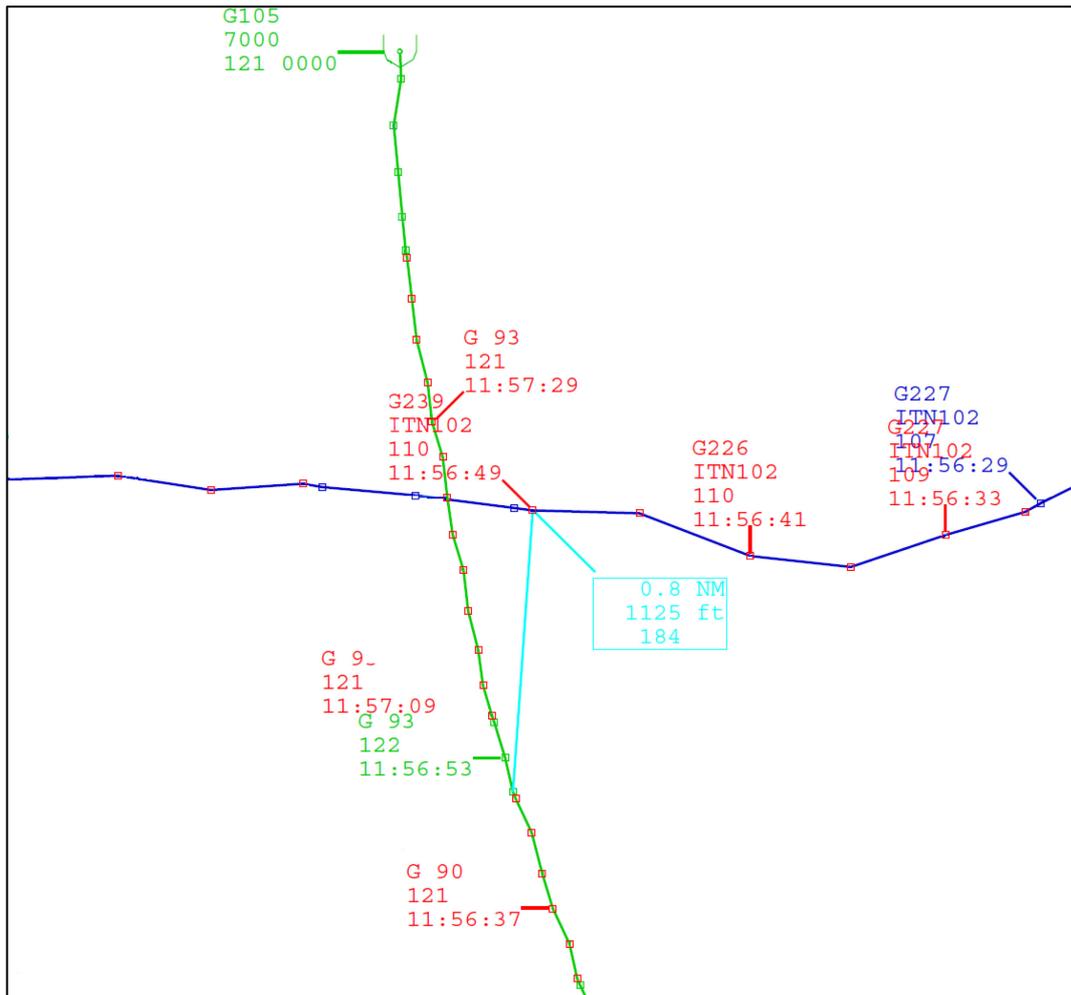


Figure 7 : Tracés radar du croisement non contrôlé entre un Cessna 560X (ITN102) et un Cessna 152 R.

Juin 2017

Le 20 juin 2017, un Dassault Falcon 2000 en montée IFR au départ de l'aéroport de Sion croise à angle droit un Robin DR-400 qui volait selon les règles de vol à vue à 9 400 ft. Le pilote de ce dernier a été avisé par une information de circulation et a annoncé l'acquisition visuelle du trafic. Le rapprochement maximum entre les deux avions a été de 1.2 NM latéralement et 325 ft verticalement (figure 8).

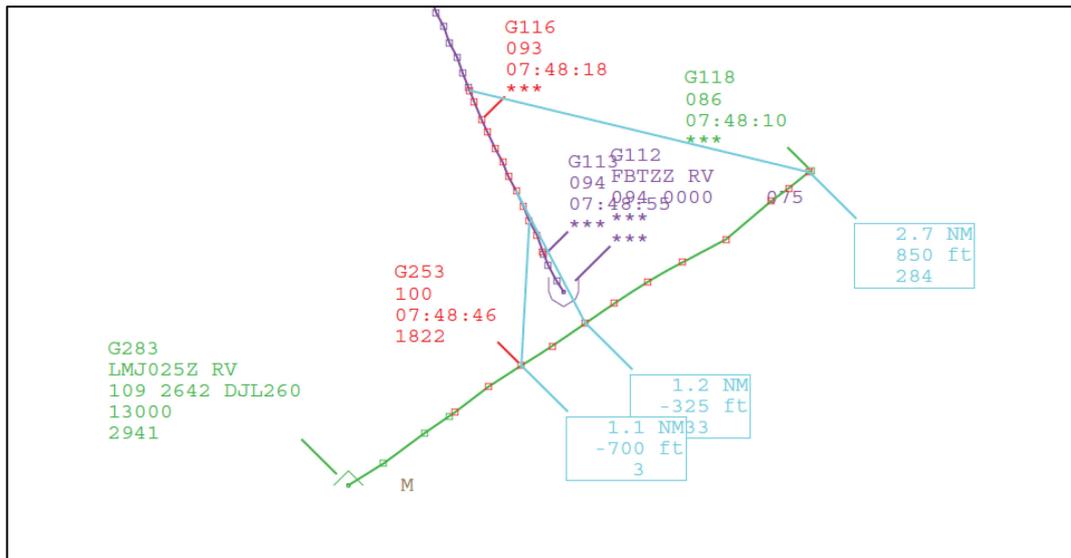


Figure 8 : Tracés radar du croisement non contrôlé entre un Falcon 2000 (LMJ025Z) et un Robin DR-400.

Décembre 2017

Le 31 décembre 2017, un Cessna 501 Citation en montée IFR au départ de l'aéroport de Sion s'est rapproché dangereusement d'un monomoteur Piper PA-28 Cessna qui croisait à 10'400 ft cap au nord-ouest. En contact radiotéléphonique avec le FIC de Genève, le pilote de ce dernier a été avisé par des informations de circulation et a annoncé l'acquisition visuelle du trafic. Le rapprochement maximum entre les deux avions a été de 0.5 NM latéralement et 25 ft verticalement (figure 9).

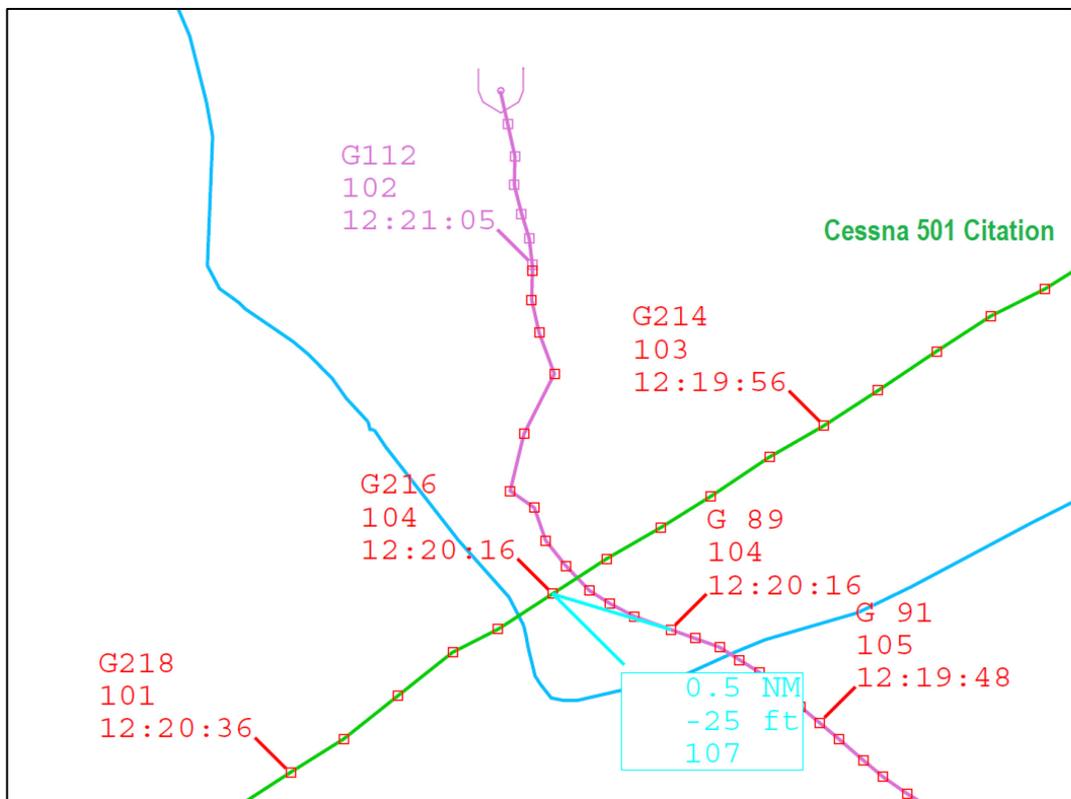


Figure 9 : Tracés radar du croisement non contrôlé entre un Cessna 501 Citation et un Piper PA-28.

Mai 2018

Le 6 mai 2018, de retour d'un vol de plaisance dans la région du Cervin, un Cessna 172RG Cutlass croise la route d'un Pilatus PC12 qui suivait un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion. Le rapprochement maximal a eu lieu à l'altitude de 9300 ft et les avions sont passés au plus près l'un de l'autre à 0.2 NM horizontalement et 375 ft verticalement (figure 10). Le pilote du Cessna a vu le Pilatus qu'une fois que ce dernier lui soit passé en-dessous.

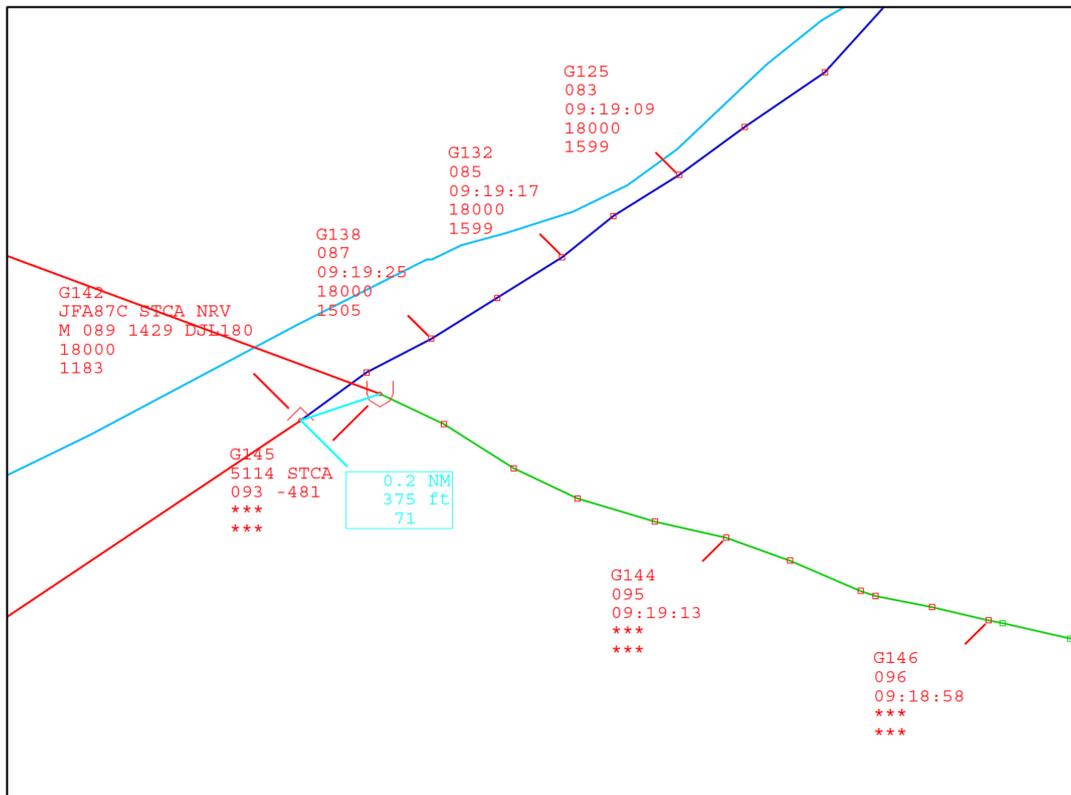


Figure 11 : Tracés radar du croisement non contrôlé entre un Pilatus PC12 (JFA87C) et un Cessna 172RG.

Juillet 2018

Environ 2 mois plus tard, le 19 juillet 2018 un Piper PA-28 évoluant selon les règles de vol à vue, converge vers la route de départ IFR d'un Cessna 525A qui venait de décoller de l'aéroport de Sion. L'équipage de conduite de ce dernier a déclaré avoir acquis visuellement la menace ; les tracés radar montrent qu'après avoir accéléré à la vitesse sol de 290 kt au-dessus du niveau de vol FL 100, il est passé d'un taux de montée de 1500 ft/min à plus de 7000 ft/min pour passer au-dessus du Piper avec une marge de hauteur de 725 ft (figure 11). Le pilote de ce dernier n'a vu la menace qu'une dizaine de secondes avant le croisement.

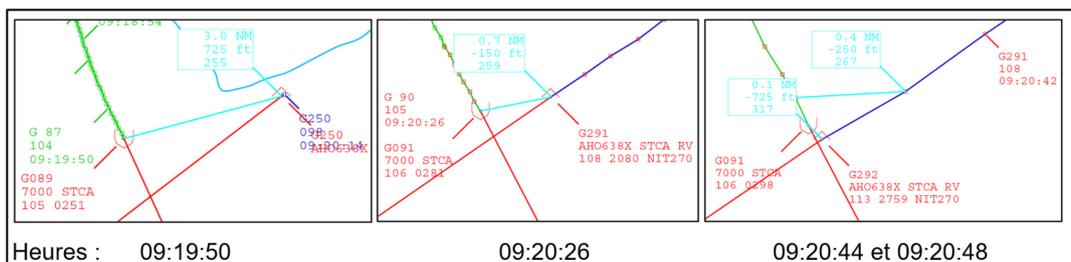


Figure 11 : Tracés radar du croisement non contrôlé entre Cessna 525A (AHO638X) et un Piper PA-28.

Septembre 2020

Le 4 septembre 2020, un Embraer 505 suivant un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion, s'est rapproché dangereusement d'un motoplaneur croisant en direction opposée à l'altitude de 12 000 ft. Une alarme TCAS a été émise à son bord et son équipage de conduite a interrompu la montée pour effectuer un palier à l'altitude d'environ 11 000 ft. Les aéronefs sont passés au plus près l'un de l'autre à 0.75 NM horizontalement et 1200 ft verticalement (figure 12).

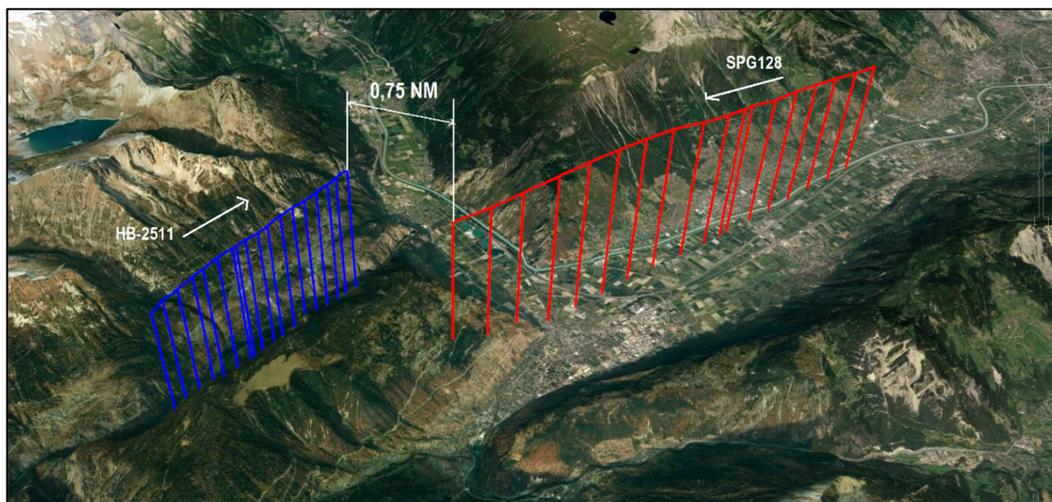


Figure 12 : Trajectoires des aéronefs reproduites sur Google Earth.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête n'a révélé aucune défectuosité technique ayant pu provoquer l'incident grave ou contribuer à son déclenchement.

2.2 Aspects relatifs à la conduite des vols – Comportements des pilotes face aux alarmes

2.2.1 Pilote du Piper HB-PRN

Contrairement au référentiel fixe par rapport auquel sont basés les écrans radar des services de la circulation aérienne, celui de l'affichage du système TAS est mobile puisque physiquement lié à l'avion ; il visualise ainsi les aéronefs environnants de manière relative.

Les deux avions conflictuels avaient des routes perpendiculaires, mais sur l'affichage du système TAS du Piper HB-PRN, le symbole représentant le Global NJE8NJ semblait converger à un angle d'environ 45° par la gauche. Face au soleil, ne parvenant pas à acquérir visuellement le trafic que lui signalait l'opérateur FIC, le pilote du Piper HB-PRN ne s'est fié qu'à cette seule information et s'est écarté par la droite d'un danger qu'il percevait sans s'en rendre compte de manière relative. Sur le plan horizontal, le virage d'évitement a, en fait, rapproché de manière tangentielle sa trajectoire de celle du Global NJE8NJ. Verticalement, en tournant le Piper est descendu de 500 ft au taux de 3000 ft/min.

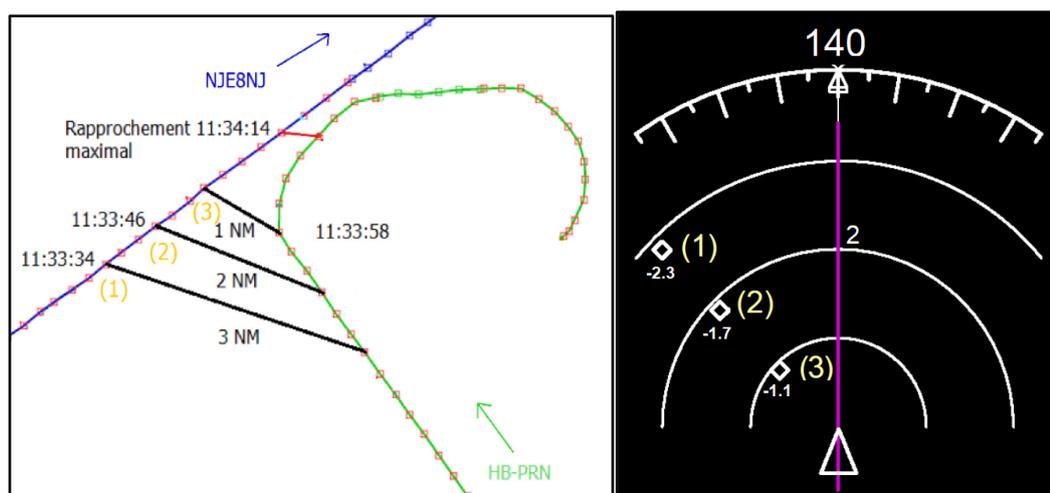


Figure 13 : Représentation schématique du symbole de NJE8NJ sur l'affichage du système TAS de HB-PRN : l'avion semble se rapprocher sous une trajectoire à 45°.

2.2.2 L'équipage de conduite du Global NJE8NJ

La figure 14 représente les trajectoires des avions conflictuels et les alarmes parlées des avis de résolution émis à bord du Global NJE8NJ.

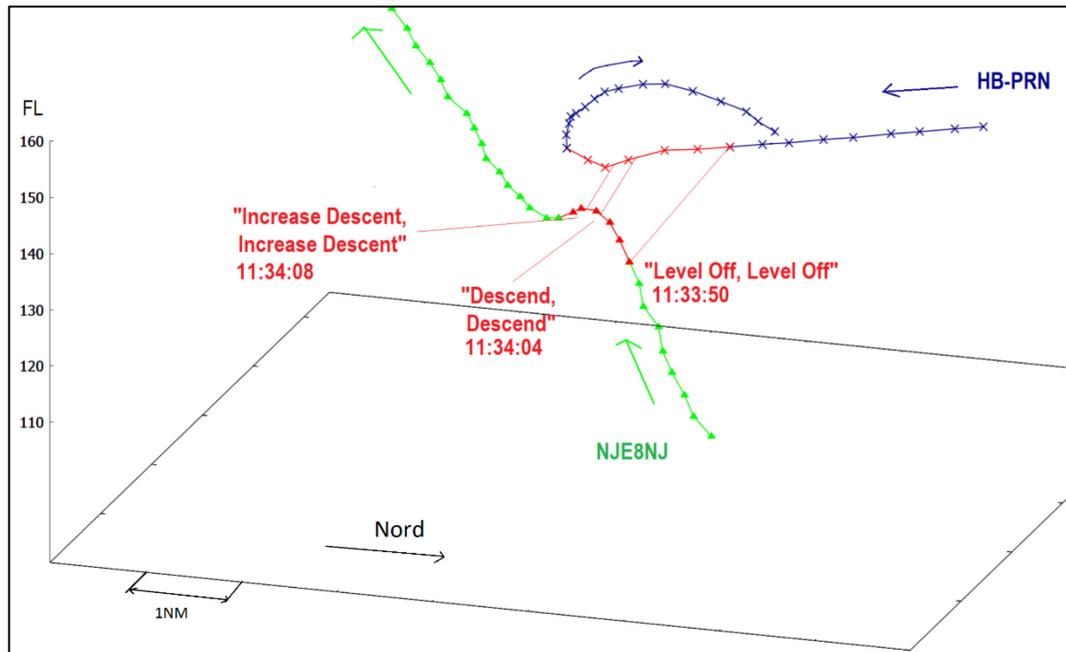


Figure 14 : Alarmes parlées des avis de résolution émis à bord du Global NJE8NJ.

Le premier avis de résolution « *Level Off, Level Off* » (11:33:50 UTC) a été émis en raison de l'important taux de montée (3000 ft/min) qu'avait le Global NJE8NJ et que le contrôleur RE demandait d'augmenter. L'équipage de conduite a réagi plus rapidement que le sursis de 5 s attribué au modèle de pilote type¹⁷, mais avec une force insuffisante pour contrer le maintien de la vitesse verticale combinée des deux avions induit par la descente inattendue du Piper. A 11:34:04 UTC, la vitesse verticale du Global NJE8NJ change de sens et devient négative mais l'alarme « *Level Off, Level Off* » ne suffit plus à parer à la nouvelle géométrie du conflit ; le TCAS recommande alors aux pilotes de descendre.

La vitesse indiquée (170 kt) du Global NJE8NJ était relativement basse et a obligé ses pilotes à effectuer des changements d'assiette importants pour répondre aux avis de résolution vers le bas, émis pendant les 30 s des alarmes TCAS. La plage des vitesses indiquées était limitée vers le haut par la vitesse maximale volets sortis et rendait difficile à suivre les manœuvres d'évitement à taux de variation élevés recommandées par le système anticollision.

¹⁷ Modèle de pilote type : modèle utilisé dans l'évaluation de la performance de la logique anticollision.

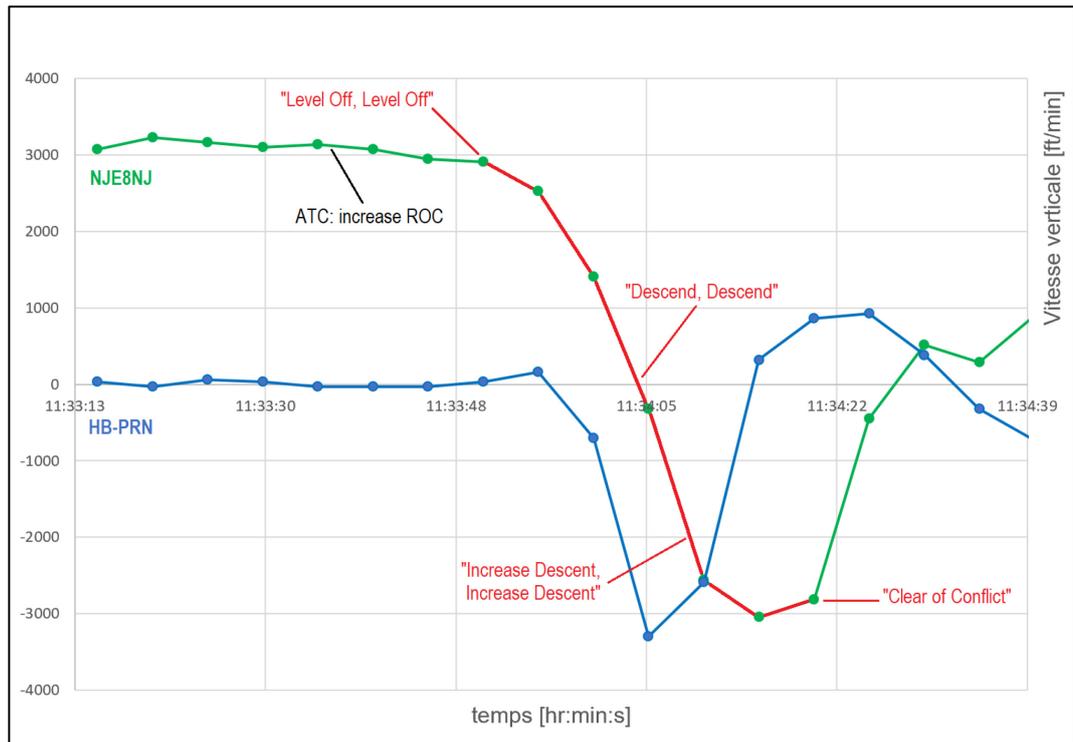


Figure 15 : Vitesses verticales des avions conflictuels ; la vitesse verticale combinée est représentée par l'écart vertical entre les deux courbes.

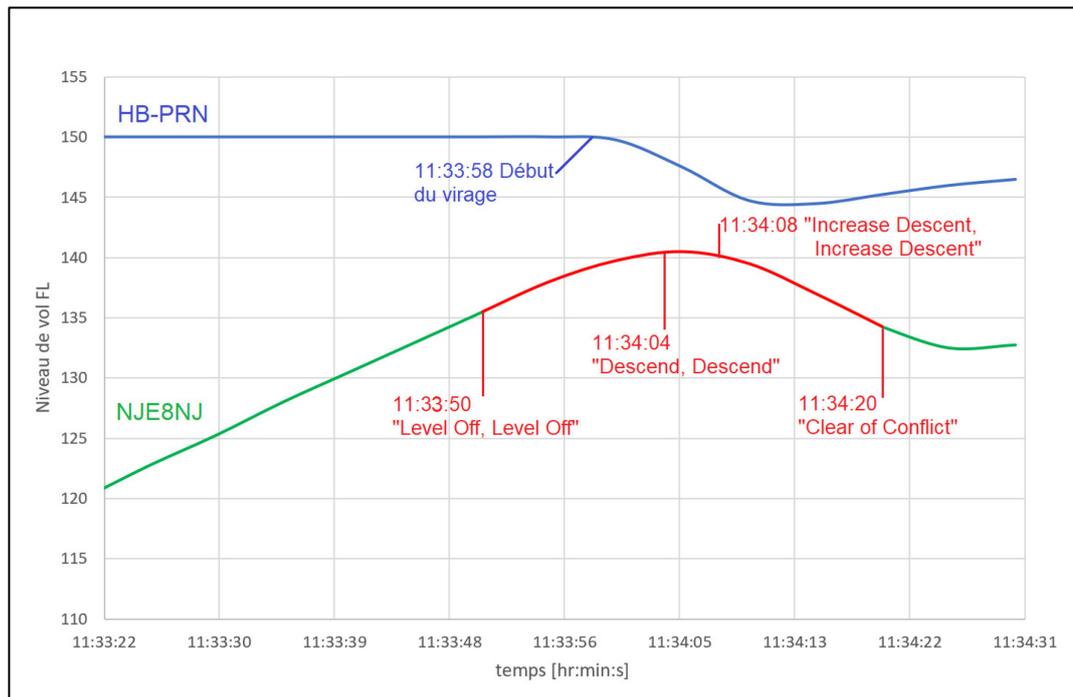


Figure 16 : Profils verticaux des avions conflictuels lors de l'émission des avis de résolution à bord de NJE8NJ.

2.3 Aspects relatifs à l'organisation de l'espace aérien

Comme indiqué dans le chapitre 1.11.1, la fréquence des collisions dans un espace aérien donné est réduite par les systèmes de sécurité que constituent les règles de vol, les services de la circulation aérienne et l'observation visuelle pour les vols non séparés.

L'incident grave et les rapprochements dangereux similaires mentionnés dans ce rapport, ont eu lieu dans un couloir de départ IFR, un endroit donc où le trafic aérien est plus concentré. Dans la région de Martigny, cette voie traverse un espace très fréquenté par les vols VFR, dont la présence ou le parcours ne sont pas forcément connus des services de la sécurité aérienne. La densité de trafic y est donc importante et de facto le nombre de paires de collision possibles plus élevé. Le risque d'abordage peut devenir alors plus que corrélé au seul principe « voir et éviter ».

Comme observé dans cet incident grave, tels qu'ils interviennent dans l'espace aérien de classe E, les services de la circulation aérienne ne peuvent pas contribuer de manière optimale au système de sécurité ; les informations de circulation, lorsqu'il est possible d'en donner, n'aident pas toujours à diminuer le risque de rapprochement dangereux. L'intégration des couloirs de départ IFR de Sion dans l'espace de classe E nécessite la contribution du service de contrôle de la circulation aérienne, dont les critères de travail s'accommodent mal avec le flou qui entourent l'activité souvent aléatoire des vols VFR et celui du principe « voir et éviter ». Viennent ensuite s'ajouter des entraves inhérentes à la topographie de la région : les départs de Sion ne sont visibles sur les écrans radar des services de la circulation aérienne de Genève qu'à partir environ du niveau de vol FL 100. Le guidage radar ne peut s'effectuer qu'au-dessus des altitudes minimales de surveillances dont la plus petite valeur est 15 000 ft (voir figure 6). Sans moyen d'intervention, les contrôleurs INS ne sont désormais plus que spectateurs du conflit et le système anticollision TCAS peut constituer l'ultime moyen d'éviter l'abordage.

L'incident grave et les rapprochements dangereux similaires mentionnés dans ce rapport constituent des exemples des limites du principe « voir et éviter » dans l'espace aérien de classe E. Ce concept n'est pas commun chez les pilotes IFR, dont le travail consiste principalement à conduire le vol au moyen d'interfaces « tête basse ». Par exemple, la gestion du départ « grande performance » normalisé aux instruments SPR 2U *high performance* demande une attention importante, qui réduit le temps que l'équipage de conduite peut réserver à la surveillance visuelle de l'espace aérien. En plus, il est reconnu¹⁸ que l'augmentation de la charge de travail provoque une réduction du champ visuel du pilote, pouvant aller jusqu'à provoquer un effet tunnel.

L'augmentation des vitesses de rapprochement inhérente à l'intégration des jets d'affaires dans l'espace aérien de classe E, constitue un facteur supplémentaire affectant l'efficacité du principe « voir et éviter ». Comme le montre le rapprochement dangereux présenté sur la figure 11, elle réduit les marges des manœuvres d'évitement : le pilote du Piper PA-28 n'a vu le Cessna 525A qu'une dizaine de secondes avant le croisement. Si le danger était venu d'un avion léger évoluant à une vitesse similaire, son pilote l'aurait acquis visuellement une trentaine de secondes avant le croisement et aurait disposé de presque 3 fois plus de temps que celui nécessaire à l'amorce d'une manœuvre d'évitement (12.5 s).

L'incident grave est survenu sans qu'aucune règle de l'air n'ait été enfreinte. Il est à l'évidence d'origine systémique, occasionné par le manque de protection contre les abordages, que présente l'espace aérien de classe E dans l'environnement particulier qui englobe des vols VFR et IFR dans une topographie montagneuse.

Dans ce contexte, le principe « voir et éviter » à lui seul ne constitue pas un système de sécurité suffisant.

¹⁸ Australian Transport Safety Bureau (ATSB) : « Limitation of the See-and-Avoid Principle »

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Cadre général

- L'incident grave a eu lieu dans l'espace aérien de classe E.
- Le rapprochement dangereux a impliqué le Global NJE8NJ suivant un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion, avec le Piper HB-PRN en croisière au niveau de vol FL150 volant selon les règles de vol VFR.
- L'équipage de conduite du Global NJE8NJ était en contact radiotéléphonique avec le service INS du contrôle de la circulation aérienne de Genève, le pilote du Piper HB-PRN avec le centre d'information de vol de Genève (*Flight Information Centre* – FIC).
- L'incident s'est produit dans un ciel sans nuage et une visibilité de plus de 70 km. Le pilote du Piper HB-PRN volait face au soleil.
- Les pilotes, contrôleurs de la circulation aérienne et opérateur FIC n'ont à aucun moment enfreint les règles de l'air.
- Plusieurs rapprochements dangereux similaires ont eu lieu dans le même espace aérien de classe E, sans qu'aucune règle de l'air n'ait été enfreinte.

3.1.2 Aspects techniques

- L'enquête n'a révélé aucune défectuosité ayant pu contribuer ou provoquer l'incident grave.

3.1.3 Aspects opérationnels

- Le Global NJE8NJ était équipé d'un système anticollision TCAS, le Piper HB-PRN d'un système TAS.
- Les contrôleurs de la circulation aérienne et l'opérateur FIC impliqués dans l'incident grave étaient titulaires de licences adéquates.
- L'opérateur FIC et le contrôleur RE INS ont transmis à plusieurs reprises aux pilotes des informations de circulations concernant le rapprochement dangereux.
- Les pilotes du Global NJE8NJ et du Piper HB-PRN étaient titulaires de licences adéquates.
- Aucun des pilotes impliqués dans l'incident grave n'a acquis visuellement l'avion conflictuel.
- Le pilote du Piper HB-PRN a effectué un virage à droite de 180° et en même temps une descente rapide (3000 ft/min) uniquement sur la base des indications de son système TAS.
- L'équipage de conduite du Global NJE8NJ a correctement suivi les avis de résolution recommandés par le système TCAS.
- Les données radar montrent que le rapprochement entre HB-PRN et NJE8NJ a été maximal à 11:34:14 UTC; les avions sont passés à 0.423 NM horizontalement et 675 pieds verticalement l'un de l'autre.

3.2 Causes

Dans le seul objectif de l'amélioration de la sécurité aérienne, l'organisme d'enquête exprime son avis au sujet des risques et dangers qui ont été identifiés au cours de l'enquête et qui devraient être évités à l'avenir. A cet effet, les termes et expressions utilisés ci-dessous sont à l'usage exclusif de la prévention. L'établissement des causes et des facteurs contributifs n'implique pas l'attribution de fautes ou la détermination d'une responsabilité administrative, civile ou criminelle.

L'incident grave est dû au rapprochement dangereux dans un espace aérien de classe E de deux avions volant sur des trajectoires perpendiculaires, l'un en montée suivant un départ normalisé aux instruments, l'autre en vol en palier selon les règles de vol à vue.

Le classement de l'espace aérien inadapté à l'environnement topographique et aux opérations qu'il englobe a joué un rôle dans la survenue de l'incident grave.

4 Recommandations de sécurité et mesures prises après l'incident grave

4.1 Recommandations de sécurité

Selon l'Annexe 13 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et l'art. 17 du règlement (UE) n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile et abrogeant la directive 94/56/CE, toutes les recommandations de sécurité formulées dans le présent rapport sont adressées aux autorités de surveillance de l'État concerné, qui peuvent choisir de les appliquer en tout ou partie. Cependant toutes les organisations, entreprises et personnes sont invitées à améliorer la sécurité aérienne conformément aux objectifs poursuivis par les recommandations de sécurité.

Concernant les recommandations de sécurité, la législation suisse prévoit dans l'ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT) la réglementation suivante :

« Art. 48 *Recommandations en matière de sécurité*

¹ *Le SESE adresse les recommandations en matière de sécurité à l'office fédéral compétent et en informe le département compétent. En cas de problèmes de sécurité urgents, il informe immédiatement le département compétent. Il peut donner son avis sur les rapports de mise en œuvre de l'office fédéral à l'attention du département compétent.*

² *Les offices fédéraux informent périodiquement le SESE et le département compétent de la mise en œuvre des recommandations ou des raisons pour lesquelles ils ont renoncé aux mesures.*

³ *Le département compétent peut adresser des mandats de mise en œuvre à l'office fédéral compétent. »*

Le SESE publie les réponses de l'office fédéral compétent ou des autorités de surveillance étrangères sur son site (www.sust.admin.ch), offrant de la sorte un aperçu quant au degré de mise en œuvre de la recommandation de sécurité correspondante.

4.1.1 Rapprochement dangereux entre 2 vols, IFR et VFR, dans un espace aérien E

4.1.1.1 Déficit de sécurité

Par beau temps, dans l'espace aérien de classe E, un biréacteur d'affaire suivant un départ normalisé aux instruments de l'aéroport de Sion s'est rapproché dangereusement d'un monomoteur à turbine qui croisait au niveau de vol FL 150 et volait selon les règles de vol à vue (*Visual Flight Rules – VFR*). L'avion en montée était en contact radiotéléphonique avec le service INS (INI Sud) du contrôle de la circulation aérienne de Genève, celui en croisière avec le centre d'information de vol de Genève (*Flight Information Center – FIC*). Le conflit potentiel a été signalé par l'avertisseur de conflit à court terme (*Short Term Conflict Alert – STCA*) des services de la circulation aérienne et des informations de circulation ont été transmises aux pilotes des deux avions. Aucun de ces derniers n'a pu acquiescer visuellement la menace. Le biréacteur se trouvait en dessous des altitudes minimales de surveillances et le contrôleur RE INS n'était dès lors pas autorisé à effectuer de guidage radar pour résoudre le conflit potentiel. Le système d'avertissement de trafic et d'évitement de collision (*Traffic Alert and Collision Avoidance System – TCAS*) du biréacteur a émis des avis de résolution (*Resolution Advisory – RA*) correctifs que l'équipage de conduite a correctement suivis. Les avions sont pas-

sés à 0.4 NM horizontalement et 675 pieds verticalement l'un de l'autre. Les pilotes, contrôleurs de la circulation aérienne et opérateur FIC n'ont à aucun moment enfreint les règles de l'air.

4.1.1.2 Recommandation de sécurité n° 575

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) devrait reconsidérer la classification de l'espace aérien concerné par les arrivées et les départs IFR de Sion, de manière à ce que tous les vols qui y évoluent puissent être gérés par le service de contrôle de la circulation aérienne.

4.2 Avis concernant la sécurité

Aucun

4.3 Mesures prises après l'incident grave

Aucune

| |
|---|
| <p>Ce rapport final a été approuvé par la commission du Service suisse d'enquête de sécurité SESE (art. 10 lit. h de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports du 17 décembre 2014).</p> |
|---|

Berne, 31 mai 2022

Service suisse d'enquête de sécurité