

# Service suisse d'enquête de sécurité SESE

## Rapport annuel 2017



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Service suisse d'enquête de sécurité SESE

## **Impressum**

Service suisse d'enquête de sécurité SESE

Adresse : 3003 Berne

Tél. +41 58 466 33 00

Fax +41 58 466 33 01

[www.sese.admin.ch](http://www.sese.admin.ch)

Images Fotolia

Tirage 500

Paraît en allemand, français, italien et anglais

6/2018

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Éditorial</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Management Summary</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Commission</b>	<b>8</b>
	3.1 Personnel et organisation	8
	3.2 Finances	9
<b>4</b>	<b>Bureau d'enquête</b>	<b>11</b>
	4.1 Aperçu des résultats d'enquête	11
	4.2 Aperçu par mode de transport	12
<b>5</b>	<b>Recommandations et avis de sécurité</b>	<b>14</b>
	5.1 Généralités	14
	5.2 Aviation	16
	5.3 Chemins de fer	25
	5.4 Transports à câbles	34
	5.5 Bus	35
<b>6</b>	<b>Analyse</b>	<b>37</b>
	6.1 Aviation	37
	6.2 Chemins de fer, transports à câbles, bus, navigation intérieure et maritime	41
<b>Annexe</b>		
	<b>Annexe 1 : Liste des rapports finaux, intermédiaires et études concernant l'aviation publiés en 2017</b>	<b>48</b>
	<b>Annexe 2 : Liste des rapports finaux et intermédiaires concernant les chemins de fer, les transports à câbles et la navigation intérieure publiés en 2017</b>	<b>49</b>
	<b>Annexe 3 : Données statistiques sur les incidents dans le domaine de l'aviation</b>	<b>50</b>
	<b>Annexe 4 : Méthode et réflexions conceptuelles pour l'évaluation des données statistiques de l'aviation</b>	<b>64</b>

# 1 Éditorial



S'il n'est pas possible de tout faire, il est d'autant plus important de faire les bons choix.

En 2017, le Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) a reçu 1635 annonces d'accidents et d'incidents graves relatifs à l'exploitation des chemins de fer et transports à câbles, des bus de transports publics, de l'aviation ainsi que de la navigation intérieure et maritime. Des investigations approfondies ont été entreprises dans 111 cas. En d'autres termes, dans seulement un cas sur quinze, il a été estimé que des enquêtes plus poussées pouvaient fournir un potentiel de prévention suffisant.

Dans ce contexte, il est essentiel de déterminer, après une première analyse des faits, s'il faut lancer une enquête approfondie ou plutôt classer le cas. Les collaborateurs du SESE doivent prendre de telles décisions plusieurs fois par jour. Faire le mauvais choix peut alors avoir de lourdes conséquences : dans le meilleur des cas, des ressources importantes sont mobilisées inutilement dans des investigations approfondies.

Mais il peut être beaucoup plus problématique de rater l'opportunité de tirer des enseignements à partir des circonstances d'un événement et de faire remonter ces connaissances aux acteurs concernés du secteur. Une mauvaise décision peut ainsi empêcher de prévenir un futur accident.

Le bureau d'enquête du SESE porte donc une grande responsabilité. Il dispose à cet effet d'une équipe de collaborateurs compétents et très expérimentés, qui se forgent une opinion libre de toute influence extérieure, en se fondant sur les faits mais aussi, finalement, en leur âme et conscience. Tout ceci n'est possible qu'au sein d'une organisation indépendante comme le SESE et dans des conditions propices au travail des enquêteurs.

La commission extraparlamentaire du SESE est chargée de contrôler en permanence ces conditions-cadres et de les adapter le cas échéant. Des améliorations étaient nécessaires dans le cadre du développement de l'organisation

suite au regroupement des services d'enquête, qui opéraient autrefois séparément dans l'aviation, les transports publics et la navigation maritime. La priorité était de mieux tenir compte des champs de compétences spécifiques des différents responsables au sein d'une organisation indépendante et de renforcer ainsi la gouvernance. La séparation des fonctions de responsable du bureau d'enquête et de responsable de domaine va dans ce sens.

Le bureau d'enquête du SESE dispose ainsi d'une structure de gestion pérenne reposant sur une répartition encore plus claire des rôles et des responsabilités. Nous sommes convaincus que cette organisation crée un contexte favorable, qui permettra au bureau d'enquête de continuer à l'avenir de prendre des décisions de qualité face aux annonces d'événements et de faire les bons choix pour apporter, par ses enquêtes de sécurité professionnelles, une précieuse contribution à la sécurité des transports.

*Pieter Zeilstra*

*Président de la commission extraparlamentaire*

## 2 Management Summary



En 2017, le SESE a analysé un total de 1635 déclarations d'accidents et d'événements dangereux, dont l'analyse a conduit à l'ouverture de 111 enquêtes de sécurité. Au total, 60 enquêtes portant sur des accidents et des incidents graves ainsi que 71 enquêtes sommaires portant sur des incidents de moindre importance ont été effectuées. Dans le cadre de ce travail d'enquête, le SESE a émis en tout 38 recommandations de sécurité et 8 avis de sécurité en 2017.

L'année sous revue a été marquée par un nombre moyen d'accidents et de situations dangereuses dans le domaine des transports publics et de l'aviation. En revanche, le nombre de personnes ayant subi des dommages lors d'accidents d'aéronefs dont la masse maximale au décollage est inférieure à 5700 kg a été supérieur à la moyenne.

En 2017, le taux d'accidents a augmenté dans les secteurs des avions à moteur dont la masse maximale au décollage est inférieure à 5700 kg et des hélicoptères, mais pas dans une proportion significative. S'agissant des planeurs, le taux d'accidents a diminué dans une proportion non-significative. Tout comme les années précédentes, des approches dangereuses ont eu lieu entre des aéronefs avec occupants et des aéronefs sans occupant (drones).

Le nombre d'accidents dans les transports publics s'est accru, passant de 156 en 2016 à 167. Cette hausse provient essentiellement des chemins de fer : dans les autres modes de transport, le nombre d'accidents est sensiblement le même qu'en 2016. Le nombre de personnes tuées est resté à peu près stable pour l'ensemble des modes de transport, tandis que le nombre de blessés graves a augmenté, avec 135 contre 97 l'année précédente.

Le présent rapport annuel comprend un résumé des recommandations et des avis de sécurité émis par le SESE en 2017. Chaque recommandation est assortie d'une brève introduction et d'une présentation des motifs pour lesquels elle a été formulée à l'attention de l'autorité de surveillance ou des personnes concernées. Chaque recommandation contient également des indications (lorsque celles-ci sont disponibles) concernant son stade de mise en œuvre.

Sur la base des données statistiques, l'analyse des données pertinentes a été effectuée sur une période de plusieurs années. Il a ainsi été

possible de présenter l'évolution du nombre et du taux d'accidents pour les années 2007 à 2017 pour les aéronefs à moteur dont la masse maximale au décollage est inférieure à 5700 kg, pour les hélicoptères et pour les planeurs. Concernant les accidents ferroviaires, les événements déclarés ont été analysés en fonction de leur catégorie respective. Le rapport annuel présente également la méthode suivie pour réaliser cette évaluation.

Afin de faciliter la lecture du rapport annuel, toutes les données statistiques ainsi que les tableaux récapitulatifs ont été joints en annexe.

## 3 Commission



### 3.1 Personnel et organisation

En 2017, le nombre d'enquêteurs dans le domaine de l'aviation n'a pas changé. Dans le domaine Rail et navigation, un nouvel enquêteur a été trouvé pour occuper le poste vacant depuis l'automne 2016. Sept nouveaux enquêteurs mandatés ont également pu être recrutés. Au total, six enquêteurs mandatés ont mis un terme à leur activité après de nombreuses années de service. Fin 2017, le SESE pouvait par conséquent compter sur la collaboration de 116 enquêteurs mandatés disposant de connaissances techniques sur tous les modes de transport susceptibles de faire l'objet d'une enquête.

Depuis septembre 2017, une nouvelle personne est chargée de diriger les services centraux du SESE. Parallèlement, le poste de responsable du bureau d'enquête a pu être mis au concours fin 2017. L'analyse préventive des risques organisationnels réalisée par la commission avait révélé que les fonctions de responsable du bureau

d'enquête et de responsable de domaine ne pouvaient et ne devaient pas être exercées par la même personne. Cette séparation des tâches permet de mieux tenir compte des champs de compétences spécifiques des différents responsables au sein d'une organisation indépendante et de renforcer ainsi la gouvernance. Cette étape vient clore le processus de développement de l'organisation suite au regroupement des services d'enquête, qui opéraient autrefois séparément dans l'aviation, les transports publics et la navigation maritime.

Cette année encore, un cours de formation consacré à la sécurité du travail sur le lieu de l'accident a été organisé pour les enquêteurs du SESE et pour les enquêteurs mandatés intervenant sur les lieux d'accidents d'aéronefs. Un cours pilote dédié à l'assistance psychosociale d'urgence a également été proposé aux collaborateurs. Par ailleurs, les connaissances sur la technique d'audition ont été approfondies dans le cadre d'un atelier.

## 3.2 Finances

Le Service suisse d'enquête de sécurité disposait d'un budget de 8,21 millions de francs durant l'année sous revue. 7,51 millions de francs ont été effectivement dépensés. Ce montant couvre l'ensemble des charges de personnel et d'exploitation du SESE. Quelque 0,7 million de francs n'ont pas été dépensés, certaines équipes ayant travaillé en sous-effectifs, des acquisitions ayant été différées et les charges liées à certaines enquêtes, par exemple pour des expertises externes, étant restées inférieures au montant budgété. Comme dans d'autres pays, l'activité du Service suisse d'enquête de sécurité constitue une prestation de base de l'État visant à améliorer la sécurité. Elle est par conséquent financée presque exclusivement par les pouvoirs publics. Ainsi, tous les produits du SESE, notamment les rapports finaux des enquêtes, sont mis en ligne gratuitement. Contre paiement, les exemplaires imprimés et reliés de ces rapports peuvent, le cas échéant, être obtenus sur commande ou sur abonnement. La vente de ces imprimés a permis de réaliser des recettes se chiffrant à 38 250 francs en 2017. Elle a constitué la seule source extérieure régulière de revenus du SESE.

Le 1<sup>er</sup> janvier 2017 a été introduit le nouveau modèle de gestion de l'administration fédérale (NMG) : il vise à renforcer la gestion administrative à tous les échelons et à accroître la transparence et la contrôlabilité des prestations. Le SESE a, lui aussi, mis en œuvre le NMG en définissant les directives opérationnelles et objectifs de performance suivants :

### Projets

- Refonte des processus en cas d'accidents graves dans l'aviation civile et les transports publics
- Amélioration des méthodes d'analyse
- Adaptation du contenu, du degré de détail et de l'étendue des enquêtes et des rapports finaux

Les échéances fixées ayant pu être respectées, ces projets devraient pouvoir être terminés d'ici à la fin de l'année 2018.

### Objectifs de performance

Objectifs et indicateurs	2016 RÉEL	2017 CIBLE	2017 RÉEL	2018 PRÉVU
--------------------------	-----------	------------	-----------	------------

**Contrôle de conformité :** les directives et procédures internes sont adaptées en fonction de l'état actuel des prescriptions internationales.

Procédure annuelle de contrôle de conformité dans le domaine de l'aviation conformément à l'Annexe 13 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et au règlement (UE) n° 96/2010 (oui/non)	oui	oui	oui	oui
--	-----	-----	-----	-----

#### Rapidité de la réalisation des enquêtes de sécurité :

le SESE prend des mesures appropriées pour que les enquêtes sur les incidents soient terminées à temps et conformément à la loi. « Terminées » signifie ici que les investigations approfondies ont été clôturées et que le projet de rapport correspondant est prêt pour la prise de position ou le contrôle qualité final.

Clôture, en l'espace de 12 mois, des enquêtes sur des incidents graves et des accidents d'aéronefs dont la masse maximale au décollage est inférieure à 5700 kg (en %, valeur minimale)	64	70	60	80
Clôture, en l'espace de 12 mois, des enquêtes sur des incidents graves et des accidents impliquant des chemins de fer, des bateaux et des bus disposant d'une concession fédérale (en %, valeur minimale)	55	60	72	70

Objectifs et indicateurs	2016 RÉEL	2017 CIBLE	2017 RÉEL	2018 PRÉVU
Clôture, en l'espace de 18 mois, des enquêtes sur des incidents graves et des accidents d'aéronefs dont la masse maximale au décollage est supérieure à 5700 kg (en %, valeur minimale)	88	75	78	80
Clôture, en l'espace de 2 mois, des enquêtes sommaires sur des incidents graves et des accidents d'aéronefs (en %, valeur minimale)	44	70	40	70
Clôture, en l'espace de 2 mois, des enquêtes sommaires sur des incidents graves et des accidents impliquant des chemins de fer, des bateaux et des bus (en %, valeur minimale)	58	60	30	65

Les objectifs de performance ont été en partie atteints. Des écarts importants ont été constatés dans les domaines ci-dessous.

Concernant la rapidité de la réalisation des enquêtes de sécurité, il a été impossible de clore en deux mois la majorité des enquêtes sommaires. Il ne s'agit pas d'un délai prescrit par la loi. De plus, la collecte des faits nécessaires a souvent duré plus longtemps que prévu. Étant donné qu'il est difficile d'influer sur cette partie de l'enquête, les processus internes ont été simplifiés afin de raccourcir la durée totale des enquêtes sommaires.

Pour les enquêtes sur des incidents graves et accidents d'aéronefs dont la masse maximale au décollage est inférieure ou égale à 5700 kg, il n'a pas encore été possible d'atteindre l'objectif de 70 % de cas clos en un an, car le nombre d'incidents graves survenus ces deux dernières années a été bien supérieur à celui des années précédentes. En revanche, en valeur absolue, le nombre d'enquêtes sur des incidents ayant pu être terminées a augmenté par rapport à 2016, et un plan de traitement des cas en suspens a été élaboré.

## 4 Bureau d'enquête



### 4.1 Aperçu des résultats d'enquête

En 2017, le SESE a enregistré un total de 1635 déclarations d'accidents et d'événements dangereux. Par cela le nombre d'annonces dans les dernières années croit continuellement. Une enquête a été ouverte dans 111 cas, ce qui correspond environ à 7 % des déclarations. Au total, 131 enquêtes sur des accidents et incidents graves ont été menées à terme, dont 71 enquêtes sommaires sur des incidents de moindre importance. 57 rapports finaux (voir annexes 1 et 2) et 60 rapports sommaires ont été publiés. Dans le cadre de ce travail d'enquête, le SESE a émis en tout 38 recommandations de sécurité et 8 avis de sécurité en 2017. À la fin de l'année, 161 enquêtes étaient encore en cours.

Dans le domaine de l'aviation, 93 enquêtes sur des incidents ont été closes. 30 rapports finaux d'enquête (voir annexe 1) et 48 rapports sommaires ont été publiés. 15 recommandations de sécurité et 3 avis concernant la sécurité ont été émis. À la fin de l'année, 111 enquêtes étaient encore en cours.

Durant l'année sous revue, pour les cinq modes de transport chemins de fer, installations de transport à câbles, bus ainsi que navigation intérieure et navigation maritime, 38 enquêtes ont été terminées, tandis que 27 rapports finaux et 12 rapports sommaires ont été publiés. En 2017, 23 recommandations de sécurité ont été émises dans des rapports finaux, ainsi que 5 avis concernant la sécurité. À la fin de l'année, 50 enquêtes étaient encore en cours concernant les chemins de fer, les installations de transport à câbles, les bus ainsi que la navigation intérieure et maritime.

## 4.2 Aperçu par mode de transport

### Aviation

En 2017, 1259 déclarations d'incidents ont été évaluées selon les dispositions légales. Des moyens techniques supplémentaires ont souvent été mis en œuvre en vue de l'évaluation des risques, en particulier dans les cas de rapprochement involontaire de deux aéronefs (airprox). Sur la base de ces examens préalables, 44 enquêtes ont été ouvertes sur des accidents et 42 sur des incidents graves. 8 airprox ont présenté un risque élevé, voire considérable de collision. Une enquête détaillée a été ouverte pour 34 incidents, alors que les premiers résultats de l'enquête sur 52 événements ont permis de conclure qu'une enquête sommaire suffisait.

En 2017, 45 accidents d'aéronefs de masse maximale au décollage inférieure ou égale à 5700 kg se sont produits sur le territoire suisse, causant la mort de 13 occupants et des blessures graves chez 12 autres. En ce qui concerne les avions de masse maximale supérieure à 5,7 t, une enquête a été ouverte pour 12 incidents graves. 2 cas concernaient des problèmes de pressurisation de la cabine. Dans 2 autres cas, on a constaté à bord un fort dégagement de gaz et/ou de fumée probablement toxique, impliquant un retour au point de départ ou un atterrissage d'urgence.

Dans un contexte de hausse continue du nombre d'aéronefs sans occupant (drones) utilisés en Suisse, des rapprochements dangereux avec d'autres aéronefs ont également eu lieu durant l'année sous revue. Une enquête sommaire a été effectuée dans l'un des cas, où un avion gros-porteur a évité de justesse la collision avec un drone à l'approche de l'aéroport de Zurich.

### Chemins de fer

En 2017, 342 événements liés à la sécurité concernant des chemins de fer ont été déclarés, dont 30 concernant des trams. Dans 47 cas, un enquêteur s'est rendu sur les lieux. Dans 22 cas, une enquête a été ouverte.

Voici par ordre chronologique les événements majeurs survenus en 2017 : le déraillement d'un ETR 610 à Lucerne (LU) le 22 mars, le déraillement d'un RER à Berne (BE) le 29 mars, la collision entre un mouvement de manœuvre et une pelle mécanique rail-route à Samstagern (ZH) le 13 juillet, la collision entre une locomotive et une voiture de train de voyageurs à Andermatt (UR) le 11 septembre, la dérive d'un véhicule à la gare d'Alp Grüm (GR) le 19 septembre et le déraillement d'un ICE à Bâle (BS) le 29 novembre.

Lors des événements déclarés au SESE, 69 voyageurs ont été blessés légèrement et 19 grièvement. Parmi les entreprises de transport, un collaborateur a été mortellement blessé, 8 grièvement et 12 légèrement. 22 autres personnes ont subi des blessures mortelles en lien avec des chemins de fer (trams compris), tandis que 34 autres personnes ont été grièvement blessées et 31 légèrement. Les accidents de personnes sont le plus fréquemment dus à l'imprudence des personnes traversant les voies là où cela est interdit. Les entreprises de transport et d'infrastructure n'ont pratiquement aucune influence sur de tels événements.

### Transports à câbles

10 événements en lien avec des installations de transport à câbles ont été déclarés. Dans 1 cas, l'enquêteur s'est rendu sur les lieux. Une enquête a été ouverte dans 1 cas, portant sur la chute d'un véhicule.

Lors des événements déclarés, 1 voyageur a été blessé grièvement et 3 légèrement. 2 collaborateurs d'entreprises de transport à câbles ont subi des blessures graves, et 1 des blessures légères. Aucune autre personne n'a été blessée en dehors des voyageurs et collaborateurs cités. Le plus souvent, ces dommages sont intervenus lors de l'embarquement ou du débarquement des voyageurs.

### **Bus**

18 incidents impliquant des bus ont été déclarés au SESE. Dans 1 cas, l'enquêteur s'est rendu sur les lieux. Aucune enquête n'a été ouverte.

Lors des événements déclarés, 1 voyageur a été blessé grièvement et 21 légèrement. 1 collaborateur d'une entreprise de bus a subi des blessures graves, et 1 des blessures légères. 2 autres personnes ont été blessées mortellement, 2 grièvement et 1 légèrement. 8 des 18 événements sont liés à un incendie n'ayant causé de dommages à personne. La majorité des dommages touchant des personnes sont dus à des collisions de bus avec d'autres moyens de transport.

### **Navigation intérieure**

En 2017, le SESE a été alerté à 3 reprises. Dans 2 cas, une enquête a été ouverte.

Les deux événements concernés sont les suivants : la collision d'un bateau à moteur avec la berge à Zoug Bahnhofsteg (ZG) le 17 septembre et l'échouement du MS Diamant à Kehrsiten (LU) le 7 décembre.

Lors des événements déclarés, aucun voyageur ni aucun collaborateur d'entreprise de navigation n'a subi des dommages, mais 2 autres personnes ont été légèrement blessées.

### **Navigation maritime**

En 2017, 3 incidents impliquant des bateaux maritimes battant pavillon suisse ont été déclarés au SESE. Dans l'un des cas, un transporteur de produits chimiques a touché le fond, sans toutefois occasionner d'atteintes à l'environnement ni de dommages majeurs au bateau. Lors d'une manœuvre dans un port, un cargo polyvalent est entré en collision avec un navire cargo amarré, sans causer de dommages majeurs aux bateaux ni à l'environnement. Peu après la reprise de la navigation, une nouvelle collision a eu lieu entre le cargo polyvalent et un autre bateau amarré. Là encore, aucun dommage notable (y compris impliquant des personnes) n'est à déplorer. Lors de tous ces événements, personne n'a été blessé et la situation ne justifiait pas l'ouverture d'une enquête de sécurité visant à prévenir d'autres incidents du même type.

## 5 Recommandations et avis de sécurité



### 5.1 Généralités

Dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les enquêtes sur les accidents de transport étaient le plus souvent menées par les autorités de surveillance des pays concernés. Ces dernières risquant toutefois, de par leur activité, d'être impliquées dans un accident ou une situation dangereuse, une répartition des tâches et une séparation des pouvoirs se sont imposées au fil des dernières décennies. La plupart des pays se sont dotés d'un service étatique d'enquête de sécurité, qui, indépendamment de l'autorité de surveillance, est chargé d'établir les causes d'un accident ou d'un incident grave. La même structure existe dans les pays de l'UE également pour les incidents liés à l'exploitation des chemins de fer depuis l'introduction de la directive de l'UE concernant la sécurité des chemins de fer. Sur la base de cette séparation des pouvoirs, le service d'enquête n'a pas le droit d'ordonner lui-même les mesures d'amélioration de la sécurité : il est uniquement autorisé à les proposer aux services concernés, qui conservent donc entièrement leur responsabilité. Le service d'enquête

de sécurité – en Suisse le SESE – s'adresse aux autorités de surveillance compétentes, en leur présentant dans le cadre d'un rapport intermédiaire ou final un éventuel déficit en matière de sécurité et en formulant des recommandations de sécurité correspondantes. Il incombe ensuite à l'autorité de surveillance compétente, en collaboration avec les milieux des transports concernés, de décider s'il convient de mettre en œuvre la recommandation et comment celle-ci doit être appliquée.

En 2003, l'Union européenne a créé l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA, en anglais European Aviation Safety Agency), chargée sur mandat des États membres d'édicter des prescriptions uniformes et contraignantes en relation avec la sécurité aérienne dans le domaine de l'aviation civile européenne. Depuis, le domaine de compétence de l'AESA s'est étendu à la technique, à l'exploitation des vols, à la navigation aérienne et aux aéroports. Les autorités de surveillance nationales sont en priorité tenues d'exécuter les décisions de l'AESA et de jouer un rôle d'intermédiaire ; leurs

responsabilités propres se limitent de plus en plus aux aspects de l'aviation civile réglementés au niveau national. La Suisse ayant décidé de participer à l'AESA, ces règles s'appliquent également à l'aviation civile suisse. Pour cette raison, le Service suisse d'enquête de sécurité adresse ses recommandations de sécurité en matière d'aviation soit à l'AESA, soit à l'Office fédéral de l'aviation civile.

Dans le domaine des chemins de fer, la régulation mise en place par l'UE revêt toujours plus d'importance. Cette régulation concerne plus spécifiquement l'interopérabilité technique dans le trafic international. La directive de l'UE sur la sécurité (2004/49/CE) se contente de définir des critères généraux, mais elle demande également à chaque État de mettre en place un service d'enquête de sécurité indépendant. La surveillance de la sécurité concernant les chemins de fer relève encore entièrement des autorités de surveillance nationales. Conformément à l'art. 48, al. 1, de l'ordonnance du 17 décembre 2014 sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT ; état le 1<sup>er</sup> février 2015, RS 742.161), toutes les recommandations de sécurité relevant du domaine du rail sont donc adressées à l'Office fédéral des transports (OFT). L'OEIT est l'équivalent dans le droit suisse de la directive de l'UE sur la sécurité (2004/49/CE). Cette directive de l'UE est l'une des annexes à l'accord sur les transports terrestres conclu entre la Suisse et l'UE. Étant donné que l'UE a totalement remanié cette directive en 2016, certaines compétences en matière d'application devraient dorénavant relever des autorités européennes. Si la Suisse se conforme à cette évolution, il serait envisageable qu'à l'avenir certaines recommandations du SESE concernant le domaine des chemins de fer soient également adressées aux autorités de l'UE.

Les objectifs et les exigences en matière de sécurité concernant les installations et l'exploitation des transports à câbles sont fixés par la directive de l'UE relative aux installations à câbles (2000/9/CE) du 20 mars 2000. La surveillance et l'exécution incombent entièrement aux autorités de surveillance nationales, à savoir à l'OFT pour les installations de transport à câbles au bénéfice d'une concession fédérale. Les recommandations du SESE sont donc adressées à cet office.

La navigation intérieure soumise à concession en Suisse est réglée avant tout à l'échelon national, le SESE adressant donc ses recommandations à l'OFT, qui assume le rôle d'autorité nationale de surveillance de la sécurité.

Concernant la navigation maritime, l'Union européenne a fondé en 2002 l'Agence européenne pour la sécurité maritime (AESM, en anglais European Maritime Safety Agency). Cette agence doit réduire les risques d'accidents en mer, de pollution des mers découlant de la navigation et de pertes humaines. L'AESM conseille la Commission européenne concernant les volets techniques et scientifiques de la sécurité du trafic maritime et dans le domaine de la prévention de la pollution par les navires. Elle collabore à l'élaboration et à l'actualisation des actes juridiques, à la surveillance de leur mise en œuvre et à l'appréciation de l'efficacité des mesures existantes. En revanche, elle n'a aucun droit d'édicter des instructions, notamment à l'intention de la Suisse. Partant, le SESE formule ses éventuelles recommandations de sécurité à l'intention de l'Office suisse de la navigation maritime en tant qu'autorité nationale de surveillance.

Une fois en possession de la recommandation, les autorités de surveillance informent le SESE

des mesures subséquentes, justifiant leurs décisions si aucune mesure n'a été prise. Le SESE classe les mesures prises par les autorités de surveillance suite aux recommandations de sécurité de la manière suivante :

- **Mise en œuvre** : des mesures ont été prises, réduisant selon toute vraisemblance nettement, voire éliminant le déficit de sécurité constaté.
- **Mise en œuvre partielle** : des mesures ont été prises, réduisant selon toute vraisemblance quelque peu, voire éliminant partiellement le déficit de sécurité constaté, ou il existe un plan de mise en œuvre contraignant et comprenant un calendrier, qui conduira selon toute vraisemblance à réduire nettement le déficit de sécurité.
- **Non mise en œuvre** : aucune mesure ayant contribué ou allant contribuer à réduire notablement le déficit de sécurité n'a été prise.

Suite à l'entrée en vigueur de l'OEIT, le SESE a commencé à formuler si nécessaire des avis concernant la sécurité en complément des recommandations de sécurité. Comme indiqué précédemment, les recommandations de sécurité sont adressées aux autorités de surveillance compétentes, proposant des améliorations en mesure d'être obtenues exclusivement ou du moins principalement par le biais de dispositions émises par ces autorités ou par leur activité de surveillance. Il arrive cependant qu'une enquête révèle des déficits de sécurité auxquels on ne peut remédier en adaptant les règles ou les prescriptions, ni en exerçant l'activité de surveillance directement ; ces déficits nécessitent plutôt de changer ou d'améliorer la prise en compte du risque (awareness). Dans de tels cas, le SESE formule un avis concernant la sécurité à l'adresse de certaines parties prenantes ou de groupes d'intérêt. Cela permet aux personnes et organisations concernées d'identifier un

risque et de trouver ainsi des approches pour y remédier de manière adéquate.

Veillez trouver, ci-après, un résumé de l'ensemble des recommandations et avis de sécurité émis par le SESE en 2017 dans le cadre des rapports intermédiaires ou finaux. À chaque fois, une rapide description de l'incident et du déficit de sécurité à combler facilite la compréhension. L'état de mise en œuvre indiqué pour chaque recommandation est celui de fin février 2018. Le site Internet du Service suisse d'enquête de sécurité renseigne sur l'état actuel de mise en œuvre des recommandations de sécurité et fournit d'autres détails.

## 5.2 Aviation

### Accident d'un avion commercial en approche sur l'aéroport de Bâle, 20.07.2014

Lors de la phase de descente d'un avion commercial Airbus A319-111, le changement de référence de Mach à kt de la vitesse cible ne s'est pas effectué et la vitesse de l'avion a augmenté progressivement jusqu'à atteindre la vitesse maximale admissible en exploitation (VMO). Le pilote a réagi en tirant brusquement sur le mini-manche gauche (sidestick), induisant un facteur de charge de 2,33 g. Trois des quatre membres de l'équipage de cabine ont été projetés au sol et l'un d'eux s'est blessé grièvement à la cheville.

#### Déficit de sécurité

Les procédures overspeed prevention et overspeed recovery, destinées à la prévention et à la sortie d'un dépassement de la vitesse maximale admissible, préconisent de conserver les automatisations et de laisser agir la procédure overspeed prevention, même au risque d'un dépassement de la limitation VMO. Pour un pilote, la notion de « limitation » est habituellement perçue comme une frontière absolue à ne pas franchir. Conditionné par cette notion de danger, son premier réflexe peut consister à vouloir l'éviter. Les procédures de prévention et de sortie de survitesse ne sont pas cataloguées comme memory items, à savoir comme des procédures à appliquer sans se référer au support papier. Dans les deux cas, les situations de vol sont très dynamiques, voire critiques. L'application du principe de lecture « read and do » n'entre dès lors pas en considération.

#### **Recommandation de sécurité n° 524, 19.10.2017**

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) devrait s'assurer qu'une réflexion soit engagée par le constructeur en vue de sensibiliser et d'entraîner les équipages de conduite d'Airbus série A320 aux situations de survitesse.

#### **État de la mise en œuvre**

L'AESA a pris connaissance de la recommandation de sécurité n° 524 le 4 décembre 2017. En attente de réponse.

#### **Rapprochement dangereux entre deux avions de combat F/A-18C et un avion civil dans la région de Chiètres, 21.11.2014**

Deux jets militaires F/A-18C ont été transmis par le radar de Payerne au bureau de contrôle d'approche de Payerne arrivant pour les guider vers la piste 23 en vue d'une procédure d'approche aux instruments. Ils ont communiqué sur la fréquence de Payerne arrivant.

Simultanément, le pilote d'un avion civil a contacté la tour de contrôle de l'aérodrome de Payerne tower pour demander une autorisation de survol de la région de contrôle terminale (terminal control area, TMA) en direction de La Chaux-de-Fonds. Au même moment, l'avion de tête (leader) des F/A-18C volait à 5000 ft en approche vent arrière, suivi par le trailler.

Peu après, le leader est passé à côté de l'avion civil à une distance de 0,4 NM et à la même hauteur.

#### **Déficit de sécurité**

L'enquête a démontré que le classement inapproprié de l'espace aérien de la TMA représentait un déficit de sécurité pour les vols effectués selon les règles de vol aux instruments (instrument flight rules, IFR) sur une base des Forces aériennes à fort trafic qui autorise le survol d'avions évoluant selon les règles de vol à vue dans la TMA sans prise de contact avec la navigation aérienne.

#### **Recommandation de sécurité n° 512, 28.08.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) doit veiller à ce que le trafic IFR à proximité de l'aéroport de Payerne soit protégé contre les autres usagers de l'espace aérien.

#### **État de la mise en œuvre (courrier de l'OFAC du 07.11.2017)**

Avant que des mesures puissent être prises, il convient d'effectuer une évaluation des risques, recensant non seulement les risques et les possibilités de limitation de ces derniers, mais aussi les conséquences négatives éventuelles sur l'ensemble du système. L'OFAC mènera à bien en 2018 une évaluation de ce type avec les parties prenantes. La problématique abordée dans la recommandation de sécurité

doit y être analysée. L'objectif est d'amener le risque des opérations à un niveau acceptable.

#### **Accident d'un avion commercial lors de l'atterrissage à l'aéroport de Zurich, 04.12.2014**

Le 4 décembre 2014 l'avion commercial du type ATR 72-202, immatriculé D-ANFE, avec deux pilotes, deux hôtesses de l'air et 26 passagers en bord se trouvait en phase d'approche de l'aéroport de Zurich (LSZH). Par léger vent du nord l'avion a atterri sur la piste 14. Après que le train d'atterrissage avant soit entré en contact avec la piste, environ 1050 m après le seuil de piste, les deux pneus se sont séparés des jantes et en conséquence le train avant a glissé sur les jantes environ 1520 m après le seuil de piste.

#### **Déficit de sécurité**

Dans le cadre de l'enquête, on a constaté le montage inversé à 180° d'un levier d'admission (valve input lever) de la soupape du différentiel de commande hydraulique (differential control selector valve – DCSV). La conception (design) du levier d'admission qui permet un montage dans le sens inversé a été identifiée comme facteur jouant un rôle dans l'accident. En mai 2009, une compagnie aérienne néo-zélandaise a connu un incident similaire, causé par le montage inversé à 180° du levier d'admission. Suite à cet accident, le Manuel de maintenance de l'aéronef (Aircraft Maintenance Manual) a été complété. Le dernier incident survenu le 25 août 2015, impliquant une compagnie aérienne au Brésil, dont la cause a également été attribuée au montage inversé à 180° du levier d'admission, montre clairement que le risque de montage incorrect n'est toujours pas écarté.

#### **Recommandation de sécurité n° 529, 16.06.2017**

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), en collaboration avec le constructeur, devrait veiller à ce qu'un montage incorrect du levier d'admission (valve input lever) de la soupape du différentiel de commande hydraulique (differential control selector valve – DCSV) ne soit plus possible.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), en coopération avec le constructeur, a évalué l'événement et le problème de sécurité mis en évidence par la présente recommandation de sécurité et a conclu que : L'avion en question a volé pendant plusieurs mois sans que l'on signale le moindre problème de commande, ni la moindre intervention d'entretien à ce niveau. Rien n'indique que le contrôle de fonctionnement exigé après le remplacement de la soupape du différentiel de commande hydraulique (differential control selector valve – DCSV) a été effectué.

Lors de la certification des aéronefs ATR, la perte de la commande de direction du train avant a été considérée comme « mineure ». Le rôle joué par un levier d'admission de la soupape du différentiel de commande hydraulique (DCSV) dans un tel événement est faible. Les restrictions de mouvement du train d'atterrissage avant ne se matérialisent qu'à basse vitesse et à des angles de braquage élevés, ce qui se produit habituellement dans la zone de la porte d'embarquement. Entre-temps, ATR a mis à jour le manuel de maintenance des composants (Component Maintenance Manual – CMM) et la fiche d'instructions (Job Instruction Card – JIC) pour ajouter une mise en garde lors de la réinstallation de la soupape de direction. Vu les circonstances, l'agence ne prendra aucune autre mesure en la matière. Pour cette raison, le SESE estime que le déficit de sécurité actuel persiste et il considère donc que la recommandation de sécurité n'a pas été mise en œuvre.

#### Accident d'hélicoptère à Erstfeld, 26.02.2015

En approche sur la base d'intervention, le pilote d'un hélicoptère AgustaWestland AW109SP a réduit sa vitesse tout en maintenant un taux de descente constante. Le pilote a relevé de manière continue le levier de pas collectif afin de réduire le taux de descente. Cela ne s'est toutefois pas produit. Dans la phase de transition entre le vol en translation et le vol stationnaire, la demande de puissance de l'hélicoptère a augmenté. À une vitesse inférieure à 20 kt, le taux de descente a augmenté dans les dernières secondes avant le crash de 1100 ft/min à plus de 1300 ft/min, échappant à tout contrôle. L'hélicoptère a fini par s'écraser dans un pré à proximité de la base d'intervention. Trois des quatre occupants ont été blessés et ont dû être conduits à l'hôpital.

#### Déficit de sécurité

L'enquête a permis d'établir le facteur suivant comme l'une des causes de l'accident : le pilote n'avait pas remarqué le taux de descente excessif pendant l'approche finale de la base d'intervention.

#### Recommandation de sécurité n° 525, 08.06.2017

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) devraient prendre des mesures afin qu'un signal acoustique avertisse les équipages d'hélicoptères des risques d'un état de vortex imminent ou en formation à proximité du sol.

#### État de la mise en œuvre

Non mise en œuvre. L'OFAC a indiqué qu'il ne disposait en interne d'aucune compétence sur ce thème et que la recommandation de sécurité pouvait être traitée exclusivement par les autorités de certification compétentes, à savoir l'AESA.

Cette dernière a fait savoir qu'elle partageait l'intention de la recommandation de sécurité et qu'elle était en train d'étudier la faisabilité technique d'une telle mesure.

#### Déficit de sécurité

Dans l'accident analysé ici, l'hélicoptère a percuté le sol, générant un impact a priori non mortel pour les personnes à bord compte tenu des forces en présence. Afin de réduire le risque de blessures, le modèle d'hélicoptère concerné était équipé de sièges anti-crash. Deux membres de l'équipage et un passager ont cependant été grièvement blessés au dos. L'enquête a démontré que les sièges anti-crash ne présentaient aucune anomalie ni aucun défaut de fabrication ou de conception. Ils avaient été testés pour la certification selon les dispositions en vigueur et répondaient aux exigences de l'homologation. Les blessures occasionnées aux occupants sont dues au fait que la dynamique de la collision se distinguait nettement de celle pour laquelle le dispositif est conçu. On peut donc se demander si le test de certification est suffisamment proche de la réalité, puisqu'il est basé uniquement sur un scénario possible. En ce qui concerne l'accident analysé ici, tout au moins, le scénario du test semble insuffisant car les forces exercées auraient dû être absorbées par les sièges.

#### Recommandation de sécurité n° 530, 08.06.2017

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) devraient vérifier que les sièges anti-crash de l'hélicoptère de type AgustaWestland AW109SP soient testés dans les conditions réelles d'un impact a priori non mortel. Le cas échéant, il faudrait améliorer les conditions d'essai et d'homologation afin que les sièges offrent une protection suffisante lors de tels accidents.

#### État de la mise en œuvre

Non mise en œuvre. Selon l'OFAC, la recommandation de sécurité peut être traitée uniquement par les autorités de certification compétentes, à savoir l'AESA.

L'AESA a indiqué que le modèle d'hélicoptère AW109SP répond aux exigences actuellement applicables en matière de résistance à un impact tel qu'il peut survenir lors d'un accident a priori non mortel ou d'un atterrissage forcé. Le groupe de travail sur la sécurité des passagers d'hélicoptères (Rotorcraft Occupant Protection Working Group, ROPWG) du comité consultatif en matière de réglementation aéronautique (Aviation Rulemaking Advisory Committee, ARAC), auquel participe également l'AESA, élabore diverses recommandations à l'intention des autorités de certification, notamment en vue d'une amélioration des chances de survie en cas d'accident. L'AESA souhaite attendre les résultats de ce groupe de travail et les intégrer le cas échéant à de nouvelles règles et prescriptions concernant les aéronefs construits et homologués en Europe.

### Déficit de sécurité

Pendant environ quatre ans avant l'accident, l'entreprise de transport aérien a enregistré 15 cas dans lesquels les accéléromètres des émetteurs de secours du modèle ARTEX C406-N HM n'ont pas fonctionné lors de contrôles de routine et ont dû par conséquent être réparés.

Dans l'accident analysé ici, l'émetteur de secours intégré du même modèle n'a pas fonctionné car les six accéléromètres étaient défectueux.

### Recommandation de sécurité n° 531, 08.06.2017

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) devraient, en collaboration avec les constructeurs de l'hélicoptère de type AgustaWestland AW109SP et de l'émetteur de secours ARTEX C406-N HM, prendre les mesures permettant de garantir le fonctionnement dudit émetteur après un accident.

### État de la mise en œuvre

Non mise en œuvre. L'OFAC a indiqué qu'il ne disposait en interne d'aucune compétence sur ce thème et que la recommandation de sécurité pouvait être traitée exclusivement par les autorités de certification compétentes, à savoir l'AESA.

L'AESA a fait savoir qu'elle étudiait la recommandation de sécurité et les mesures envisageables afin de garantir le bon fonctionnement de l'émetteur de secours ARTEX C406-N HM.

### Rapprochement dangereux entre un avion commercial et un ballon à air chaud à Wigoltingen, 03.06.2015

Le 3 juin 2015, un rapprochement dangereux s'est produit dans la région de contrôle terminale (TMA) de l'aéroport de Zurich entre un avion commercial et un ballon à air chaud. L'avion commercial se trouvait sous guidance radar en phase d'approche de l'aéroport de Zurich. Le ballon à air chaud a pénétré à plusieurs reprises dans la TMA sans autorisation d'un organe de contrôle de la circulation aérienne car son pilote n'était pas suffisamment conscient des risques qu'il engendrait en entrant, ne serait-ce que furtivement, dans cet espace aérien.

Si le ballon était en principe identifiable par la navigation aérienne grâce à son transpondeur enclenché, la présentation sur les écrans des contrôleurs aériens était tellement discrète que l'entrée non autorisée est passée inaperçue jusqu'au moment du rapprochement dangereux.

### Déficit de sécurité

Des déficits de sécurité similaires ont été constatés dans le cadre des enquêtes sur les quasi collisions suivantes :

- L'analyse d'une quasi collision entre un avion commercial et un planeur dans la TMA de l'aéroport de Zurich, survenue le 11 août 2012, a identifié comme cause directe un

manque de conscience des risques du pilote concernant l'entrée non autorisée dans l'espace aérien contrôlé de classe C.

- Cette même quasi collision a mis en évidence les risques systémiques que représentent d'une part la faible tolérance aux erreurs de la structure de l'espace aérien autour de l'aéroport de Zurich et, d'autre part, le caractère restrictif de l'obligation d'utiliser le transpondeur, qui rend plus difficile la détection des entrées non autorisées dans la TMA.
- La quasi collision entre un avion de tourisme et un ballon à air chaud dans la TMA de l'aéroport de Berne, survenue le 15 septembre 2012, était due en première ligne à une prise de conscience insuffisante du pilote du ballon concernant la position spatiale de son appareil par rapport à la structure de l'espace aérien.
- Le fait que le pilote ne dispose pas d'un transpondeur à bord et que le ballon soit donc impossible à détecter par la navigation aérienne contribue à expliquer cette quasi collision.

Ces rapprochements dangereux présentent les points communs suivants :

Les pilotes respectifs possédaient les connaissances suffisantes sur la structure de l'espace aérien à proprement parler et auraient été en mesure, avec les moyens dont ils disposaient, de respecter les limites des TMA ou de contacter la navigation aérienne afin de demander une éventuelle autorisation d'entrée. Ils ont cependant pensé que de furtives incursions sans autorisation dans la TMA ne posaient pas de problème car des marges de sécurité suffisantes étaient présentes. Il s'agissait d'hypothèses erronées car les espaces aériens suisses se distinguent au contraire par de très faibles marges de sécurité : afin de restreindre le moins possible l'aviation légère et sportive, les distances sont réduites au strict minimum entre les zones où les avions de loisirs peuvent évoluer librement selon les règles de vol à vue et les zones qui accueillent majoritairement de grands aéronefs suivant les règles de vol aux instruments. Cette prise en compte des besoins de l'aviation légère et sportive implique toutefois que les limites des espaces aériens soient respectées de manière systématique, sous peine de voir apparaître rapidement des situations extrêmement dangereuses. En outre, même lorsque les usagers de l'espace aérien disposent des connaissances suffisantes et font preuve d'une bonne discipline, il est toujours possible qu'ils commettent des erreurs – même minimales – qui peuvent déjà avoir de graves conséquences. Il est donc souhaitable que le système présente une certaine résilience, notamment en cas d'erreurs. Une telle capacité à corriger de manière précoce les petites erreurs serait envisageable si les entrées non autorisées dans un espace aérien contrôlé étaient identifiables suffisamment tôt par la navigation aérienne, afin que des mesures de défense puissent être prises à temps.

Afin de pouvoir réduire le déficit de sécurité décrit plus haut, plusieurs stratégies entrent en ligne de compte :

- a. Les espaces aériens ne sont pas modifiés, mais la prise de conscience des équipages concernant la faible tolérance aux erreurs est renforcée et on garantit que tous les aéronefs sont présentés aux contrôleurs aériens de manière adaptée au plus tard à leur entrée dans l'espace aérien contrôlé. Par ailleurs, il convient de faire en sorte que les systèmes intégrés aux grands aéronefs pour donner l'alerte en cas de rapprochements dangereux et éviter les collisions puissent remplir leur fonction de dernier filet de sécurité.
- b. Aucune mesure opérationnelle ou technique n'est prise pour réduire le risque de collision, mais on agrandit les espaces aériens dans lesquels les grands aéronefs, en particulier, sont guidés selon les règles de vol aux instruments, afin de ménager des marges de sécurité plus importantes. Ces zones tampons supplémentaires doivent être suffisamment étendues pour que d'éventuelles erreurs de navigation des aéronefs de l'aviation légère et sportive non identifiables par les contrôleurs aériens ne puissent pas mettre en danger les grands aéronefs.

Dans le cadre des enquêtes sur les deux quasi collisions survenues en 2012, le Service suisse d'enquête de sécurité a consulté les milieux concernés, comme prévu par la loi, afin de pouvoir formuler des recommandations de sécurité solidement étayées et faciles à mettre en œuvre. La majeure partie des milieux consultés s'était alors prononcée en faveur d'une solution technico-opérationnelle, sur la base de laquelle le SESE a formulé notamment la recommandation de sécurité n° 466, qui constituerait une possibilité d'amélioration relativement simple et peu coûteuse :

« L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, le cas échéant, en collaboration avec les autorités de surveillance des États voisins des aéroports suisses définir des espaces aériens dans lesquels ne seraient autorisés que des avions équipés d'un transpondeur enclenché et en état de fonctionnement (transponder mandatory zones, TMZ). Ces TMZ devraient inclure les zones de contrôle et les régions de contrôle terminales et former des zones tampon verticales ou horizontales par rapport à ces espaces. »

Dans le cadre de la présente analyse de l'incident grave survenu environ trois ans après les deux quasi collisions de 2012, le SESE s'est vu dans l'obligation de constater lors de ses contacts avec les milieux concernés, qui étaient sensiblement les mêmes, qu'à ce jour, quasiment aucune mesure concrète n'a été prise pour réduire le risque de collision signalé entre les grands aéronefs et les aéronefs de l'aviation légère et sportive pénétrant à tort dans les régions de contrôle terminales. Les milieux concernés se sont rejetés mutuellement la responsabilité de la persistance des déficits de sécurité et de la lenteur de mise en œuvre des améliorations. Le SESE s'abstient de tout commentaire concernant cette manière de procéder. Elle attire toutefois à nouveau l'attention sur le fait

que les risques de collision connus de longue date entre les grands aéronefs et les aéronefs de l'aviation légère et sportive continuent d'exister car l'espace aérien suisse, complexe, ne tolère quasiment aucune erreur et que l'absence d'obligation d'utiliser un transpondeur peut rendre inefficaces les filets de sécurité mis en place tant au niveau de la navigation aérienne que dans les avions commerciaux.

Le SESE recommande donc une nouvelle fois, conformément à la recommandation de sécurité n° 466, d'introduire des transponder mandatory zones (TMZ) pour protéger les zones de contrôle et les régions de contrôle terminales.

Dans le prolongement des deux stratégies différentes envisageables en vue de réduire le déficit de sécurité décrit plus haut et de favoriser une solution globale, le SESE formule en sus les deux recommandations de sécurité ci-dessous.

#### **Recommandation de sécurité n° 518, 20.03.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) devrait généraliser l'obligation d'emporter un transpondeur en état de marche et enclenché dans les aéronefs susceptibles de présenter un danger pour les grands aéronefs sur le territoire suisse. En particulier, il convient d'assurer la plus grande compatibilité possible avec les systèmes les plus courants d'alerte de trafic et de prévention des collisions. L'OFAC, en collaboration avec les services de la navigation aérienne, doit établir les conditions techniques et opérationnelles permettant d'exploiter au mieux cette obligation de transpondeur dans l'intérêt du contrôle aérien.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. L'OFAC a jugé initialement disproportionnée la mise en place sur l'ensemble du territoire d'une obligation de disposer d'un transpondeur en état de marche et enclenché, applicable à tous les aéronefs susceptibles de présenter un danger pour les grands aéronefs, d'autant que ces derniers peuvent opérer dans toutes les classes d'espace aérien et qu'une extension modérée de l'obligation actuelle d'emport de transpondeur est déjà prévue dans la révision partielle en cours de l'ORA. Par contre, il a été constaté l'année dernière que la plus grosse partie des aéronefs sont déjà équipés d'un transpondeur. C'est la raison pour laquelle l'OFAC vérifiera la mise en œuvre en 2018.

L'an dernier, le SG-DETEC a chargé l'OFAC de repenser entièrement l'organisation de la structure de l'espace aérien en Suisse et celle de l'infrastructure aéronautique correspondante en repartant de zéro. Selon les informations de l'OFAC, ce mandat est mis en œuvre à un niveau de priorité élevé dans le cadre du programme « Stratégie en matière d'espace aérien et d'infrastructure aéronautique Suisse », abrégé AVISTRAT-CH. Les premiers résultats sont attendus par l'OFAC en 2020 sous la forme d'une vision des contours de l'espace aérien suisse et de l'infrastructure aéronautique. L'OFAC souhaite disposer des directives stratégiques en la matière avant de se prononcer sur une éventuelle mise en œuvre partielle de la recommandation de sécurité n° 518.

#### **Recommandation de sécurité n° 519, 20.03.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, le cas échéant en collaboration avec les autorités de surveillance des pays voisins, définir des espaces aériens de classe D ou C contrôlés autour des aéroports suisses, à la configuration simple et de dimension suffisante, afin d'éviter à l'avenir toute mise en danger de grands avions par des avions de l'aviation légère ou de l'aviation sportive pénétrant dans ces espaces aériens sans autorisation.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. L'an dernier, le SG-DETEC a chargé l'OFAC de revoir entièrement l'organisation de la structure de l'espace aérien en Suisse et celle de l'infrastructure aérienne correspondante en repartant de zéro. Selon les informations de l'OFAC, ce mandat est mis en œuvre à un niveau de priorité élevé dans le cadre du programme « Stratégie en matière d'espace aérien et d'infrastructure aéronautique Suisse », abrégé AVISTRAT-CH. Les premiers résultats sont attendus par l'OFAC en 2020 sous la forme d'une vision des contours de l'espace aérien suisse et de l'infrastructure aéronautique. L'office estime que le programme prévu pourrait globalement répondre aux points abordés dans la recommandation de sécurité décrite plus haut. Il considère toutefois que l'on ne peut exclure totalement le risque d'une mise en danger de grands avions. Seulement lorsque les directives stratégiques seront établies, l'OFAC décidera du bien fait de la mise en œuvre partielle de la recommandation de sécurité n° 519.

#### **Déficit de sécurité**

Le ballon à air chaud apparaissait sur les écrans des contrôleurs aériens dans la couleur brun pâle caractéristique des vols à vue non contrôlés. Environ 12 minutes se sont écoulées entre la première entrée non autorisée dans la TMA et le moment du rapprochement. Pendant ce laps de temps, les entrées non autorisées du ballon à air chaud n'ont été remarquées par aucun des trois contrôleurs aériens concernés. S'il a déjà été suggéré chez Skyguide de mettre en place une alerte automatique des contrôleurs aériens en cas d'entrée non autorisée d'un avion volant à vue dans une TMA, cela n'a pas été concrétisé à ce jour. Compte tenu des autres violations de l'espace aérien analysées, le SESE est convaincu que l'introduction d'un tel système d'alerte permettrait d'améliorer efficacement la sécurité aérienne.

#### **Recommandation de sécurité n° 520, 20.03.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, en collaboration avec le service de la navigation aérienne Skyguide, élaborer des mesures afin de signaler aux contrôleurs aériens les pénétrations non autorisées dans des espaces aériens servant avant tout au trafic selon les règles de vol aux instruments.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. Skyguide a mis au point une nouvelle fonction de filtre VFR display priority pour ses systèmes de radar afin que les contrôleurs aériens voient s'afficher uniquement les vols à vue susceptibles d'être concernés par une situation de conflit dans un espace aérien déterminé. Le nouveau dispositif d'alerte area infringement warning (AIW) fait aussi partie de cette fonction. Les vols à vue effectués avec un transpondeur enclenché et pénétrant sans autorisation dans des espaces aériens contrôlés sont présentés en rouge afin d'attirer l'attention des contrôleurs aériens sur la violation de l'espace aérien. Le contrôleur a la possibilité d'activer ou de désactiver la fonction de filtre, mais pas le dispositif AIW. Ces nouvelles fonctions ont été introduites en mars 2017 à Zurich et en juillet 2017 à Genève.

#### **Déficit de sécurité**

Les contrôleurs aériens n'ont pas été avertis du rapprochement entre l'avion commercial et le ballon à air chaud par leur système au sol d'alarme en cas de conflit (short term conflict alert, STCA). Afin d'éviter des alertes inutiles, ce système avait été programmé de manière à ne pas prendre en compte les avions détectés avec une vitesse sol de moins de 30 nœuds. Or, pendant la totalité de son parcours, le ballon à air chaud évoluait à une vitesse nettement inférieure à cette valeur. La programmation du système d'alarme en cas de conflit STCA n'est pas donc appropriée pour avertir des conflits avec des avions volant lentement.

#### **Recommandation de sécurité n° 521, 20.03.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, en collaboration avec le service de la navigation aérienne Skyguide, améliorer le système d'avertissement de conflits (short term conflict alert, STCA) pour que ce dernier signale également les conflits avec des avions volant lentement.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. Le système au sol d'alarme en cas de conflit (short term conflict alert, STCA) a été adapté à Zurich le 9 juin 2017 et à Genève le 22 juin 2017 de sorte que les contrôleurs aériens puissent également détecter les conflits avec des avions volant lentement.

#### **Déficit de sécurité**

L'une des causes ayant contribué à cet incident est la réticence du pilote du ballon à air chaud à contacter les services de la navigation aérienne. De plus, le déficit général de connaissances quant à l'utilisation d'altimètres et de transpondeurs a été identifié comme un facteur de risque systémique. Ces facteurs mettent en évidence des possibilités d'amélioration dans la formation et doivent être mis en perspective avec le fait qu'aucun contrôle de compétence périodique ni aucun perfectionnement ne sont prévus après la formation initiale des pilotes de ballon, alors même qu'ils sont obligatoires pour les pilotes de planeurs et d'avions à moteur.

### **Recommandation de sécurité n° 522, 20.03.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, en collaboration avec les associations de l'aviation civile concernées, prendre des mesures portant sur le contrôle de compétence périodique et le perfectionnement des pilotes de ballon.

### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre partielle. La Fédération Suisse d'Aérostation (FSA) dispense, sur mandat de l'OFAC, les cours théoriques pour la formation des pilotes de ballon. La FSA organise en outre chaque année un séminaire sur la sécurité en français et en allemand. L'accent y est mis en particulier sur la connaissance des espaces aériens, sur les procédures spécifiquement suisses, sur l'utilisation correcte des instruments techniques comme les transpondeurs et enfin sur la collaboration avec les services de la navigation aérienne. Les documents de formation sont en accès libre sur le site Internet de la FSA. Par ailleurs, la FSA organise localement des cours de remise à niveau, qui offrent des possibilités régulières de perfectionnement et créent les conditions propices pour éviter les violations de l'espace aérien. La gamme de cours de remise à niveau facultatifs est en train d'être étoffée.

### **Accident d'hélicoptère à Wolfenschiessen, 21.09.2015**

Le 21 septembre 2015, un hélicoptère en phase d'atterrissage à proximité de la station supérieure du téléphérique de Bannalp est entré en collision avec un câble de l'installation de transport à câbles. Ce câble était recensé dans la liste des obstacles à la navigation aérienne de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et figurait sur la carte et dans la base de données électroniques correspondantes.

### **Déficit de sécurité**

Outre ce câble, la zone de l'accident comportait d'autres câbles, qui étaient également représentés sur la carte des obstacles à la navigation aérienne. Toujours dans cette zone, un télésiège n'était en revanche pas recensé dans les obstacles à la navigation aérienne car il n'atteignait pas la hauteur de 25 m au-dessus du sol nécessitant une déclaration. Pendant l'approche, le pilote a interprété le télésiège comme l'un des obstacles signalés et a donc pensé qu'il voyait tous les câbles et maîtrisait sa trajectoire. Or, il n'avait en réalité pas vu le câble à l'origine de la collision.

### **Avis de sécurité n° 14, 28.03.2017**

Les pilotes d'hélicoptères qui volent à proximité d'un terrain devraient être conscients du fait que la situation représentée sur les cartes des obstacles à la navigation aérienne peut être incomplète voire erronée. D'une part, il peut exister des obstacles qui n'ont pas été recensés, faute de déclaration ou parce qu'ils n'atteignent pas la hauteur minimale nécessitant une déclaration. D'autre part, les obstacles réels

peuvent avoir un tracé différent de celui représenté sur la carte.

Il est donc primordial d'interpréter correctement la situation des obstacles. Cela implique non seulement de faire le lien de manière univoque entre les obstacles représentés et les obstacles réels, ainsi que de vérifier leur tracé, mais aussi de toujours tenir compte du fait que des obstacles supplémentaires peuvent exister.

### **Incident grave d'un avion commercial à Lugano, 13.10.2015**

Le 13 octobre 2015, dans des conditions météorologiques minimales, l'avion commercial DHC-8-402, immatriculé OE-LGL, avec 55 passagers à bord, s'est dangereusement rapproché du sol lors d'une procédure d'approche, à environ 3 km au sud-ouest de l'aéroport de Lugano (LSZA). En raison de l'ordre « pull up » émis par l'avertisseur de proximité du sol, l'équipage de conduite a effectué une remise de gaz, puis a suivi la procédure d'approche interrompue, en vertu de laquelle les aéronefs doivent gagner le circuit d'attente via le point de cheminement PINIK, avant de finalement opter pour un atterrissage à l'aéroport de Milan Malpensa (LIMC).

Au cours de la procédure d'approche à Lugano, l'équipage de conduite a effectué une approche à vue sur trajectoire prescrite (visual approach on prescribed track), procédure développée par l'entreprise de transport aérien et utilisée durant la formation. Cette procédure était risquée et ne correspondait à aucune de celles figurant dans la publication d'information aéronautique suisse.

### **Déficit de sécurité**

Environ un an avant la survenue de l'incident grave, la compagnie aérienne a déposé la totalité des documents auprès de l'exploitant de l'aéroport de Lugano et de la tour de contrôle de Lugano, à l'issue d'une évaluation de cette procédure d'approche à vue.

Au sein de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), il existe un groupe de travail chargé des procédures de vol (Arbeitsgruppe für Flugverfahren, AGF), qui organise régulièrement et dans l'ensemble de la Suisse des réunions avec tous les aéroports IFR. Ces rencontres, auxquelles assistent les principaux experts, auraient rapidement garanti un échange d'informations substantielles, et donc permis à l'OFAC d'améliorer sa surveillance. La dernière réunion avec les représentants de l'aéroport de Lugano a eu lieu en 2005. Le fait que cet échange d'informations sur les opérations de vol à Lugano remonte à très longtemps a été reconnu comme un déficit de sécurité.

### **Recommandation de sécurité n° 535, 14.12.2017**

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) devrait, en collaboration avec tous les exploitants d'aéroports de Suisse

qui appliquent des procédures IFR et avec les détenteurs de savoir correspondants, prendre des mesures favorisant des échanges réguliers d'informations.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. Dans sa réponse écrite du 22 janvier 2018, l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) explique que le groupe de travail chargé des procédures de vol (Arbeitsgruppe für Flugverfahren, AGF) garantit un échange régulier d'informations entre les aérodromes IFR et l'OFAC, et que l'OFAC apporte son aide pour évaluer les nouvelles procédures IFR, de même que les procédures IFR en vigueur ou leur modification. En outre, l'AGF élabore les bases décisionnelles relatives à l'autorisation de procédures IFR.

Conformément à son mandat, les tâches principales de l'AGF sont les suivantes :

- Participation à l'élaboration d'un programme annuel de réexamen systématique des procédures d'approche et de départ IFR en vigueur (réexamen périodique selon le mandat légal).
- Réexamen complet des procédures d'approche et de départ IFR en vigueur, en tenant compte de l'infrastructure prévue à cet effet. L'examen des types d'avions utilisés et, si nécessaire, les qualifications de l'équipage en font aussi partie.
- Analyse finale, sous l'angle de la navigation aérienne et des opérations aériennes, des demandes concernant l'instauration ou la modification de procédures IFR, en particulier des demandes concernant de nouvelles procédures d'approche et de départ IFR.
- Élaboration de rapports et de recommandations portant sur les résultats du réexamen des nouvelles procédures IFR, de même que des procédures IFR en vigueur ou de leur modification. Ces documents sont directement transmis au chef de la division Sécurité des infrastructures ou au chef de projet.
- Traitement de différentes questions spécifiques liées aux nouvelles technologies de navigation.
- Échange d'expériences entre les spécialistes.

Deux séances par an sont prévues pour les aéroports nationaux, contre une pour les aérodromes régionaux. En fonction des besoins, l'AGF peut à tout moment être convoqué à d'autres séances.

#### Accident d'un avion à moteur à Bex, 18.11.2015

Le 18 novembre 2015, l'avion du type Extra 300/200, immatriculé HB-MSW, a décollé de la piste 33 de l'aérodrome de Bex (LSGB) pour effectuer des circuits d'aérodrome. Le pilote était placé à l'arrière et l'instructeur à l'avant. Suite à une approche sans l'aide des gaz pour simuler ainsi une panne du moteur, le pilote a rétabli à une hauteur esti-

mée à 3 m le vol plané sans glissade et a atterri. Avec l'intention de permettre au pilote de s'améliorer, l'instructeur lui a ordonné d'effectuer un poser-décoller afin de répéter cet exercice. Le pilote a avancé la manette des gaz ; l'avion est monté à environ 2 à 3 m du sol et l'équipage a alors constaté que le moteur manquait de puissance. L'instructeur a repris les commandes, coupé les gaz et ramené sans hésitation le HB-MSW au sol. L'avion a dépassé la fin de piste, est passé sur le nez puis s'est immobilisé sur le dos. L'enquête ne peut pas exclure, comme facteur causal, que le sélecteur d'essence se soit trouvé sur la position « WING TANKS » lors de cet exercice, ce qui aurait entraîné une perte d'alimentation d'essence du moteur.

#### Déficit de sécurité

Si l'avion du type Extra 300/200 n'est pas utilisé en vol-tige et que les réservoirs d'aile contiennent du carburant, certains opérateurs préconisent d'utiliser ce carburant dès 800 ft au-dessus du niveau de l'aérodrome (above aerodrome level, AAL) après le décollage et de remettre le sélecteur d'essence sur « CENTER (ACRO) TANK » en approche, vers 1000 ft AAL. Lors de circuits d'aérodrome multiples, cette procédure entraîne un grand nombre de manipulations du sélecteur d'essence pendant un laps de temps assez court. Ceci augmente le risque d'un oubli de manipulation du sélecteur.

En outre, les réservoirs d'aile étant interconnectés en permanence, le transfert de carburant peut se faire à l'insu du pilote en cas de vol dérapé (glissade).

La plupart des approches avec l'Extra 300/200 sont effectuées avec une glissade à gauche, souvent maintenue jusqu'à quelques mètres au-dessus du sol. Des essais de transfert ont montré que si de telles approches sont faites avec le sélecteur sur « WING TANKS » alors qu'il y a peu de carburant dans les réservoirs d'aile, celui-ci peut passer rapidement et complètement du côté gauche et provoquer la perte d'alimentation du moteur.

#### Avis de sécurité n° 16, 07.06.2017

Dans le but de réduire le risque d'une perte d'alimentation en essence, les exploitants devraient évaluer le bénéfice d'utiliser les réservoirs d'aile lors de circuits d'aérodrome par rapport au risque d'oubli de positionner le sélecteur sur « CENTER (ACRO) TANK » avant l'atterrissage.

#### Mise en danger d'un avion commercial par des chariots à bagages à l'aéroport de Zurich, 09.02.2016

Le 9 février 2016, à l'aéroport de Zurich, un convoi de sept chariots à bagages s'est déplacé sous l'effet des rafales de vent et a traversé la piste en service, mettant ainsi en danger un avion commercial en phase d'atterrissage.

### Déficit de sécurité

L'une des causes systémiques identifiées dans le cas de cet incident grave est le fait que les chariots à bagages n'étaient pas suffisamment sécurisés contre un déplacement intempestif, en raison du manque de procédures et de moyens à cet effet. De plus, il s'est avéré que des incidents similaires s'étaient déjà produits à plusieurs reprises par le passé.

### Recommandation de sécurité n° 526, 20.03.2017

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, en collaboration avec les exploitants d'aérodromes, prendre des mesures permettant d'éviter que des chariots à bagages ou tout autre matériel d'exploitation puissent se déplacer de manière incontrôlée sur l'aire de trafic des aérodromes en cas de forts vents.

### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. L'OFAC a mis en œuvre la recommandation de sécurité de la manière suivante : les directives concernant le stockage des chariots à bagages ainsi que leur sécurisation en cas de tempête à l'aéroport du Zurich ont été complétées et les domaines de compétences des entreprises ont été clairement définis. Désormais, la sécurisation des chariots à bagages doit être confirmée aux autorités aéroportuaires via un avis d'exécution. De plus, les chariots à bagages doivent faire l'objet d'un entretien régulier, la date du dernier entretien devant être indiquée par une plaque apposée sur le véhicule. Les chariots défectueux doivent immédiatement être retirés. L'aéroport de Zurich envisage des contrôles renforcés pour garantir le respect de ces directives, notamment en cas d'avis de tempête. Avant l'incident, l'OFAC avait déjà demandé à l'aéroport de Zurich, dans le cadre de la rénovation de la piste 28, le démantèlement du tronçon de piste de roulement A4, devenu superflu, par lequel les chariots à bagages ont accédé à la piste. Cette mesure peut permettre de réduire de 100 m actuellement à 25 m la largeur de la surface en dur bordant la piste, diminuant du même coup la probabilité d'occurrence d'un incident de ce type.

À l'aéroport de Genève, la sécurisation du matériel est effectuée conformément aux directives internes des différents prestataires de services. En cas d'avis de vents forts, l'aire de trafic est contrôlée en sus par les autorités aéroportuaires afin de garantir que l'ensemble des objets susceptibles d'être déplacés par le vent ont été correctement sécurisés ou évacués par les prestataires de services.

Pour les autres aérodromes, la recommandation n'est pas pertinente du point de vue de la sécurité car il n'y a que très peu de matériel d'exploitation et qu'aucun chariot à bagages n'est stationné sur l'aire de trafic.

À la suite de l'incident grave, l'OFAC a procédé à une évaluation des risques sur ce thème et a inscrit dans le registre des risques le danger de sécurisation insuffisante des équipements mobiles au sol. En outre, les mesures prises par les

autorités aéroportuaires et documentées dans le manuel de l'aérodrome seront contrôlées régulièrement dans le cadre de l'activité de surveillance.

### Déficit de sécurité

Outre la sécurisation insuffisante des chariots à bagages, l'absence d'alerte émise par les systèmes actuels d'avertissement en cas de pénétration non autorisée sur les pistes a également été reconnue comme cause de cet incident grave.

### Recommandation de sécurité n° 527, 20.03.2017

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait, en collaboration avec le service de la navigation aérienne Skyguide et les exploitants d'aérodromes, examiner comment modifier les systèmes actuels d'avertissement en cas de pénétration non autorisée sur les pistes pour qu'ils réagissent également en présence de matériel d'exploitation tels que les chariots à bagages.

### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. L'OFAC a mis en œuvre la recommandation de sécurité de la manière suivante : l'aéroport de Zurich a étudié la modification du système existant en vue de signaler toute pénétration non autorisée sur les pistes (runway incursion monitoring and collision avoidance system, RIMCAS) et en vient à la conclusion que ce système ne constitue pas un outil approprié pour la détection des objets de taille assez réduite comme les chariots à bagages. La mise en place d'un système supplémentaire (p. ex. un radar de détection des débris, en anglais foreign object debris, FOD) a déjà été envisagée une fois il y a quelques années, mais elle a été rejetée en raison de l'état de la technique à l'époque. Cette solution a été réexaminée suite à l'incident grave du 9 février 2016. Dans le cadre du remplacement partiel du radar au sol prévu fin 2018, il a été étudié si les objets tels que les chariots à bagages ou les FOD se trouvant sur la piste 28 pourraient être détectés par un système de ce type. Il en est ressorti que ceci n'était pas possible et qu'un nouveau contrôle sera effectué dans le cadre d'un remplacement ultérieur complet du système de radar au sol.

L'aéroport de Genève a modifié, en collaboration avec Skyguide, le RIMCAS existant de sorte que les échos primaires ne soient pas masqués comme c'était le cas jusqu'alors. Cette mesure avait déjà été initiée avant l'incident du 9 février 2016. L'installation d'un radar FOD a été étudiée jusqu'à fin 2017, mais sur la base de l'état actuel de la technique n'a pas été implémentée. Par ailleurs, également jusqu'à fin 2017, un processus sur l'inspection de l'état technique des équipements au sol a été élaboré, notamment des chariots à bagages, et des zones de stationnement des chariots, prenant en compte les risques météorologiques, ont été définies.

Pour les autres aérodromes, la recommandation n'est pas pertinente du point de vue de la sécurité car il n'y a que très peu de matériel d'exploitation et qu'aucun chariot à bagages n'est stationné sur l'aire de trafic. Aucun système d'avertissement en cas de pénétration non autorisée sur les pistes n'est installé et ce type de dispositif serait disproportionné.

À la suite de l'incident grave, l'OFAC a procédé à une évaluation des risques sur ce thème et a inscrit dans le registre des risques le danger de sécurisation insuffisante de l'équipement mobile au sol. En outre, les mesures prises par les autorités aéroportuaires et documentées dans le manuel de l'aérodrome seront contrôlées régulièrement dans le cadre de l'activité de surveillance.

#### **Déficit de sécurité**

L'analyse de cet incident grave a identifié les facteurs de risques systémiques suivants :

- Les compétences en matière d'entretien des chariots à bagages réunis dans un pool n'étaient pas définies assez clairement.
- Il manquait une vue d'ensemble de l'état technique des chariots à bagages.
- Le concept d'entretien mis en œuvre était exclusivement de type réactif.

Par conséquent, il est possible que des défauts aux freins de ces chariots à bagages soient passés inaperçus pendant une longue période.

#### **Avis de sécurité n° 15, 28.03.2017**

Les entreprises chargées de l'exploitation et de l'entretien des chariots à bagage et autre matériel d'exploitation sur les aires de trafic des aéroports devraient mettre au point des procédures efficaces pour garantir le bon fonctionnement de ces équipements.

#### **Accident d'un avion à Löhningen, 26.08.2016**

Le 26 août 2016, le pilote du Robin DR 400/180 R, immatriculé HB-EQN, a décollé peu avant 19 h 05 avec une puissance de moteur maximale, un léger vent contraire et trois passagers à bord pour un vol de plaisance. Immédiatement après le décollage, l'avion a commencé à pencher à gauche en ne prenant pratiquement pas de hauteur avec un angle d'attaque élevé. Suite à une dérive à gauche au-dessus d'un terrain en pente descendante, la phase de second régime s'est rapidement aggravée en dehors de l'effet de sol de sorte que, à la suite d'un décrochage (stall), l'avion a basculé sur la gauche à faible hauteur avant de percuter le sol dur et asséché d'un champ de tournesols.

#### **Déficit de sécurité**

Suite au mouvement de tangage de l'avion lors du choc, les occupants ont subi des blessures d'une gravité variable en fonction du système de retenue de leurs sièges :

- Grâce au système de retenue 4 points installé et utilisé, le pilote n'a subi aucune blessure à la tête.
- Les passagers ont subi de graves blessures au dos et à la tête ; la passagère assise sur le siège avant droit a heurté le tableau de bord avec la tête, subissant ainsi un traumatisme crânio-cérébral très grave qui a entraîné sa mort quelques jours plus tard.

Le SESE a constaté que, suite à la révision du règlement (UE) 2016/1199, l'exigence selon laquelle seul un système de retenue 3 ou 4 points pour les aéronefs munis d'un certificat de navigabilité est obligatoire depuis le 25 août 2016 constitue un recul important en termes de protection des passagers contre les blessures corporelles graves. De même, dans ce contexte, la fonction des occupants n'est pas déterminante et le fait de limiter ce système aux sièges de l'équipage de conduite (flight crew seat) suite à l'entrée en vigueur du règlement (UE) n° 965/2012 le 28 octobre 2012 pour « l'exploitation à des fins non commerciales d'aéronefs à motorisation non complexe » [Partie NCO] n'est pas compréhensible.

#### **Recommandation de sécurité n° 536, 18.12.2017**

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) devrait prendre des mesures afin que tous les occupants, y compris ceux assis sur les sièges avant, soient protégés contre les blessures graves à la tête et au torse.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. Dans un courrier du 8 février 2018, l'AESA a répondu que les exigences conformément aux Federal Aviation Regulations (FAR) et aux Certification Standards (CS) sont identiques et qu'elles concernent des prescriptions de construction qui doivent être respectées dans le cadre de la certification d'un aéronef.

Indépendamment de ces critères de certification, le SESE considère toutefois que l'exigence révisée suite à la publication du règlement (UE) n° 2016/1199, selon laquelle à partir du 25 août 2016 un système de retenue à 3 ou 4 points est uniquement obligatoire pour les aéronefs munis d'un certificat de navigabilité, constitue un recul significatif en termes de protection des passagers contre les blessures corporelles graves. Dans ce contexte, la fonction des occupants n'est pas déterminante et le fait de limiter ce système aux sièges de l'équipage de conduite (flight crew seat), comme le préconise le règlement (UE) n° 965/2012, ne constitue pas une approche responsable de la sécurité.

Pour ces raisons, le SESE estime que le déficit de sécurité actuel persiste et donc que la recommandation de sécurité n'a pas été mise en œuvre.

## 5.3 Chemins de fer

### Incendie dans une locomotive à Hergiswil, 17.07.2014

Le 17 juillet 2014 à 19 h 45, un fort dégagement de fumée a été constaté sur la locomotive située en queue d'un train-navette du Zentralbahn à Hergiswil. L'installation de climatisation située dans la cabine de conduite arrière non occupée de la locomotive avait pris feu.

#### Déficit de sécurité

L'incendie est dû au fait que le moteur électrique du ventilateur radial de l'installation de climatisation, située dans la cabine de conduite arrière non occupée, est resté bloqué mais, faute de dispositif de protection, il a continué à être alimenté en courant et s'est échauffé jusqu'à prendre feu. Le moteur électrique était alimenté directement, sans sécurité, à partir de la source de courant, ce qui est autorisé pour des moteurs électriques de cette classe de puissance. L'incendie démontre cependant que cela peut déclencher un départ d'incendie. Les conséquences pourraient être désastreuses, notamment si l'incendie venait à se propager alors que le train circule dans de longs tunnels.

#### Recommandation de sécurité n° 83, 21.03.2017

L'OFT devrait examiner les conditions applicables à la surveillance des moteurs électriques, dans la perspective d'un débranchement indépendant de la source d'alimentation en cas de problèmes techniques, et les adapter si nécessaire.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. Dans les dispositions d'exécution de l'OCF (DE-OCF), l'OFT définit l'objectif de protection et rappelle dans ce contexte les normes EN à respecter. Du point de vue de l'OFT, les prescriptions à respecter sont donc clairement définies et il n'est pas nécessaire de les compléter. Il incombe à l'entreprise ferroviaire de mettre en œuvre correctement les normes, et donc de respecter les prescriptions.

### Déraillement d'un train de voyageurs après un glissement de terrain à Tiefencastel, 13.08.2014

Le 13 août 2014 à 12 h 18, entre Tiefencastel et Thusis, un glissement de terrain a touché le train RE 1136 Saint-Moritz-Coire du Chemin de fer rhétique (RhB) et l'a fait dérailler. L'une des voitures a fait une chute d'env. 20 m en contrebas dans le ravin, où elle a été retenue par des arbres. Sur les quelque 150 passagers qui se trouvaient à bord, huit ont été grièvement blessés et huit autres légèrement. L'une des personnes grièvement touchées a succombé à ses blessures neuf jours après l'événement. Les infrastructures et le matériel roulant ont subi des dommages matériels considérables.

#### Déficit de sécurité

Des habillages du plafond sont tombés au sol dans le compartiment voyageurs de la voiture tombée dans le ravin. Le revêtement du plafond est en aluminium et présente en partie des bords coupants ainsi qu'une masse de 6 kg. Il est maintenu aux parois de la voiture par des clips de fixation. Lors d'accidents de train (collision, déraillement), ces habillages peuvent facilement se détacher de leurs fixations, tomber dans le compartiment voyageurs et blesser les passagers.

#### Recommandation de sécurité n° 111, 02.03.2017

L'OFT devrait vérifier les prescriptions concernant la fixation des revêtements à l'intérieur des voitures voyageurs et les adapter si nécessaire, de sorte que ces éléments ne puissent pas se détacher en cas d'importantes secousses.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre partielle. L'OFT a concrétisé la recommandation de sécurité dans la révision des DE-OCF en cours. Cela signifie que les prescriptions pour la fixation des revêtements dans les compartiments des voitures voyageurs seront réexaminées dans le cadre de l'évolution de ces dispositions d'exécution. La publication des DE-OCF révisées est prévue pour 2020.

#### Déficit de sécurité

En raison d'une lacune dans la couverture du réseau de communication mobile, il n'a pas été possible d'appeler les secours immédiatement.

#### Avis de sécurité n° 4, 02.03.2017

Le Chemin de fer rhétique devrait s'assurer que des moyens d'alarme sont disponibles à tous les endroits de son réseau ferroviaire et à tout moment.

### Rupture d'un corps de roue sur une voiture des Appenzeller Bahnen à Jakobsbad, 30.09.2014

Le 30 septembre 2014 vers 6 h 15, la voiture intermédiaire B 245 du train 1057 a déraillé avec le bogie de tête après l'aiguille d'entrée en gare de Jakobsbad. La rupture d'un corps de roue constatée serait à l'origine du déraillement. Cette rupture sur la voiture intermédiaire B 245 est due à une trop forte sollicitation du corps de roue occasionnée par le relèvement de la vitesse dans les courbes de 40 km/h à 45 km/h.

#### Déficit de sécurité

Lors de la modification des conditions d'exploitation, le respect des aspects déterminants pour la sécurité des conditions techniques d'accès au réseau n'a pas été garanti.

#### **Avis de sécurité n° 5, 13.07.2017**

Pour garantir la sécurité de l'exploitation, il convient de prendre en compte les conséquences sur le matériel roulant dès la moindre modification des conditions d'exploitation (adaptation de la géométrie de la voie, relèvement de la vitesse dans les courbes).

#### **Déraillement d'un wagon surbaissé à Aarau, 24.05.2015**

Le 24 mai 2015 à 1 h 27, peu après le départ du train, un wagon surbaissé de 32 essieux a déraillé sur une aiguille de la gare marchandises d'Aarau, trois essieux étant sortis. Le chargement – un transformateur – devait être déplacé latéralement au préalable. Au moment du déraillement, le wagon se trouvait sur deux aiguilles en position déviée dans une courbe en S. Il n'y a eu aucun blessé et seulement de faibles dommages matériels.

Le déraillement s'explique par deux facteurs ayant un lien de causalité :

- Déplacement latéral excessif du chargement dans une courbe S, occasionnant un délestage des roues situées du côté extérieur de la courbe.
- Consigne incorrecte dans l'annonce en raison d'une erreur dans l'outil informatique Railwin, qui a entraîné un parcours non autorisé.

Les facteurs suivants ont également contribué à l'incident :

- Exécution sans questionnement critique du déplacement de la charge sur une distance égale à plus de quatre fois la valeur annoncée.
- Absence de système d'alerte en cas de délestage non autorisé de la roue.

#### **Déficit de sécurité**

Les wagons surbaissés sont équipés d'un dispositif technique qui donne l'alerte via un gyrophare orange uniquement en cas de roulement trop important, mais qui ne détecte pas le délestage non autorisé d'une roue.

#### **Avis de sécurité n° 6, 13.07.2017**

Il faudrait mettre au point un appareil capable de détecter le délestage non autorisé d'une roue et de déclencher une alarme correspondante.

#### **Déficit de sécurité**

Dans le cas présent, la distance de déplacement était quatre fois supérieure à la valeur prescrite dans l'annonce, ce qui a entraîné une situation dangereuse, et ce dépassement n'a pas fait l'objet d'un questionnement critique. Le dépassement massif des valeurs de consigne peut créer des conditions dangereuses susceptibles d'entraîner des restrictions d'exploitation.

#### **Avis de sécurité n° 7, 13.07.2017**

Les collaborateurs doivent être instruits du fait que des écarts significatifs des valeurs de consigne doivent faire l'objet d'un questionnement critique.

#### **Dérive et déraillement d'un train TRAVYS à Baulmes (VD), 02.10.2015**

Le 2 octobre 2015 à 8 h 28, le train de service TRAVYS 8008 vide, formé de la voiture de commande BDt n° 53 et de l'automotrice Be 4/4 n° 2, est parti en dérive peu après la gare de Ste-Croix et a déraillé en pleine voie, dans une courbe à gauche entre les gares de Trois-Villes et Six-Fontaines. La ligne présente des déclivités allant jusqu'à 44 ‰. Le mécanicien a sauté du train alors que la vitesse atteignait 30 à 40 km/h. Il a été contusionné.

La voiture de commande, en tête du convoi, s'est couchée sur les rails après avoir arraché deux pylônes de la ligne de contact et a fini sa course dans le talus environ 150 m après le point de déraillement. L'automotrice a déraillé et s'est encastrée dans un pylône de la ligne de contact.

Le train 8008 est parti en dérive car l'effort du frein automatique agissant sur le train a diminué pendant les deux arrêts d'urgence, suite à diverses manipulations inappropriées, de sorte que l'effort de freinage nécessaire au maintien de l'immobilisation de la composition dans une pente de 40 ‰ n'était plus suffisant.

Les véhicules Be 4/4 n° 1 et n° 2 ainsi que les voitures de commande, mis en service à la fin des années 1970, comportent des particularités techniques en matière de frein automatique et de contrôle de la fermeture des portes.

Concernant le frein automatique, une action de l'appareil de sécurité ou de l'appareil d'arrêt automatique des trains provoque la vidange de la conduite générale et simultanément de la conduite d'alimentation. Dans le domaine des dispositifs de surveillance, le contrôle de la fermeture des portes (fonction de contrôle) est greffé sur les circuits de l'appareil de sécurité (fonction de sécurité).

Les solutions adoptées sur ces véhicules diffèrent de celles normalement réalisées sur les autres véhicules de cette époque. La méconnaissance de ces particularités par le personnel de conduite peut, en cas de panne de ces dispositifs, créer des situations à risque.

#### **Déficit de sécurité**

Les manipulations inadéquates effectuées par le mécanicien pendant la recherche de panne lors des deux arrêts d'urgence après Ste-Croix sont dues au manque de connaissances techniques et à une mauvaise évaluation de la situation.

#### **Recommandation de sécurité n° 112, 03.04.2017**

Le SESE recommande à l'OFT de prévoir, dans le cadre de la formation du personnel de conduite, des modules de

formation spécifiques dans les domaines du frein et du contrôle des portes, tant que ces véhicules restent en service ou tant que ces particularités subsistent.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre partielle. L'OFT vérifiera l'efficacité et/ou le niveau de la formation dans le cadre de son activité de surveillance.

#### **Déficit de sécurité**

Le contrôle de la fermeture des portes (fonction de contrôle) est greffé sur les circuits de l'appareil de sécurité (fonction de sécurité) et provoque la vidange de la conduite générale si un défaut de porte apparaît.

#### **Recommandation de sécurité n° 113, 03.04.2017**

Le SESE recommande à l'OFT de faire séparer les circuits de contrôle de la fermeture des portes des circuits de l'appareil de sécurité.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. Le nombre de véhicules à modifier, la complexité et les coûts d'une telle modification sont à évaluer par l'entreprise de transport. Le concept d'utilisation de ces véhicules doit également être considéré ainsi que leur durée de vie restante. Un recensement du nombre de cas d'utilisation du déverrouillage de secours des portes par des voyageurs lors de l'exploitation des véhicules est également à apporter. Avec tous ces paramètres en main, il sera possible d'évaluer la nécessité d'ordonner une modification ou non (critères de proportionnalité).

La compagnie TRAVYS indique que les deux automotrices Be 4/4 II ne sont plus utilisées en service commercial de voyageurs pour des raisons de confort et d'accès, et qu'elles servent à l'entretien de l'infrastructure.

TRAVYS estime la modification à environ 4000 francs par véhicule. La transformation consiste à réaliser une coupure de traction au lieu d'agir sur l'appareil de sécurité.

Au vu de ce qui précède, l'OFT estime la modification de deux véhicules ne servant plus qu'à l'entretien de l'infrastructure comme étant disproportionnée du point de vue des coûts et de l'efficacité. L'OFT décline donc la mise en œuvre de cette recommandation. Dans tous les cas, cette spécificité doit être communiquée au personnel roulant lors de la première formation et lors des instructions périodiques. Voir aussi la recommandation n° 112 par rapport à la formation du personnel.

#### **Déficit de sécurité**

L'appréciation des conditions préalables de la personnalité fait partie des examens d'admission des mécaniciens de catégorie B ou B100. Ainsi, comme l'a montré cette enquête, un mécanicien peut être déclaré apte à la conduite

lors des examens d'admission et être déclaré inapte ultérieurement après avoir subi un examen complémentaire des conditions préalables de la personnalité. En outre, les pronostics émis dans l'appréciation des conditions préalables de la personnalité comportent un certain degré d'incertitude. Une inaptitude dans ce domaine représente un risque latent de comportement inadéquat chez le mécanicien.

#### **Recommandation de sécurité n° 114, 03.04.2017**

Le SESE recommande à l'OFT d'étudier la possibilité d'affiner les exigences actuelles concernant l'appréciation des conditions préalables de la personnalité pour l'admission des mécaniciens de locomotive et de les intégrer dans l'examen psychologique prescrit actuellement.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. L'OFT parvient à la conclusion qu'il est possible que l'aptitude d'une personne puisse changer au fil du temps. Ainsi, l'OFT estime qu'il n'y a pas d'éléments qui nécessitent d'affiner les exigences en matière de conditions préalables de la personnalité pour l'admission des conducteurs de véhicules moteurs et considère cette recommandation de sécurité comme étant mise en œuvre. Aucune modification ne sera apportée à la directive de l'OFT « Examens d'aptitude psychologique ».

#### **Déficit de sécurité**

Un accompagnement des mécaniciens après la réussite de l'examen pratique de conduite pourrait favoriser la détection de faiblesses dans le domaine des conditions préalables de la personnalité.

#### **Recommandation de sécurité n° 115, 03.04.2017**

Le SESE recommande à l'OFT d'étudier la possibilité de prescrire un accompagnement ponctuel des mécaniciens dans les premiers mois d'activité professionnelle suivant la fin de leur formation.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. L'OFT informe que cet aspect est réglé à l'art. 35, al. 2, de l'ordonnance du DETEC sur l'admission à la conduite de véhicules moteurs des chemins de fer (OCVM ; RS 742.141.21) dans le sens qu'il y a lieu d'acquiescer la moitié de la pratique minimale de la conduite au cours des deux premiers mois qui suivent la réussite de l'examen de capacité (voir aussi les remarques figurant sous l'état de la mise en œuvre de la recommandation n° 112).

#### **Déraillement de trois wagons d'un train de marchandises à Rotkreuz, 24.11.2015**

Le 24 novembre 2015 vers 5 h 21, trois wagons d'un train de marchandises ont déraillé en gare de Rotkreuz sur une jonction d'aiguilles. L'installation de voies et le matériel rou-

lant ont subi des dommages matériels. Personne n'a été blessé.

#### **Déficit de sécurité**

Le déraillement du train de marchandises est imputable à sa composition, des wagons lourds étant accrochés derrière des wagons plus légers. En agissant ainsi, on accroît le risque de déraillement durant le processus de freinage. Notamment pour de longs trains et en présence d'une géométrie ou d'une topologie des voies exigeante du point de vue de la dynamique de roulement, des forces dynamiques longitudinales très élevées peuvent rapidement émerger, favorisant le déraillement des véhicules.

#### **Recommandation de sécurité n° 110, 03.02.2017**

L'OFT devrait veiller à ce que l'on fasse impérativement attention, lors de la formation des trains, à l'apparition et aux conséquences possibles des forces dynamiques longitudinales dans des trains dont les charges remorquées sont hétérogènes.

Il faudrait si possible accrocher les wagons lourds devant ceux dont le poids par essieu est faible.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre partielle. L'OFT estime que la maîtrise des forces dynamiques longitudinales dans les trains de marchandises mixtes est régie dans le cadre de l'exploitation par les PCT R 300.5, chiffre 3.3.1 (Dispositifs d'inversion, Inversion des freins) et par les R 300.14, chiffre 2.7.1 (Utilisation du frein automatique pendant la marche, Réduction de vitesse et freinage d'arrêt avec les trains de marchandises freinés avec le frein à air comprimé). Concernant la problématique du freinage d'arrêt pour les trains de marchandises, l'OFT a par ailleurs attiré l'attention des ETF concernées par le biais d'une circulaire recommandant de sensibiliser le personnel des locomotives. Il est notamment rappelé aux ETF que lorsque les trains de marchandises circulent sur des aiguilles en position déviée qui peuvent être franchies au plus à 40 km/h, il faut observer systématiquement la règle de réduction ne dépassant pas 0,5 bar de la pression de la conduite générale. En outre, ce point figure dans la « check-list trains de marchandises » utilisée pour les contrôles d'exploitation. L'OFT estime que la partie de la recommandation de sécurité stipulant qu'il faudrait si possible accrocher les wagons lourds devant ceux dont le poids par essieu est faible ne peut pas être mise en œuvre au niveau de l'exploitation – sauf au prix de moyens importants et disproportionnés.

#### **Accident de personne à Zurich Schweighof, 13.01.2016**

Le 13 janvier 2016 vers 17 h 29, une voyageuse s'est coincée le bras entre les deux vantaux de porte fermés à l'arrêt Zurich Schweighof de la Sihltal Zürich Uetliberg Bahn (SZU)

AG. Lorsque le train s'est remis en marche, elle a été traînée par le convoi et grièvement blessée. Le mécanicien n'a pas eu connaissance de l'incident et a poursuivi sa marche.

#### **Déficit de sécurité**

Sur la flotte de véhicules Be 556 de la SZU, les profils en caoutchouc entre les vantaux de porte sont dimensionnés de telle sorte que les vantaux peuvent se refermer et se verrouiller malgré la présence d'une partie du corps coincée, sans que l'obstacle soit détecté par la protection anti-pincement.

Sur ces véhicules, les positions finales des portes et des marchepieds ne sont pas correctement détectées et peuvent malgré tout être annoncées comme verrouillées au mécanicien.

En cas d'isolement électrique et pneumatique des portes suite à un dérangement, les vantaux de porte et le marchepied doivent être refermés manuellement et verrouillés de façon mécanique à l'aide d'une clé carrée. Sur la flotte Be 556, il suffit d'un verrouillage mécanique – induisant aussi le verrouillage électrique – d'un composant pour indiquer au mécanicien que la porte est complètement verrouillée. Le dispositif ne remarque alors pas que le marchepied est déplié et le second vantail ouvert.

#### **Recommandation de sécurité n° 120, 09.06.2017**

L'OFT devrait veiller à la présence sur les véhicules Be 556 d'une protection anti-pincement efficace et conforme aux règles techniques reconnues, ainsi qu'à la détection fiable et incontestable des positions finales fermées des portes et des marchepieds.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre partielle. La mise en conformité avec les règles techniques reconnues (norme SN EN 14752) recommandée pour les véhicules de la flotte Be 556 ne peut être réalisée qu'en remplaçant entièrement le système d'entraînement des portes et leur commande.

Les Be 556 ne doivent être utilisés que jusqu'à la mi-2022 ; l'acquisition de remplacement correspondante est en projet. Ces automotrices sont d'ores et déjà employées de manière restreinte (du lundi au vendredi pendant les heures de grande affluence).

Compte tenu des résultats du rapport final, la SZU a identifié des mesures d'urgence, qu'elle a mises en œuvre avant fin 2017. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- Pose d'autocollants d'avertissement visuels.
- Empêchement de l'allongement du temps de réponse en cas d'inversions successives (fondement de toutes les autres mesures de sécurité).
- Bouton d'arrêt de porte sur la barre de séparation restant actif même en cas de fermeture forcée.
- Affichage via la lampe de contrôle des portes en cabine de conduite lorsqu'un voyageur presse le bouton d'arrêt de porte sur la barre de séparation.

D'autres mesures sont planifiées. L'ingénierie de détail n'a pas encore été réalisée. La mise en service et les essais de type de la première plate-forme transformée étaient prévus pour mars 2018. En parallèle doivent se dérouler l'ingénierie, le concept d'homologation et l'élaboration des justificatifs et de la documentation relative aux transformations. Au vu des statistiques relatives aux événements, l'OFT considère comme faible le risque lié à la fermeture des portes. De plus, les mesures proposées par la SZU réduisent encore ce risque de manière significative.

#### Déficit de sécurité

Sur la flotte de véhicules Be 556 de la SZU, les profils en caoutchouc entre les vantaux de porte sont dimensionnés de telle sorte que les vantaux peuvent se refermer et se verrouiller malgré la présence d'une partie du corps coincée, sans que l'obstacle soit détecté par la protection anti-pincement.

Sur ces véhicules Be 556 de la SZU, les positions finales des portes et des marchepieds ne sont pas correctement détectées et peuvent malgré tout être annoncées comme verrouillées au mécanicien.

En cas d'isolement électrique et pneumatique des portes suite à un dérangement, les vantaux de porte et le marchepied doivent être refermés manuellement et verrouillés de façon mécanique à l'aide d'une clé carrée. Sur la flotte Be 556, il suffit d'un verrouillage mécanique – induisant aussi le verrouillage électrique – d'un composant pour indiquer au mécanicien que la porte est complètement verrouillée. Le dispositif ne détecte alors pas le marchepied déplié ni le second vantail ouvert.

#### Recommandation de sécurité n° 121, 09.06.2017

L'OFT devrait s'assurer qu'un déficit de sécurité similaire n'existe pas sur d'autres types de véhicules et, le cas échéant, prendre les mesures nécessaires pour y remédier.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. Le contrôle effectué par l'OFT a révélé que d'autres véhicules isolés présentant un déficit de sécurité similaire sont utilisés par la SZU, mais que cette dernière a pris des mesures visant à réduire le risque. L'OFT considère les mesures prises comme suffisantes. D'autres entreprises ferroviaires affirment avoir transformé et complété l'équipement de leurs véhicules dans la zone des portes afin d'éviter des déficits de sécurité similaires.

#### Déraillement d'un wagon pendant un mouvement de manœuvre à Zurich-Mülligen, 20.01.2016

Le 20 janvier 2016, en gare de Zurich-Mülligen, le dernier essieu du wagon Wascosa de type Habbiillnss, rangé à la sixième place d'un mouvement de manœuvre refoulé formé de huit wagons, a déraillé sur l'aiguille 318. Ce déraillement

du wagon n° 33 85 2891 025-4 est dû à un délestage unilatéral de l'essieu.

Le délestage de l'essieu a été causé par la combinaison des facteurs suivants :

- Dommages préexistants aux assiettes des tampons, causés par des pressions trop fortes sur les tampons en raison d'attelages non desserrés dans des courbes de faible rayon.
- Forces dynamiques transversales trop élevées à l'extrémité du wagon, générées par des pressions trop fortes sur les tampons.
- Wagon vide refoulé sur une aiguille en position déviée.

#### Déficit de sécurité

En courbe ou sur des aiguilles, des forces importantes apparaissent entre les tampons du côté intérieur de la courbe sur les wagons à l'attelage trop serré, ce qui génère des forces transversales sur les caisses de voiture. Ce phénomène accroît considérablement le risque de déraillement des longs wagons présentant un porte-à-faux important. Lorsque le rapport poids par essieu/force transversale devient défavorable, notamment dans le cas de wagons vides, un délestage de l'essieu peut se produire à tout moment.

#### Recommandation de sécurité n° 116, 01.05.2017

L'OFT devrait veiller à ce que des moyens techniques soient mis en œuvre sur les attelages à vis afin d'empêcher que des forces excessives puissent s'exercer sur les tampons lors du franchissement de courbes de faible rayon par de longs wagons.

#### État de la mise en œuvre

Non mise en œuvre. L'OFT précise que la mise en œuvre de mesures techniques sur les attelages à vis nécessiterait la modification des standards de l'UIC et, le cas échéant, des spécifications techniques d'interopérabilité (STI). Du point de vue de l'OFT, au vu de ce qui précède, l'application de moyens techniques n'est donc pas réalisable en temps utile et semble disproportionnée.

L'OFT considère cependant que la mise en œuvre de mesures opérationnelles constitue une amélioration majeure. L'analyse des prescriptions prioritaires en matière d'attelage figurant dans les Prescriptions suisses de circulation des trains (PCT) fait partie des mesures envisagées dans le cadre du développement A2020 (année 2020). La portée de cette mesure ne se limite donc pas aux voies de raccordement (voir aussi la recommandation de sécurité n° 117), mais s'étend à l'ensemble de l'infrastructure ferroviaire.

#### Déficit de sécurité

Afin d'éviter tout dommage aux tampons et tout risque de déraillement, les attelages à vis des wagons doivent être desserrés conformément aux prescriptions lors de mouvements comportant des courbes de rayon inférieur à 135 m.

Les indications relatives aux rayons de courbe minimaux ne figurent pas toujours dans les prescriptions d'exploitation des gestionnaires de voies de raccordement. Sans ces indications, le personnel de manœuvre n'est pas en mesure de savoir dans quelles zones il convient de desserrer les attelages entre les wagons.

#### **Recommandation de sécurité n° 117, 01.05.2017**

L'OFT doit faire en sorte que les rayons de courbe minimaux soient indiqués dans les prescriptions d'exploitation des voies de raccordement et que les mesures opérationnelles requises soient définies en vue de la circulation sur les voies concernées.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. Dans le cadre des audits et des contrôles d'exploitation relatifs aux voies de raccordement, l'OFT vérifie systématiquement si les faibles rayons de courbe sont recensés et communiqués par le gestionnaire concerné, et si les réglementations correspondantes pour la circulation sur ce type de courbe ont bien été adoptées par les entreprises de transport ferroviaire (ETF). Les modèles actuels de prescriptions d'exploitation pour voies de raccordement (p. ex. VAP) prennent déjà en compte la thématique des faibles rayons de courbe ainsi que les mesures opérationnelles qui en découlent.

#### **Explosion dans une automotrice du train de voyageurs n° 538 à Fiesch, 08.03.2016**

Le 8 mars 2016 vers 13 h 55, le gradateur installé sous l'automotrice Deh 4/4 n° 52 a explosé à l'entrée du train 538 du Matterhorn Gotthardbahn (MGB) dans la gare Fiesch-Ferndorf. Une seconde explosion a ensuite retenti dans le compartiment machines de l'automotrice.

#### **Déficit de sécurité**

L'explosion est due au fait que l'huile isolante évaporée du gradateur mal réglé a pris feu sous l'effet d'un arc électrique généré par l'ouverture du contacteur séparateur du moteur.

Étant donné que l'on ne peut exclure un problème de commutation entre l'interrupteur de charge et le gradateur ou un défaut technique dans le gradateur, il convient de garantir en cas de dysfonctionnement du gradateur que l'interrupteur principal est déclenché immédiatement et ne peut plus être réenclenché. L'absence de contrôle de pression dans le gradateur constitue un déficit de sécurité manifeste.

#### **Recommandation de sécurité n° 118, 24.04.2017**

L'OFT devrait veiller à ce que les véhicules moteurs équipés de gradateurs basse tension ou haute tension BBC disposent d'un contrôle de pression.

#### **État de la mise en œuvre**

Non mise en œuvre. L'OFT relève qu'il existe encore beaucoup de véhicules équipés de gradateurs basse tension ou haute tension BBC. Il serait très fastidieux de moderniser tous ces véhicules, en particulier si cela ne peut pas être effectué dans le cadre d'une révision ou d'une transformation. Selon l'OFT, le facteur causal n'est pas l'absence de contrôle de pression, mais plutôt le montage incorrect du gradateur dans le cadre de la révision. Il est bien connu que le montage des gradateurs est très complexe et requiert un savoir-faire précis. Les véhicules de ce type, dont la fabrication remonte à 1972, sont utilisés sans problème depuis cette date. Un équipement complémentaire ne serait judicieux que si ces véhicules étaient destinés à être utilisés encore longtemps, si plusieurs révisions étaient prévues sur ces gradateurs et si les ateliers n'étaient plus en mesure de régler et de contrôler correctement ces appareils. Cette affirmation s'applique de manière générale à tous les véhicules dotés de gradateurs à haute ou basse tension. Il ne serait pas logique d'installer un équipement de contrôle de pression sur tous les véhicules disposant de gradateurs uniquement en raison de cet événement isolé dont la cause est clairement un montage incorrect. Il doit incomber aux gestionnaires de décider si et dans quel cadre il y a lieu d'installer des interrupteurs de contrôle de pression ou si d'autres mesures pourraient s'avérer tout aussi efficaces.

L'un des aspects essentiels est que les entreprises prennent conscience du fait que l'activité de montage des gradateurs dans le cadre des révisions requiert un savoir-faire bien précis. Ce savoir-faire doit être entretenu de manière systématique et faire l'objet de formations si nécessaire. Le 16 novembre 2017, l'OFT a envoyé une circulaire à ce sujet aux propriétaires de véhicules équipés de gradateurs haute ou basse tension. Il y décrit le cas dans les grandes lignes et demande aux entreprises de sensibiliser le personnel spécialisé à cette problématique, d'organiser des formations si nécessaire et de garantir la préservation du savoir-faire requis.

#### **Dérive d'un véhicule de service à Olten, 08.06.2016**

Le 8 juin 2016 à 1 h 30, le point d'attelage entre un véhicule du service des travaux et une pelle mécanique rail-route s'est rompu entre Läufelfingen et la halte de Trimbach. Le wagon a dérivé puis roulé jusqu'à la gare d'Olten, avant de dérailler sur une aiguille du côté de la sortie Aarburg/Rothrist et d'y terminer sa course. Personne n'a été blessé.

#### **Déficit de sécurité**

Les véhicules de service peuvent être homologués y compris s'ils n'ont pas de freinage automatique en cas de rupture du point d'attelage.

#### **Recommandation de sécurité n° 122, 09.06.2017**

L'OFT devrait contrôler l'exigence minimale posée au système de freinage des véhicules de service afin d'identifier les risques inhérents à toutes les possibilités d'utilisation, et modifier si nécessaire cette exigence.

#### **État de la mise en œuvre**

En attente de réponse.

#### **Déficit de sécurité**

Les prescriptions de freinage pour le service de la manœuvre autorisent la circulation de véhicules non freinés sur des voies en pente.

#### **Recommandation de sécurité n° 123, 09.06.2017**

L'OFT devrait étudier si les prescriptions en vigueur concernant les véhicules non freinés dans le service de la manœuvre doivent être limitées aux situations où cela s'avère indispensable, ou si des directives complémentaires sont éventuellement requises.

#### **État de la mise en œuvre**

En attente de réponse.

#### **Déficit de sécurité**

Selon les directives actuelles, les véhicules de service ne doivent pas être munis d'une identification. Cette absence d'identification rend plus difficile la reconnaissance des véhicules de service non homologués et non conformes.

#### **Recommandation de sécurité n° 124, 09.06.2017**

L'OFT devrait veiller à ce qu'une identification de l'homologation soit apposée sur tous les véhicules de service.

#### **État de la mise en œuvre**

En attente de réponse.

#### **Collision latérale entre un mouvement de manœuvre et un train de marchandises à Chiasso, 16.07.2016**

Le 16 juillet 2016 à 00 h 46, un mouvement de manœuvre est entré en collision latérale avec un train de marchandises qui sortait de la gare de triage de Chiasso. Plusieurs wagons ont déraillé ; certains se sont renversés tandis que d'autres sont restés en position inclinée. La collision a occasionné de gros dommages matériels. Personne n'a été blessé et aucune marchandise dangereuse n'était concernée. La collision latérale est due au fait que le mouvement de manœuvre circulait sur l'itinéraire du train de marchandises.

Éléments ayant contribué à l'accident :

- Choix d'un point d'arrêt pour le rebroussement du mouvement de manœuvre sans visibilité directe sur le signal nain concerné.

- Absence d'éléments de protection par guidage efficaces.
- Absence de contrôle efficace de la marche des trains pour le mouvement de manœuvre.
- Aucune protection autre que les prescriptions pour l'exécution des mouvements de manœuvre.

#### **Déficit de sécurité**

Le service de la manœuvre est régi principalement par le biais de prescriptions. Le respect de ces prescriptions dépend en grande partie des capacités humaines.

Bien souvent, le service de la manœuvre ne dispose pas de moyens de protection et de systèmes de sécurité avec guidage permettant d'éviter qu'une erreur d'évaluation humaine ait de trop lourdes conséquences.

Sachant que les individus commettent des erreurs, l'absence de solution de repli pour les situations récurrentes et susceptibles d'avoir de graves implications constitue un point faible en matière de sécurité de l'exploitation ferroviaire.

#### **Recommandation de sécurité n° 119, 12.10.2017**

L'OFT devrait examiner si :

- les directives actuelles sont suffisantes pour le contrôle des risques relatif aux mises en danger d'itinéraires de trains par les mouvements de manœuvre ;
- les entreprises procèdent à une vérification régulière et standardisée des situations de ce type en fonction de l'évolution des conditions d'exploitation.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. L'OFT considère comme des mesures opérationnelles suffisantes les directives actuelles contenues dans les Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF) et dans le Compendium Installations de sécurité de l'Union des transports publics, R RTE 25053, pour le contrôle visant à repérer les risques des mises en danger d'itinéraires de trains par les mouvements de manœuvre, en tenant compte des critères de proportionnalité et des Prescriptions suisses de circulation des trains (PCT). L'OFT estime en outre qu'en vue d'obtenir l'agrément de sécurité requis pour la construction et l'exploitation d'installations ferroviaires, un gestionnaire d'infrastructure doit satisfaire aux exigences décrites à l'annexe II (SGS) du règlement (UE) n° 1169/2010. Pour le dépôt des requêtes, il convient de justifier de procédures visant au respect de ces exigences. Il doit s'agir de procédures systématiques et continues d'évaluation des risques liés aux modifications. La prise en compte des aspects opérationnels est explicitement demandée. Le contrôle de ces exigences permet de garantir que les entreprises disposent des procédures adéquates. L'application de ces procédures, c'est-à-dire le suivi des modifications, est contrôlé de manière sporadique par l'OFT dans le cadre de la surveillance de la sécurité.

### Déraillement d'un train de voyageurs à Les Brenets, 26.07.2016

Le 26 juillet 2016 à 7 h 22, le train 6 Le Locle – Les Brenets, formé de l'automotrice BDe 4/4 n° 5, a déraillé en pleine voie, au point kilométrique 2.100, des suites de la rupture de l'axe du premier essieu dans le sens de marche. Personne n'a été blessé. Mis à part la rupture d'essieu, les dégâts à l'automotrice et à l'infrastructure ont été minimes. Le déraillement de l'automotrice est dû à la rupture de l'essieu 4, essieu avant dans le sens de marche du train 6.

Les facteurs suivants ont contribué à la rupture de l'essieu :

- Disposition inadéquate de la rainure de clavette sur l'axe d'essieu.
- Présence d'angles vifs à l'intersection de la rainure de clavette et du congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue.
- État de surface grossier de l'usinage de la rainure de clavette.
- Absence d'un rayon défini entre la base et les flancs de la rainure de clavette.

#### Déficit de sécurité

Les essieux sont un élément de sécurité essentiel. Toute modification ou adaptation du dessin original du constructeur peut modifier les contraintes dans l'axe d'essieu et avoir des conséquences négatives sur la sécurité de l'exploitation.

#### Recommandation de sécurité n° 126, 05.09.2017

Le SESE recommande à l'OFT de faire procéder, lors de la commande d'essieux de remplacement, au calcul de dimensionnement de ces essieux.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. L'OFT considère que cette recommandation de sécurité est déjà réglée à l'article 8 de l'OCF et par la directive d'homologation des véhicules ferroviaires de l'OFT. Il appartient à l'entreprise qui procède à des modifications sur les véhicules ferroviaires d'évaluer si ces transformations sont déterminantes ou non pour la sécurité. Cette procédure est en principe connue par les entreprises de transport ferroviaire, soit par leurs nombreux échanges avec l'OFT, soit par la directive éditée par l'Union des transports publics (UTP, D-RTE 49100) et basée sur celle de l'OFT précédemment citée. De plus, la directive de l'OFT « Attestations du dimensionnement des structures de véhicules, des bogies et organes de roulement des chemins de fer à voie métrique et spéciale » décrit la marche à suivre pour homologuer les essieux de chemins de fer pour les lignes à voie métrique telles que Le Locle–Les Brenets.

Des sondages, réalisés périodiquement par l'OFT lors de contrôles d'exploitation et d'audit, permettent également de combler les lacunes dans la connaissance de ce processus.

De ce fait, la section Véhicules ne voit pas de mesures particulières à mettre en place, étant donné que le calcul de résistance des essieux est un point systématiquement exigé et vérifié lors de changements affectant les organes de roulement.

#### Déficit de sécurité

La documentation technique établie par les fournisseurs pour les véhicules mis en service dans les années 1950–1960 n'était pas très détaillée. La multiplicité des dessins soumis lors de l'analyse laisse apparaître des difficultés dans le suivi technique de ces véhicules. L'évolution des technologies, la durée souvent limitée pendant laquelle les pièces de réserve peuvent être commandées auprès du fournisseur initial, mais aussi le renouvellement du personnel de maintenance peuvent entraîner la disparition de certaines connaissances techniques.

#### Recommandation de sécurité n° 127, 05.09.2017

Le SESE recommande à l'OFT de faire compléter le système de management de la sécurité de transN pour y inclure un processus de gestion de l'obsolescence des pièces de sécurité du matériel roulant.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre partielle. Le système de gestion de la sécurité (SGS) montre comment une entreprise traite les aspects déterminants pour la sécurité de façon systématique et ciblée. La responsabilité incombe à l'entreprise de chemin de fer concernée.

Lors de l'examen matériel du SGS, l'OFT tient compte des activités et de la complexité de l'entreprise sur la base des exigences définies dans les règlements (UE) n° 1158/2010 (annexes II et III) et 1169/2010 (annexe II). Le requérant doit garantir que tous les risques inhérents à l'exploitation sont contrôlés et gérés et que les prescriptions sont respectées.

TransN dispose d'un agrément et d'un certificat de sécurité valables jusqu'au 1<sup>er</sup> décembre 2018. L'exigence en rapport avec la maîtrise des risques liés à la fourniture de services d'entretien et de matériel (exigence B) a été examinée dans le cadre du renouvellement en novembre 2015. Cet examen a démontré que transN disposait des procédures nécessaires pour :

- garantir que la responsabilité de l'entretien soit clairement définie,
- déterminer les compétences requises et
- détecter les risques résultant d'anomalies, d'erreurs de construction ou de dysfonctionnements, tout au long du cycle de vie (obsolescence).

Les instructions de travail pour déterminer les différentes valeurs limites des pièces de sécurité du matériel roulant n'ont pas été vérifiées ou n'étaient pas disponibles.

Cette exigence et les instructions de travail y relatives seront examinées de manière approfondie lors d'un entretien de management en 2018.

### Dérive d'une composition de manœuvre à Andermatt, 01.09.2016

Le 1<sup>er</sup> septembre 2016 à 7 h 51, un tracteur de manœuvre sans conducteur avec quatre voitures attelées est parti à la dérive depuis la voie de garage de la gare d'Andermatt en direction de Göschenen. Sous le pont du Diable, les véhicules ont déraillé dans la galerie du Bätzberg, où ils ont terminé leur course. Personne ne se trouvait à bord de la composition. L'infrastructure et les véhicules ont subi des dommages matériels très importants. L'exploitation ferroviaire entre Andermatt et Göschenen a été interrompue pendant plusieurs jours.

La dérive est due à un effort de retenue insuffisant du frein d'immobilisation du tracteur de manœuvre car le type de timonerie du frein n'était pas en mesure de garantir la force de frottement requise.

Éléments ayant contribué à l'accident :

Du fait de la timonerie du frein d'immobilisation, indépendante du frein de manœuvre, les sabots de frein n'ont pas frotté contre la roue en mouvement et n'ont jamais été ajustés à la surface de roulement de la roue, ni fait l'objet d'un nettoyage ou d'un grainage.

Aucune prescription n'était établie pour le réglage et la vérification de l'efficacité du frein d'immobilisation.

Sans qu'il s'agisse dans le cas présent d'un facteur causal ou contributif, l'élément suivant a toutefois été identifié comme un facteur de risque :

Sur le tracteur de manœuvre, seul le frein d'immobilisation reste actif en cas de défaillance du frein de manœuvre. Au vu de cette situation, il est déterminant pour la sécurité que le frein d'immobilisation garantisse au minimum l'effort de retenue nécessaire pour une pente allant jusqu'à 40 %. Le frein d'immobilisation actuel ne satisfait pas à cette exigence.

#### Déficit de sécurité

Le frein d'immobilisation est mécaniquement et pneumatiquement indépendant du frein de manœuvre. Il est utilisé exclusivement à l'arrêt. Les sabots de frein ne frottent jamais contre la roue en mouvement et ne sont donc pas ajustés à la surface de roulement et au diamètre de la roue, ni nettoyés ou grainés. Le risque est que la surface de frottement entre les sabots et la surface de roulement de la roue soit trop faible et que l'efficacité de freinage attendue ne puisse être fournie. Les sabots du frein de manœuvre, en revanche, sont usés dans le cadre de l'exploitation et continuent d'épouser parfaitement le profil des surfaces de roulement de la roue sur l'ensemble de la surface de frottement.

En cas de défaillance du frein de manœuvre lors d'une course isolée du tracteur de manœuvre, seul le frein d'immobilisation reste actif. Au vu de cette situation, il est déterminant pour la sécurité que le frein d'immobilisation garantisse au moins l'effort de retenue minimal pour une pente de 40 %.

#### Recommandation de sécurité n° 129, 12.12.2017

L'OFT devrait faire adapter le concept de freinage sur les tracteurs de manœuvre du même type de sorte que le frein d'immobilisation soit suffisamment efficace en permanence.

#### État de la mise en œuvre

En attente de réponse.

#### Déficit de sécurité

Le personnel d'entretien remplace une fois par an les sabots du frein d'immobilisation par les sabots partiellement usés du frein de manœuvre dans l'hypothèse qu'ils épousent de nouveau parfaitement le profil des surfaces de roulement. Ces travaux ainsi que le réglage de la timonerie du frein d'immobilisation ne sont régis par aucune directive, de même que la vérification de l'efficacité du frein d'immobilisation. L'absence de contrôle de l'efficacité du frein d'immobilisation entraîne le risque qu'un défaut d'efficacité ne soit pas détecté.

Le SESE ne sait pas dans quelle mesure il existe d'autres véhicules de conception similaire avec timoneries séparées entre frein d'exploitation et frein d'immobilisation. Le cas échéant, le risque décrit existerait de la même manière sur ces véhicules.

#### Recommandation de sécurité n° 130, 12.12.2017

L'OFT devrait examiner dans quelle mesure il existe d'autres véhicules équipés d'un frein d'immobilisation de conception similaire et proposer aux entreprises de chemin de fer concernées de mettre au point une directive pour le réglage et la vérification de l'efficacité du frein d'immobilisation de ces véhicules.

#### État de la mise en œuvre

En attente de réponse.

### Deux ruptures d'essieux survenues entre Le Locle et Les Brenets, 11. et 27.07.2017

Le mardi 11 juillet 2017, peu après la sortie de la gare des Brenets, le mécanicien du train 23 a constaté des vibrations sous l'automotrice BDe 4/4 n° 3. Il a immobilisé son train. Conformément à l'avis de service transN 45/2016, établi consécutivement au déraillement du 26 juillet 2016, le mécanicien a rapatrié le train 23 en gare des Brenets. Lorsque le service technique de transN a manœuvré l'automotrice

depuis la gare des Brenets en direction du dépôt pour effectuer un contrôle, le premier essieu du bogie 1 s'est rompu. Depuis sa mise en service en 2006, cet essieu avait parcouru environ 320 000 km.

Lors du contrôle de l'essieu effectué par le SESE, il a été constaté que l'essieu s'est rompu entre la couronne d'entraînement et le corps de roue.

Le jeudi 27 juillet 2017 à 9 h 20, aux environs du kilomètre 2.5, le mécanicien du train 10 a ressenti des vibrations sous l'automotrice BDe 4/4 n° 5. Il a réduit la vitesse à environ 5 km/h. Vers le point kilométrique 3.3, il a constaté que les vibrations s'amplifiaient. Le mécanicien a coupé la traction. L'automotrice s'est immobilisée. Le mécanicien a ensuite rapatrié son train jusqu'à la gare des Brenets à une vitesse maximale de 5 km/h. En gare, le service technique a constaté la rupture d'un essieu.

Depuis sa mise en service en 2013, cet essieu avait parcouru environ 140 000 km.

Lors du contrôle de l'essieu effectué par le SESE, il a été constaté que le premier essieu du bogie n° 1 s'est rompu, comme les précédents, entre la couronne d'entraînement et le corps de roue.

#### Déficit de sécurité

En matière de sécurité, les essieux sont l'un des éléments primordiaux des organes de roulement. Ils doivent assurer la sécurité de marche des véhicules.

Au vu du nombre de ruptures qui se sont produites dans un laps de temps aussi court sur une série de véhicules identiques, il existe un risque latent d'autres ruptures d'essieux.

#### Recommandation de sécurité n° 128, 05.08.2017

Le SESE recommande à l'OFT, de faire procéder à la mise hors service des automotrices transN BDe 4/4 n° 2 à 5, jusqu'au remplacement de tous les essieux actuellement en service.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre. Par un courrier daté du 8 août 2017, il a été demandé à transN de mettre hors service les automotrices BDe 4/4 n° 2 à 5.

## 5.4 Transports à câbles

### Collision de deux véhicules de transport à câbles avec un obstacle à Ried Brigue-Rosswald, 14.06.2014

Le 14 juin 2014, quatre véhicules circulaient dans la montée du transport à câbles Ried-Brigue – Rosswald (LRR). Vers 18 h 07, les véhicules 1 et 2 sont entrés en collision avec la rambarde du barrage de protection au-dessus de la route

nationale A9. La porte du véhicule 1 s'est alors ouverte ; des objets ont chuté sur le barrage de protection et un passager serait tombé s'il n'avait pas été maintenu par les autres voyageurs.

La collision de deux véhicules LRR est due au fait qu'au moment de la formation du convoi, l'installation de transport à câbles n'a pas été exploitée conformément aux directives du constructeur.

Éléments ayant contribué à l'accident :

- Élimination des dérangements incorrecte.
- Embarquement des voyageurs dans le véhicule 1 prêt au départ en dehors de la zone d'accès prévue à cet effet, c'est-à-dire après l'infrastructure de verrouillage automatique des portes.
- Distance insuffisante entre les véhicules 1 et 2, qui a entraîné une flèche excessive du câble tracteur.
- Intervention simultanée de responsables d'exploitation et de collaborateurs peu expérimentés.

#### Déficit de sécurité

L'un des facteurs ayant contribué à l'accident est l'intervention simultanée de responsables d'exploitation et de collaborateurs peu expérimentés.

Chacun avait en effet suivi une formation d'une journée seulement. L'élimination incorrecte des dérangements a mis en évidence que cette durée de formation n'est pas suffisante pour acquérir les compétences requises. Le fait de confier l'exploitation uniquement à des collaborateurs peu expérimentés peut, en cas de dérangement, avoir des répercussions sur la sécurité d'exploitation de l'installation de transport à câbles.

#### Recommandation de sécurité n° 103, 23.05.2017

L'OFT devrait vérifier, dans le cadre de son activité de surveillance, si les entreprises de transport à câbles assument de manière satisfaisante leur responsabilité en matière de formation et de planification adéquate de l'affectation des collaborateurs.

#### État de la mise en œuvre

Mise en œuvre partielle. La recommandation de sécurité formulée dans le rapport est mise en œuvre dans le cadre de l'activité de surveillance de l'OFT.

#### Déficit de sécurité

Le non-verrouillage des portes du véhicule 1 après l'ouverture manuelle a contribué à l'accident.

#### Avis de sécurité n° 3, 23.05.2017

Dans le cadre du service commercial, la barre métallique servant à actionner manuellement la porte doit être utilisée exclusivement pour l'ouverture de secours de la porte du véhicule.

## 5.5 Bus

### **Incendie d'un car postal à Le Locle, 13.12.2015**

Le dimanche 13 décembre 2015 à 16 h 30, un incendie s'est déclaré dans le compartiment moteur d'un car postal au Locle. Personne n'a été blessé ; le véhicule a été fortement endommagé. L'incendie est dû au fait que les tuyaux en plastique d'alimentation en carburant ont fondu en raison de la chaleur dégagée par le boîtier du turbocompresseur. Le carburant écoulé s'est enflammé et a déclenché l'incendie.

Les prescriptions incomplètes au sujet de la disposition des conduites de carburant et l'absence de contrôle correspondant ont contribué à l'incendie.

#### **Déficit de sécurité**

Les tuyaux en plastique qui alimentent le moteur en carburant passent près du boîtier du turbocompresseur. Ils ont fondu en raison de la chaleur dégagée par ce boîtier. Le carburant écoulé s'est enflammé et a déclenché l'incendie.

#### **Recommandation de sécurité n° 125, 05.09.2017**

Le SESE recommande à l'OFT de transmettre à l'Office fédéral des routes (OFROU), qui effectue la réception par type de véhicule conformément à l'article 12 de la loi fédérale sur la circulation routière du 19 décembre 1958 (version du 1<sup>er</sup> octobre 2016), la recommandation de sécurité suivante : Lors de la réception par type de véhicule, il convient de porter une attention particulière au fait qu'aucun composant en plastique ne soit installé sans dispositif de protection adéquat dans le compartiment moteur à proximité d'un élément générant un rayonnement de chaleur important.

#### **État de la mise en œuvre**

Mise en œuvre. La société Solaris Suisse a modifié tous les véhicules du type concerné (Solaris Urbino 8.9H) en circulation en Suisse. Une isolation thermique a été installée au niveau du turbocompresseur ; la disposition des conduites ainsi que les matériaux ont été changés. L'usine de fabrication de Solaris en Pologne a en outre été informée de ces mesures par le représentant en Suisse. Elle a donc pris les précautions nécessaires dès les livraisons suivantes de véhicules du type 8.9H depuis l'usine.

## 6 Analyse



### 6.1 Aviation

Par analogie avec les rapports annuels précédents, les données statistiques des dernières années ont aussi été évaluées pour le présent rapport annuel. L'annexe 4 décrit la méthode appliquée et fournit également des définitions des termes utilisés.

L'analyse a porté sur les trois catégories d'aéronefs suivantes :

- Avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg (y compris planeurs à moteur et planeurs à moteur de voyage en vol motorisé).
- Planeurs y compris planeurs à moteur et planeurs à moteur de voyage en vol à voile.
- Hélicoptères.

En outre, les accidents des trois catégories d'aéronefs ont été analysés non pas de manière séparée, mais dans leur globalité.

Les données statistiques existantes ne permettent pas de déduire la cause d'éventuelles

améliorations ou dégradations de la sécurité dans les différentes catégories de l'aviation civile en Suisse. En raison d'un enregistrement parfois différent des mouvements de vol, il est par exemple délicat de comparer la sécurité des trois catégories d'aéronefs évaluées sur la base des données de la figure suivante. Pour la même raison, la prudence est également de mise en ce qui concerne la comparaison avec les chiffres de l'étranger. Les définitions et les délimitations peuvent être différentes à l'étranger.

#### 6.1.1 Avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg

Pour les avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg (y compris les planeurs à moteur et planeurs à moteur de voyage), une évaluation de la statistique des accidents selon la méthode décrite à l'annexe 4 et les définitions correspondantes permet de tirer les conclusions suivantes :

- Nombre d'accidents, en valeur absolue, en 2017 : 7
- L'augmentation de la valeur escomptée du nombre d'accidents est estimée à 2,9 % par an. Elle ne se distingue pas de zéro de manière significative ( $p = 0.559$ ).
- L'augmentation de la valeur escomptée du taux d'accidents est estimée à 4,3 % par an. Egalement, cette valeur ne se distingue pas de manière significative de zéro ( $p = 0.393$ ).

Le nombre d'accidents par an est représenté par un point bleu, le taux d'accidents par an par un carré jaune. Pour faciliter la lisibilité, les points sont reliés entre eux par des lignes de couleur. La ligne en pointillé jaune représente la valeur escomptée du nombre d'accidents, la ligne en pointillé bleu représente la valeur escomptée du taux d'accidents.

### 6.1.2 Planeurs

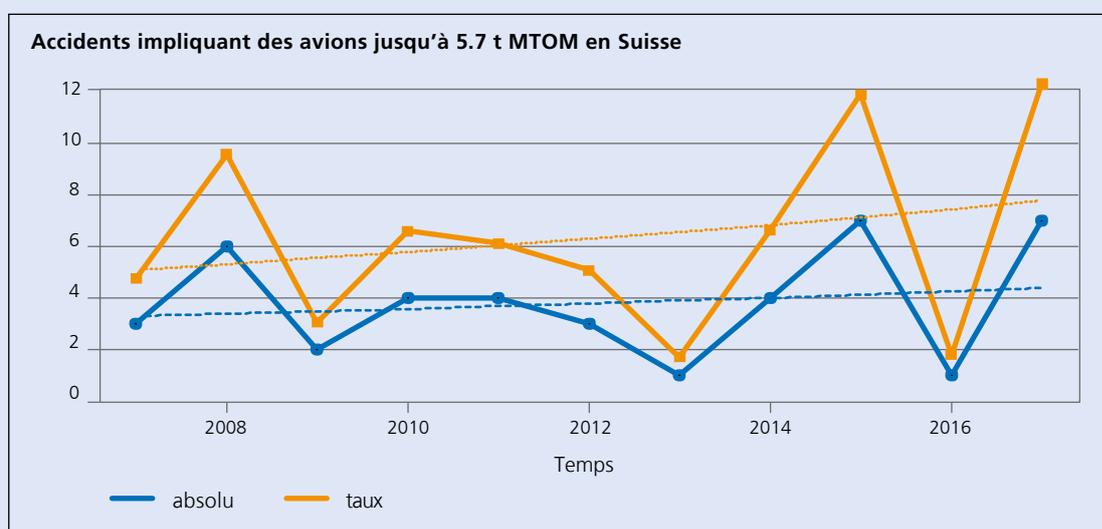
Pour les planeurs (y compris les planeurs à moteur et les planeurs à moteur de voyage),

une évaluation de la statistique des accidents selon la méthode décrite à l'annexe 4 et les définitions correspondantes permet de tirer les conclusions suivantes :

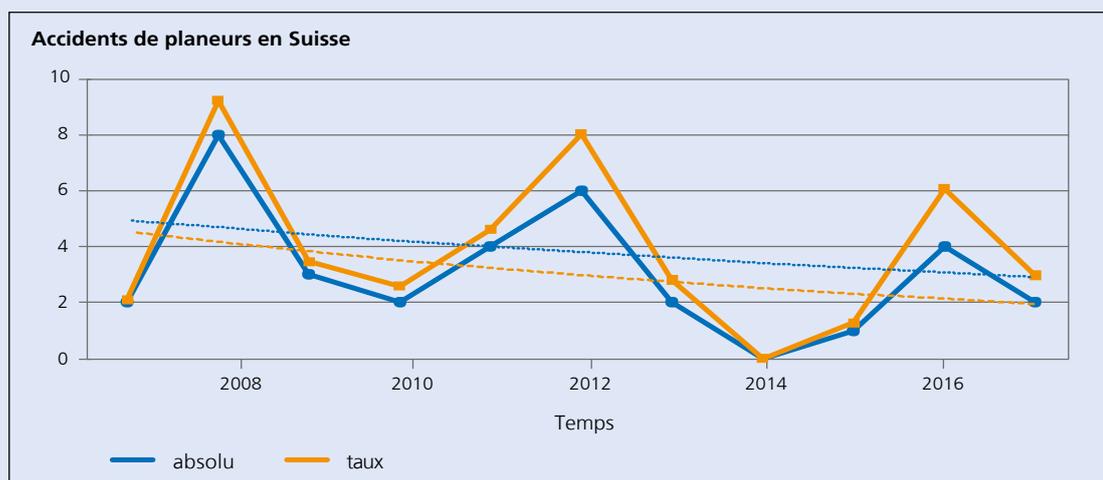
- Nombre d'accidents, en valeur absolue, en 2017 : 2
- La diminution de la valeur escomptée du nombre d'accidents est estimée à 8,0 % par an. Elle ne se distingue pas de zéro de manière significative ( $p = 0.132$ ).
- La diminution de la valeur escomptée du taux d'accidents est estimée à 5,2 % par an. Egalement, cette valeur ne se distingue pas de manière significative de zéro ( $p = 0.334$ ).

Le nombre d'accidents par an est représenté par un point bleu, le taux d'accidents par an par un carré jaune. Pour faciliter la lisibilité, les points sont reliés entre eux par des lignes de couleur. La ligne en pointillé jaune représente la valeur escomptée du nombre d'accidents, la ligne en pointillé bleu représente la valeur escomptée du taux d'accidents.

Accidents (absolu) / Nbre d'accidents pour 1 mio de mouvements (taux)



Accidents (absolu) / Nbre d'accidents pour 1 mio de mouvements (taux)



### 6.1.3 Hélicoptères

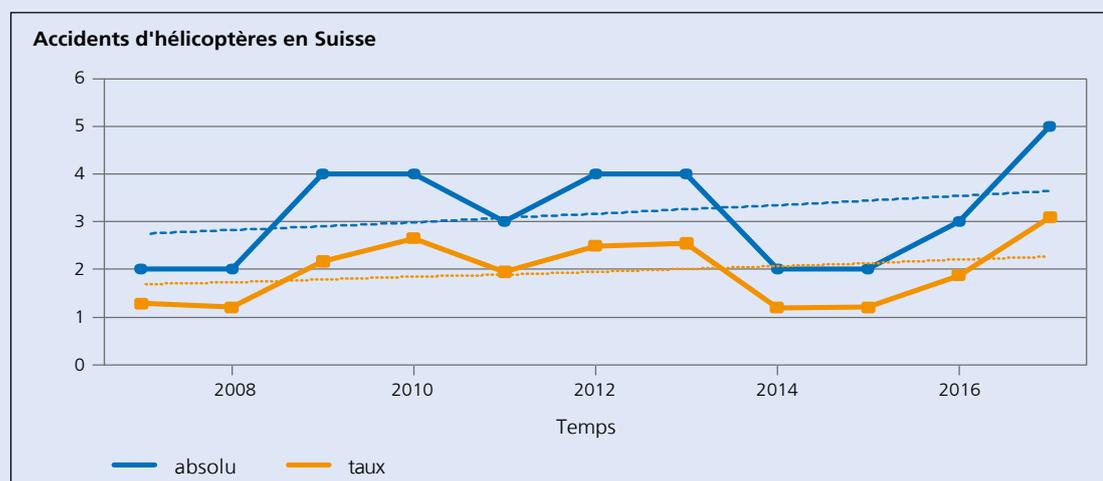
Pour les hélicoptères, une évaluation de la statistique des accidents selon la méthode décrite à l'annexe 4 et les définitions correspondantes permet de tirer les conclusions suivantes :

- Nombre d'accidents, en valeur absolue, en 2017 : 5
- L'augmentation de la valeur escomptée du nombre d'accidents est estimée à 2,9 % par an. Elle ne se distingue pas de zéro de manière significative ( $p = 0.593$ ).

- L'augmentation de la valeur escomptée du taux d'accidents est estimée à 3,0 % par an. Egalement, cette valeur ne se distingue pas de manière significative de zéro ( $p = 0.582$ ).

Le nombre d'accidents par an est représenté par un point bleu, le taux d'accidents par an par un carré jaune. Pour faciliter la lisibilité, les points sont reliés entre eux par des lignes de couleur. La ligne en pointillé jaune représente la valeur escomptée du nombre d'accidents, la ligne en pointillé bleu représente la valeur escomptée

Accidents (absolu) / Nbre d'accidents pour 1 mio de mouvements (taux)



du taux d'accidents. Il est important de noter qu'en 2017, trois des cinq accidents d'hélicoptères étaient des accidents de travail dans lesquels l'aéronef n'a subi aucun dommage mais qui ont touché des personnes ne se trouvant pas à bord de l'hélicoptère.

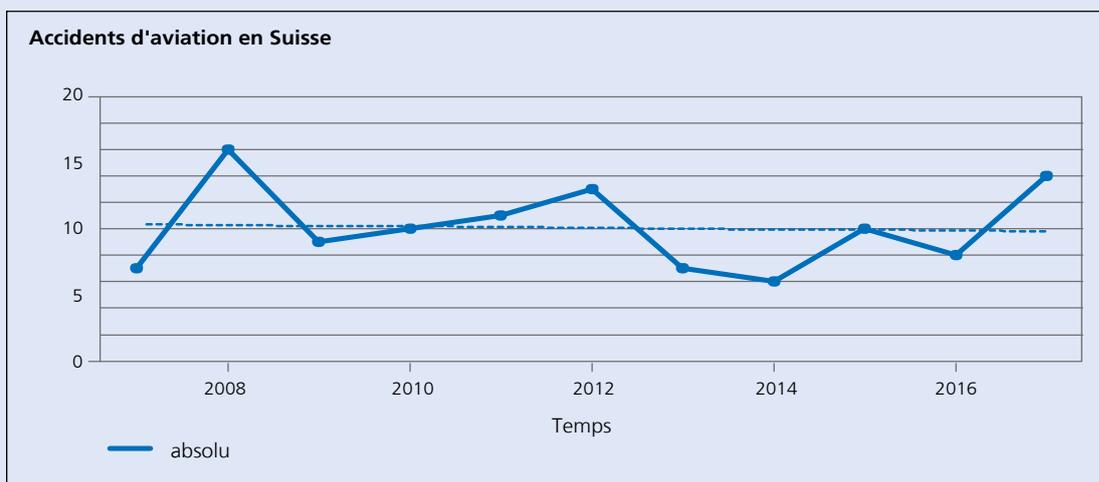
### 6.1.4 Avions, planeurs et hélicoptères (total)

Pour toutes les catégories d'aéronefs, à savoir les avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg, les planeurs et les hélicoptères, une évaluation de la statistique des accidents selon la méthode décrite à l'annexe 4 et les définitions correspondantes permet de tirer les conclusions suivantes :

- Nombre d'accidents, en valeur absolue, en 2017 : 14
- La diminution de la valeur escomptée du nombre d'accidents est estimée à 0,5 % par an. Elle ne se distingue pas de zéro de manière significative ( $p = 0.857$ ).
- Compte tenu des grandeurs de référence différentes, le calcul d'un taux d'accidents pour toutes les catégories d'aéronefs regroupées n'est pas pertinent.

Le nombre d'accidents par an est représenté par un point bleu. Pour faciliter la lisibilité, les points sont reliés entre eux par des lignes de couleur. La ligne en pointillé bleu représente la valeur escomptée du nombre d'accidents.

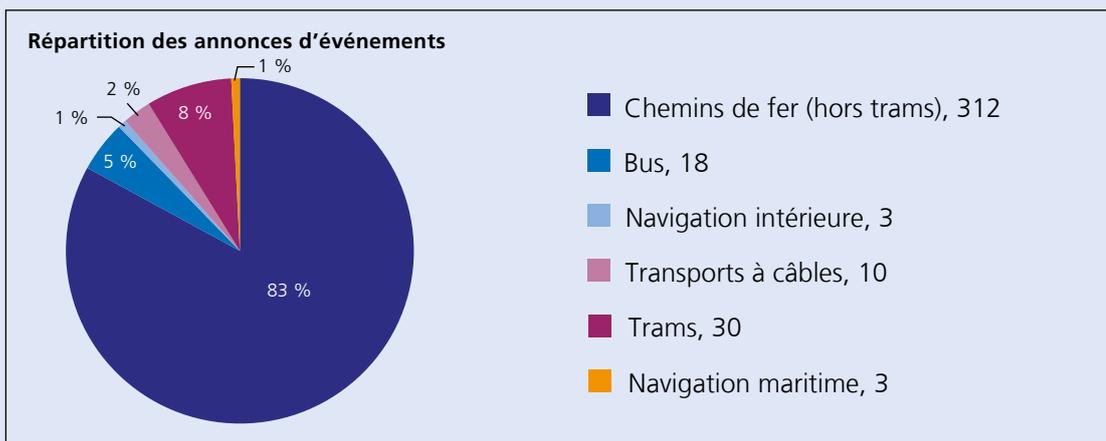
Accidents (absolu)



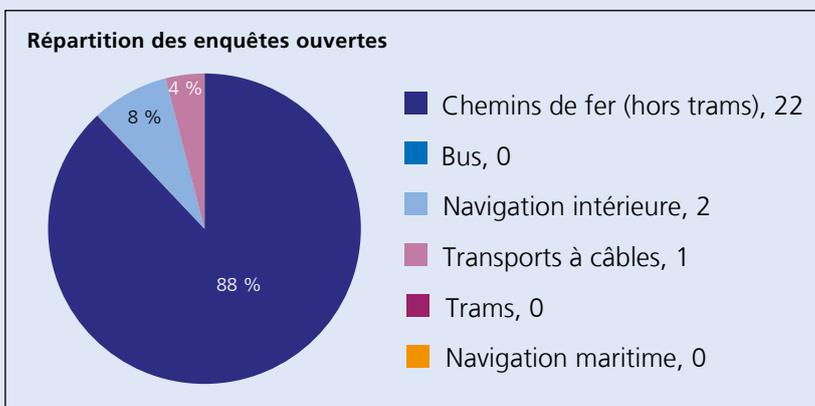
Conformément aux évaluations présentées ci-dessus, il existe une grande incertitude quant à l'évaluation du nombre d'accidents escompté. Cela s'explique notamment par le fait que la période de 11 ans sur laquelle sont effectuées les statistiques est très courte. Pour cette raison, le SESE estime qu'il n'est pas possible de déga-

ger une tendance concernant l'évolution de la sécurité aérienne au cours des 11 dernières années en ce qui concerne les avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg, les planeurs et les hélicoptères.

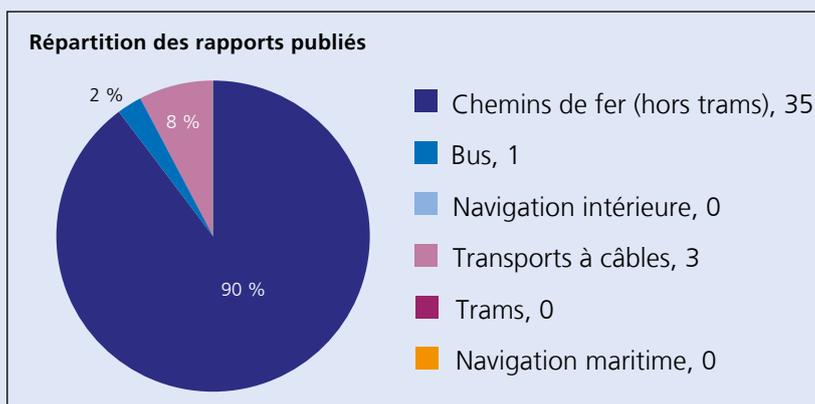
## 6.2 Chemins de fer, transports à câbles, bus, navigation intérieure et maritime



91 % des annonces concernent les chemins de fer (trams inclus). Les 33 autres annonces (9 %) concernent les autres modes de transport que sont les transports à câbles, les bus et la navigation intérieure et maritime.

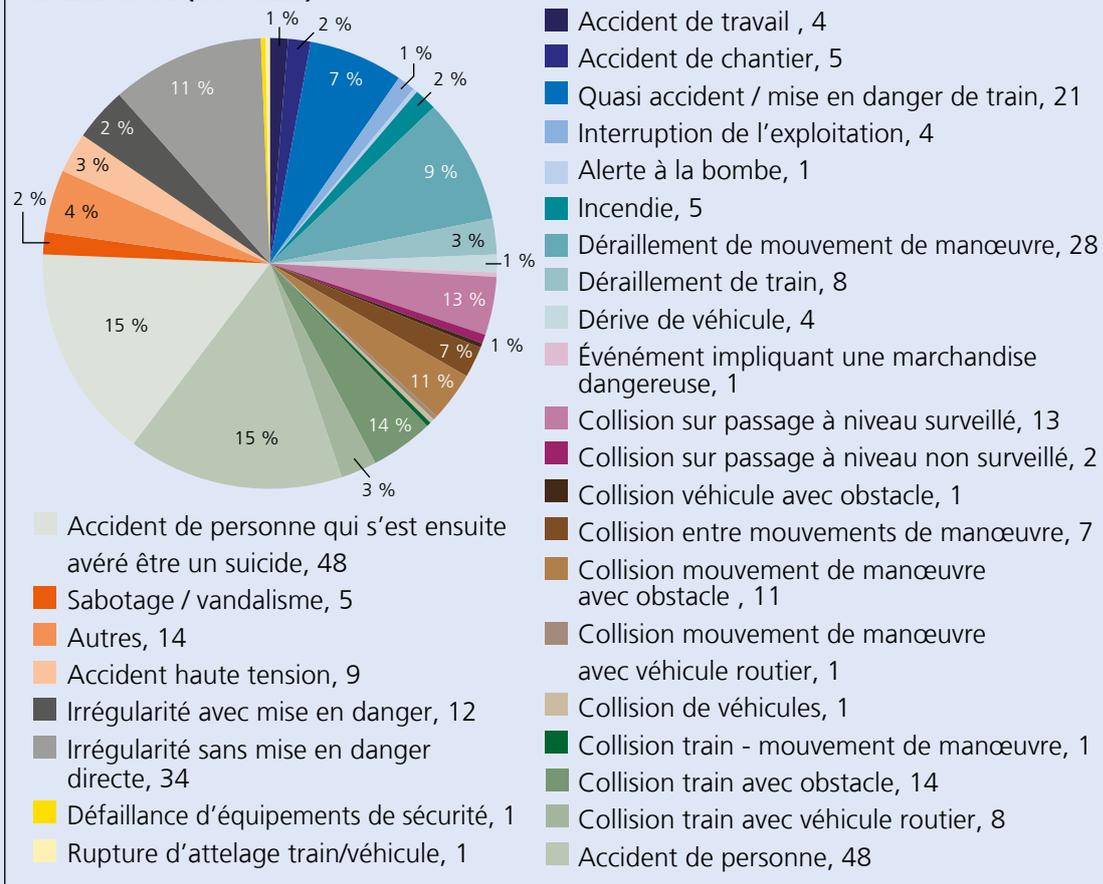


La majorité des enquêtes ouvertes concernent les chemins de fer.



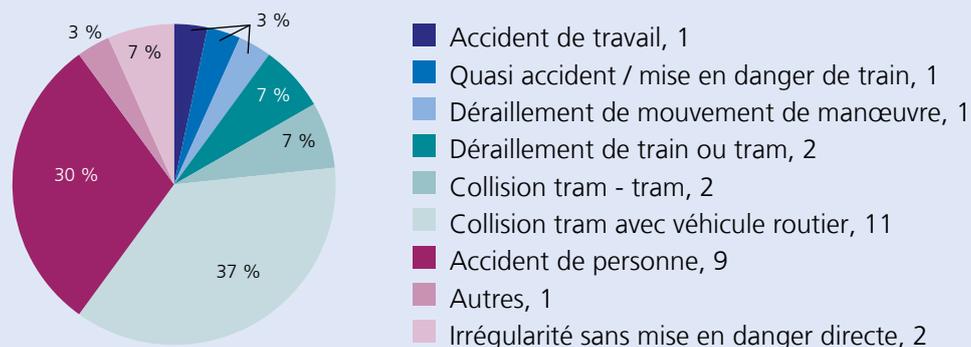
La majorité des rapports publiés (y compris les rapports sommaires) concernent les chemins de fer. La répartition entre les différents modes de transport correspond à peu près à la répartition des événements annoncés et des enquêtes ouvertes.

**Répartition des types d'événements en fonction des annonces d'événements dans le domaine des chemins de fer (hors trams)**



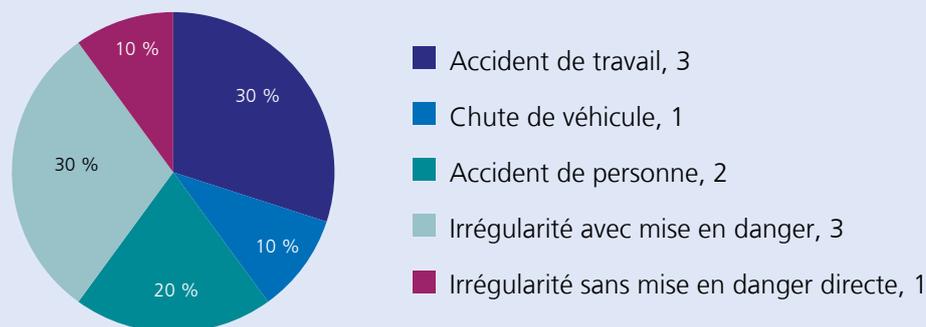
En ce qui concerne le mode de transport chemins de fer (hors trams), l'accident de personne est le type d'événement le plus répandu sur les 312 annonces d'événements. Ensuite arrivent les collisions, les déraillements et les quasi accidents / mises en danger.

**Répartition des types d'événements par rapport aux annonces d'événements impliquant des trams**



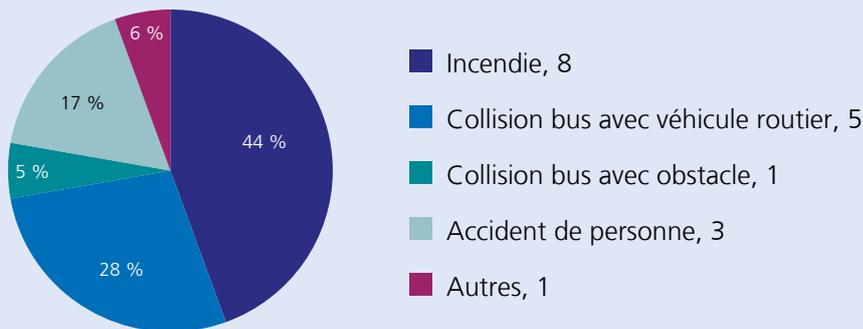
En ce qui concerne le mode de transport trams, la majorité des événements sont des collisions avec d'autres usagers, soit avec un piéton (accident de personne) soit avec un véhicule routier. Il faut noter ici que les incidents ayant lieu sur des routes publiques et qui sont imputables à une violation des règles de la circulation routière ne doivent pas être annoncés au SESE.

**Répartition des types d'événements par rapport aux annonces d'événements impliquant des transports à câbles**



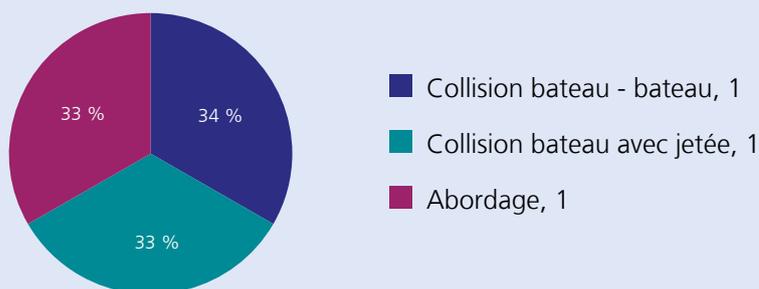
La majorité des annonces d'événements concernant les transports à câbles sont des accidents de travail et des irrégularités avec mise en danger. Les irrégularités avec mise en danger ainsi que les accidents de personne surviennent généralement lors de l'embarquement ou du débarquement des voyageurs.

#### Répartition des types d'événements par rapport aux annonces d'événements impliquant des bus

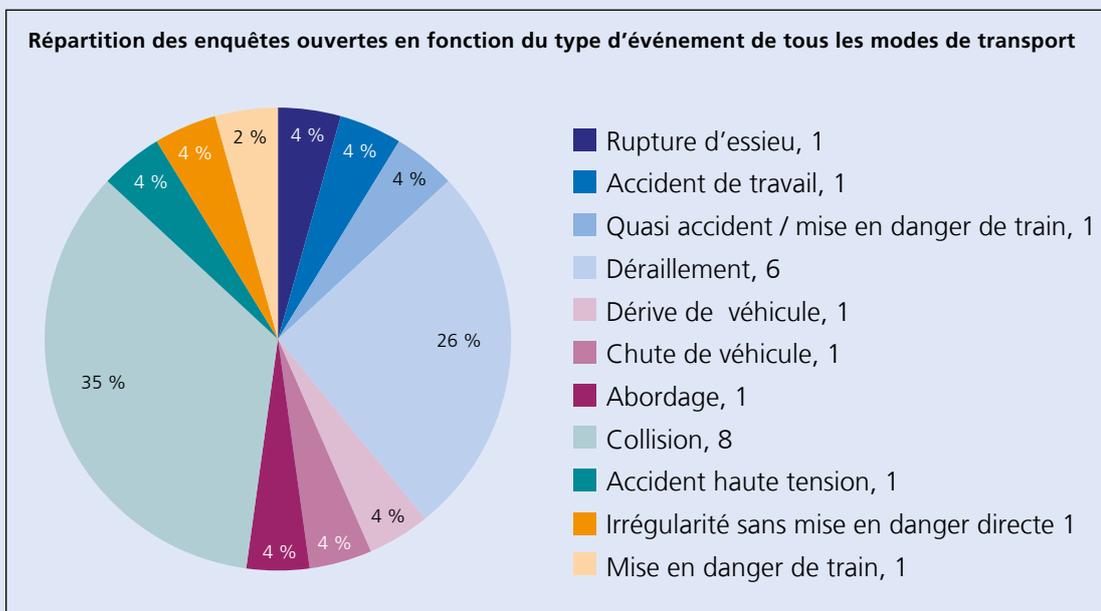


Les incidents ayant lieu sur des routes publiques et qui sont imputables à une violation des règles de la circulation routière ne doivent pas être annoncés au SESE et ne font pas l'objet d'une enquête. De tous les types d'événements, les incendies et les collisions avec des véhicules routiers représentent la majorité des événements annoncés.

#### Répartition des types d'événements par rapport aux annonces d'événements concernant la navigation intérieure



Sur les trois annonces d'événements concernant la navigation intérieure, il y a eu deux collisions et un abordage.

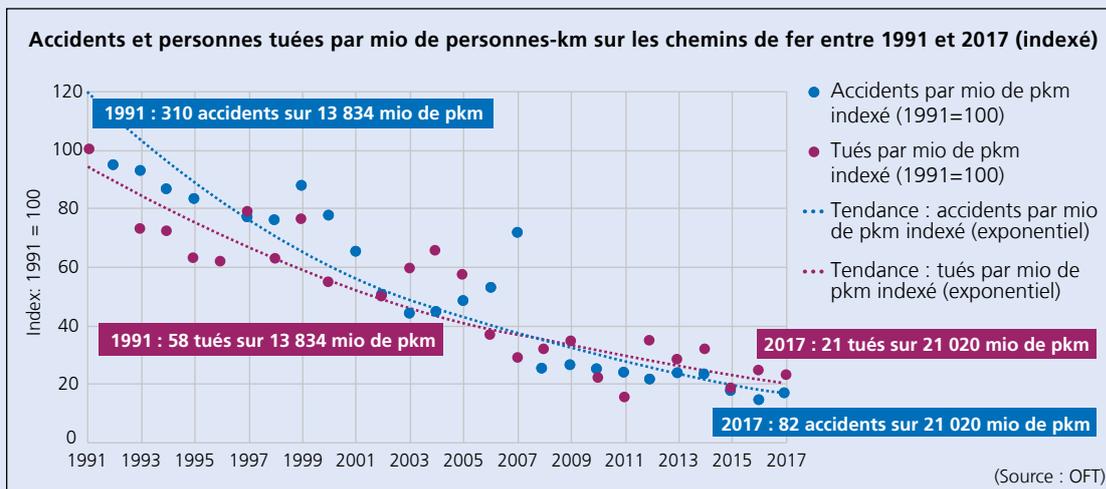


La majorité des 23 enquêtes ouvertes concernent des collisions (8) et des déraillements (6).

#### Évolution des accidents et des personnes tuées ou grièvement blessées dans les transports publics

Mode de transport	Accidents						Personnes tuées						Personnes grièvement blessées					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Chemins de fer	96	107	107	83	71	84	29	23	27	16	22	21	37	65	68	43	22	41
Trams	54	54	49	35	36	35	2	4	6	5	3	2	53	45	37	28	30	50
Transports à câbles	9	4	8	10	6	5	2	1	3	1	0	0	5	3	5	9	6	5
Bus	67	39	37	49	42	42	4	2	4	5	4	7	59	34	39	44	37	39
Navigation intérieure	1	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0
<b>Total (tous modes)</b>	<b>227</b>	<b>205</b>	<b>204</b>	<b>178</b>	<b>156</b>	<b>167</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>115</b>	<b>148</b>	<b>149</b>	<b>124</b>	<b>97</b>	<b>135</b>

Au cours des six dernières années, le nombre d'accidents a suivi une tendance à la baisse (source du tableau : OFT).



Au cours des 26 dernières années, les accidents et le nombre de personnes mortellement blessées dans le domaine des chemins de fer ont baissé pour atteindre environ un quart de la valeur initiale. C'est le résultat des efforts de tous les partenaires du réseau national de sécurité auquel le SESE prend également part (source du graphique : OFT).

## Annexe



Annexe 1 : Liste des rapports finaux, intermédiaires et études concernant l'aviation publiés en 2017

Annexe 2 : Liste des rapports finaux et intermédiaires concernant les chemins de fer, les transports à câbles et la navigation intérieure publiés en 2017

Annexe 3 : Données statistiques sur les incidents dans le domaine de l'aviation

Annexe 4 : Méthode et réflexions conceptuelles pour l'évaluation des données statistiques de l'aviation

# Annexe 1

## Liste des rapports finaux, intermédiaires et études concernant l'aviation publiés en 2017

Numéro	Immatriculation	Date	Lieu	Recommandation de sécurité	Avis de sécurité
2280	HB-KDD	23.02.2015	Aérodrome d'Yverdon-les-Bains		
2281	HB-ZIG	11.02.2015	Guttannen		
2282	HB-ZOA	09.06.2015	Semsales		
2284	HB-WXC	21.06.2014	Cudrefin		
2289	N108MW	19.10.2014	Aérodrome de Speck-Fehraltorf		
2291	HB-2207 / HB-SCS	31.05.2015	Région d'Oensingen		
2292	HB-PKK / J-5013 / J-5006	21.11.2014	Payerne	512	
2293	HB-IOC	09.03.2014	Aéroport de Genève		
2294	HB-IYW / HB-BYI	03.06.2015	Zurich	518, 519, 520, 521, 522	
2295	HB-PQS	12.07.2015	Wilén près de Wil		
2296	HB-JZQ	20.07.2014	Aéroport de Bâle-Mulhouse	524	
2297	HB-IZW	28.11.2013	Lugano		
2298	HB-ZRV	26.02.2015	Héliport d'Erstfeld	525, 530, 531	
2299	HB-ZGP	21.09.2015	Wolfenschiessen		14
2300	Trolleys	09.02.2016	Aéroport de Zurich	526, 527	15
2301	HB-ZRU	22.06.2014	Brissago		
2302	HB-OQW / HB-CXK	24.08.2014	Rickenbach près de Wil		
2303	D-ANFE	04.12.2014	Aéroport de Zurich	529	
2304	HB-SEW	05.11.2015	Samedan		
2305	HB-3364	01.07.2015	Klosters		
2306	HB-MSW	18.11.2015	Aérodrome de Bex		16
2307	HB-HFK	16.04.2015	Env. 1 km au nord-ouest de l'aérodrome de Lausanne		
2308	HB-ERO	23.08.2016	Höhnwilen au-dessus d'Ermatingen		
2309	HB-ZIS	14.07.2015	Lauterbrunnen		
2311	HB-SFR	19.07.2016	Croix de Cœur		
2314	T-320 / HB-ZHD	04.05.2016	8 NM au sud-est de l'aérodrome militaire de Dübendorf		
2315	HB-WGA	16.07.2016	1,3 km à l'est d'Ecuvillens		
2316	OE-LGL	13.10.2015	Aéroport de Lugano-Agno	535	
2317	HB-ZIH	29.09.2016	2 km au nord-est de Fanas		
2318	HB-EQN	26.08.2016	1 km de l'aérodrome de Neunkirch, près de Schaffhouse	536	

## Annexe 2

### Liste des rapports finaux et intermédiaires concernant les chemins de fer, les transports à câbles et la navigation intérieure publiés en 2017

Numéro	Mode de transport	Type d'accident	Date	Lieu	Recommandation de sécurité	Avis de sécurité
2014051701	Chemin de fer	Collision	17.05.2014	Spiez		
2014061404	Transports à câbles	Collision	14.06.2014	Ried-Rosswald	103	3
2014071701	Chemin de fer	Incendie	17.07.2014	Hergiswil	83	
2014081101	Chemin de fer	Collision sur passage à niveau non gardé	11.08.2014	Wolfenschiessen		
2014081301	Chemin de fer	Déraillement	13.08.2014	Tiefencastel	111	4
2014093001	Chemin de fer	Déraillement	30.09.2014	Jakobsbad	(73) <sup>*)</sup> , (74) <sup>*)</sup> , (75) <sup>*)</sup>	5
2015052401	Chemin de fer	Déraillement	24.05.2015	Aarau		6, 7
2015100201	Chemin de fer	Dérive d'un véhicule	02.10.2015	Baulmes	(88) <sup>*)</sup> , (89) <sup>*)</sup> 112, 113, 114, 115	
2015112402	Chemin de fer	Déraillement	24.11.2015	Rotkreuz	110	
2015121302	Bus	Incendie	13.12.2015	Le Locle	125	
2016011301	Chemin de fer	Accident de personne	13.01.2016	Zurich Schweighof	120, 121	
2016012001	Chemin de fer	Déraillement	20.01.2016	Zurich Mülligen	116, 117	
2016022201	Chemin de fer	Collision d'un train avec obstacle	22.02.2016	Sihlbrugg		
2016030803	Chemin de fer	Incendie / explosion	08.03.2016	Fiesch	118	
2016031601	Transports à câbles	Événement sur transport à câbles	16.03.2016	Stoos		
2016032904	Chemin de fer	Irrégularité sans mise en danger directe	29.03.2016	Zurich Altstetten		
2016040101	Chemin de fer	Accident de manœuvre	01.04.2016	Stein-Säckingen		
2016051101	Chemin de fer	Chantier	11.05.2016	Oberrieden Dorf		
2016060502	Chemin de fer	Déraillement	06.05.2016	Horw		
2016060802	Chemin de fer	Dérive d'un véhicule	08.06.2016	Oltén	122, 123, 124	
2016071101	Chemin de fer	Collision d'un train avec obstacle	11.07.2016	Lucerne		
2016071601	Chemin de fer	Collision entre un train et un mouvement de manœuvre	16.07.2016	Chiasso SM	119	
2016072601	Chemin de fer	Déraillement	26.07.2016	Les Brenets	(105) <sup>*)</sup> , 126, 127	
2016090101	Chemin de fer	Dérive d'un véhicule	01.09.2016	Andermatt	129, 130	
2016112401	Chemin de fer	Collision sur passage à niveau non gardé	24.11.2016	Lüscherz		
2016112801	Chemin de fer	Dérive d'un véhicule	28.11.2016	Andermatt	129, 130	
2017072701_ZB	Chemin de fer	Déraillement	27.07.2017	Les Brenets	128	

\*) Le chiffre entre parenthèses signifie que la recommandation de sécurité concernée a déjà été publiée plus tôt avec le rapport intermédiaire concernant le cas concerné.

# Annexe 3

## Données statistiques sur les incidents dans le domaine de l'aviation

### Table des matières

<b>1. Avant-propos</b>	<b>51</b>
<b>2. Définitions</b>	<b>51</b>
<b>3. Tableaux et graphiques</b>	<b>53</b>
3.1 Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse, Nombre d'aéronefs et personnes tuées	53
3.1.1 Aéronefs immatriculés en Suisse avec un MTOM supérieur à 5700 kg	54
3.1.2 Aéronefs immatriculés en Suisse avec un MTOM jusqu'à 5700 kg	55
3.1.3 Graphique du tableau récapitulatif d'accidents et d'incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse et des personnes tuées	56
3.2 Accidents et personnes accidentées pour la période 2016/2017	57
3.2.1 Accidents et incidents graves, selon le type d'aéronefs, avec et sans personnes blessées, d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger et d'aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse	57
3.2.2 Nombre d'aéronefs et accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse	58
3.2.3 Accidents et incidents graves selon le type d'aéronefs immatriculés en Suisse	59
3.2.4 Phases de vol – accidents et incidents graves des aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger ainsi que des aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse	60
3.2.5 Personnes accidentées selon leur fonction lors d'accidents et d'incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger et d'aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse	61

## 1. Avant-propos

La statistique annuelle ci-après contient tous les accidents ou incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger ainsi que les accidents survenus en Suisse à des aéronefs immatriculés à l'étranger.

Les accidents de parachutistes, de planeurs de pente, de cerfs-volants, de parachutes ascensionnels, de ballons captifs et de modèles réduits d'aéronefs ne font pas l'objet d'une enquête.

## 2. Définitions

Quelques termes importants dans les enquêtes sur les accidents d'aviation sont expliqués ci-après :

### Accident

Un événement lié à l'utilisation d'un aéronef qui, dans le cas d'un aéronef avec pilote, se produit entre le moment où une personne monte à bord avec l'intention d'effectuer un vol et le moment où toutes les personnes qui sont montées dans cette intention sont descendues ou, dans le cas d'un aéronef sans équipage, entre le moment où l'aéronef est prêt à manœuvrer en vue du vol et le moment où il s'immobilise à la fin du vol et où le système de propulsion principal est arrêté, et au cours duquel :

- a) une personne est mortellement ou grièvement blessée du fait qu'elle se trouve :
  - dans l'aéronef, ou
  - en contact direct avec une partie quelconque de l'aéronef, y compris les parties qui s'en sont détachées, ou
  - directement exposée au souffle des réacteurs, sauf s'il s'agit de lésions dues à des causes naturelles, de blessures infligées à la personne par elle-même ou par d'autres ou de blessures

subies par un passager clandestin caché hors des zones auxquelles les passagers et l'équipage ont normalement accès ; ou

- b) l'aéronef subit des dommages ou une rupture structurelle qui altèrent ses caractéristiques de résistance structurelle, de performances ou de vol, et qui normalement devraient nécessiter une réparation importante ou le remplacement de l'élément endommagé, sauf s'il s'agit d'une panne de moteur ou d'avaries de moteur, lorsque les dommages sont limités à un seul moteur (y compris à ses capotages ou à ses accessoires), aux hélices, aux extrémités d'ailes, aux antennes, aux sondes, aux girouettes d'angle d'attaque, aux pneumatiques, aux freins, aux roues, aux carénages, aux panneaux, aux trappes de train d'atterrissage, aux pare-brise, au revêtement de fuselage, comme de petites entailles ou perforations, ou de dommages mineurs aux pales du rotor principal, aux pales du rotor anticouple, au train d'atterrissage et ceux causés par la grêle ou des impacts d'oiseaux (y compris les perforations du radôme) ; ou
- c) l'aéronef a disparu ou est totalement inaccessible.

### Blessure grave

Toute blessure que subit une personne au cours d'un accident et qui entraîne une des conséquences suivantes :

- a) une hospitalisation de plus de 48 heures, dans les sept jours suivant la date à laquelle la blessure a été subie ;
- b) la fracture de tout os (à l'exception des fractures simples des doigts, des orteils ou du nez) ;

- c) des déchirures qui sont à l'origine d'hémorragies graves, ou de lésions au niveau d'un nerf, d'un muscle ou d'un tendon ;
- d) des lésions de tout organe interne ;
- e) des brûlures au deuxième ou au troisième degré, ou des brûlures affectant plus de 5 % de la surface du corps ;
- f) l'exposition vérifiée à des matières infectieuses ou à une radiation nocive.

#### **Blessure mortelle**

Toute blessure que subit une personne au cours d'un accident et qui entraîne sa mort dans les trente jours qui suivent la date de cet accident.

#### **Grand aéronef**

Aéronef ayant une masse maximale admissible au décollage (maximum take-off mass, MTOM) égale ou supérieure à 5700 kg, rangé dans la catégorie de navigabilité standard (sous-catégorie transport) ou comprenant plus de dix sièges pour les passagers et l'équipage.

#### **État d'immatriculation**

État sur le registre matricule duquel l'aéronef est inscrit.

#### **État du constructeur**

Le ou les États ayant certifié la navigabilité du prototype.

#### **État exploitant**

État dans lequel l'entreprise de transport aérien a son siège principal ou permanent.

### 3. Tableaux et graphiques

#### 3.1 Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse

Année	Nombre d'aéronefs <sup>1)</sup>	Heures de vol <sup>1)</sup>	Personnel navigant Licences	Nombre d'accidents enquêtés	Nombre d'accidents avec enquête sommaire	Total accidents	Incidents graves (incl. Airprox)	Nombre d'Airprox enquêtés <sup>2)</sup>	Accidents et incidents graves	Personnes tuées
2006	3822	715 572	15 368	27	31	58	10	7	68	10
2007	3813	766 557	15 076	23	20	43	4	6	47	12
2008	3765	784 548	14 691	28	19	47	5	6	52	11
2009	3685	842 017	14 973	26	17	43	4	3	47	5
2010	3705	793 592	15 313	21	16	37	8	4	45	8
2011	3709	873 548	12 855 <sup>3)</sup>	21	24	46	13	8	59	13
2012	3657	875 708	12 840	22	20	42	23	10	65	22
2013	3'620	933 752	11 871	28	16	44	20	11	64	15
2014	3556	919 987	11 563	18	28	46	13	5	59	8
2015	3494	865 404	11 536	29	24	53	22	4	75	12
2016	3414	849 373	11 563	21	16	37	46	16	83	5
<b>2017</b>	<b>3333</b>	<b>850 525</b>	<b>11 318</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>47</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>79</b>	<b>18</b>

<sup>1)</sup> Source : Office fédéral de l'aviation civile

<sup>2)</sup> Y compris airprox d'aéronefs immatriculés à l'étranger

<sup>3)</sup> Suite à la révision de la loi fédérale sur l'aviation (LA), l'office n'établit plus de cartes d'élève depuis le 1<sup>er</sup> avril 2011.

### 3.1.1 Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse avec un MTOM supérieur à 5700 kg

Année	Nombre d'aéronefs <sup>1)</sup>	Heures de vol <sup>1)</sup>	Nombre d'accidents enquêtés	Nombre d'accidents avec enquête sommaire	Total accidents	Incidents graves (incl. Airprox)	Nombre d'Airprox enquêtés <sup>2)</sup>	Accidents et incidents graves	Personnes tuées
2006	248	434 050	1	0	1	8	7	9	0
2007	260	393 368	3	0	3	0	5	3	1
2008	285	385 686	1	0	1	3	5	4	0
2009	293	394 055	0	0	0	4	3	4	0
2010	303	419 323	0	0	0	6	3	6	0
2011	299	458 225	0	0	0	9	8	9	0
2012	294	475 786	0	0	0	11	7	11	0
2013	290	540 826	1	0	1	11	8	12	0
2014	284	483 673	1	0	1	7	3	8	0
2015	284	466 086	1	0	1	11	1	12	0
2016	279	471 650	0	0	0	17	9	17	0
<b>2017</b>	<b>254</b>	<b>482 135</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>

<sup>1)</sup> Source : Office fédéral de l'aviation civile

<sup>2)</sup> Y compris airprox d'aéronefs immatriculés à l'étranger

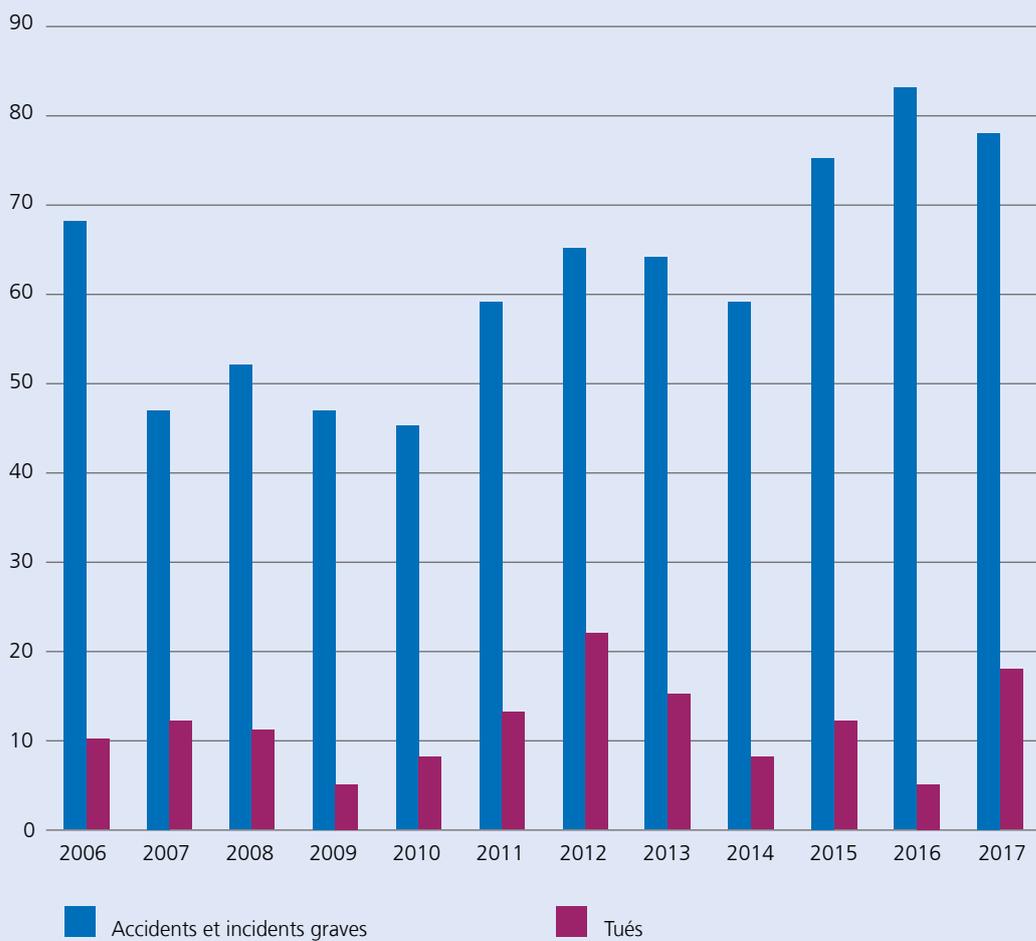
### 3.1.2 Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse avec un MTOM jusqu'à 5700 kg

Année	Nombre d'aéronefs <sup>1)</sup>	Heures de vol <sup>1)</sup>	Nombre d'accidents enquêtés	Nombre d'accidents avec enquête sommaire	Total accidents	Incidents graves (incl. Airprox)	Nombre d'Airprox enquêtés <sup>2)</sup>	Accidents et incidents graves	Personnes tuées
2006	3 574	281 522	26	31	57	2	0	59	10
2007	3 553	373 189	20	20	40	4	1	44	11
2008	3 480	398 862	27	19	46	2	1	48	11
2009	3 392	447 962	26	17	43	0	0	43	5
2010	3 402	374 269	21	16	37	2	1	39	8
2011	3 410	415 323	22	24	46	3	0	49	13
2012	3 363	399 922	22	20	42	12	3	54	22
2013	3 330	392 926	27	16	43	9	3	52	15
2014	3 272	436 314	17	28	45	6	2	51	8
2015	3 210	399 318	28	24	52	11	3	63	12
2016	3 135	377 723	21	16	37	29	7	66	5
<b>2017</b>	<b>3 079</b>	<b>368 390</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>47</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>73</b>	<b>18</b>

<sup>1)</sup> Source : Office fédéral de l'aviation civile

<sup>2)</sup> Y compris airprox d'aéronefs immatriculés à l'étranger

3.1.3 Graphique du tableau récapitulatif d'accidents et d'incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse et des personnes tuées



### 3.2 Récapitulatif des accidents et incidents graves pour la période 2016/2017

#### 3.2.1 Accidents et incidents graves, avec et sans personnes blessées, d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger et d'aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse

	Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse						Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse						Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés à l'étranger					
	survenus en Suisse						survenus à l'étranger						survenus en Suisse					
	Total		avec dommages corporels		sans dommages corporels		Total		avec dommages corporels		sans dommages corporels		Total		avec dommages corporels		sans dommages corporels	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Total	70	64	14	7	56	57	9	19	2	4	7	15	13	23	2	1	11	22
Avions jusqu'à 2250 kg MTOM	48	22	7	1	41	21	5	9	1	3	4	6	5	3	1	0	4	3
Avions entre 2250–5700 kg MTOM	1	3	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Avions supérieurs à 5700 kg MTOM	3	9	0	0	3	9	3	8	0	0	3	8	7	15	0	0	7	15
Hélicoptères	11	17	5	3	6	14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Motoplaneurs / Planeurs	7	11	2	3	5	8	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	0	1
Ballons et dirigeables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Ultra-légers motorisés	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3.2.2 Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse

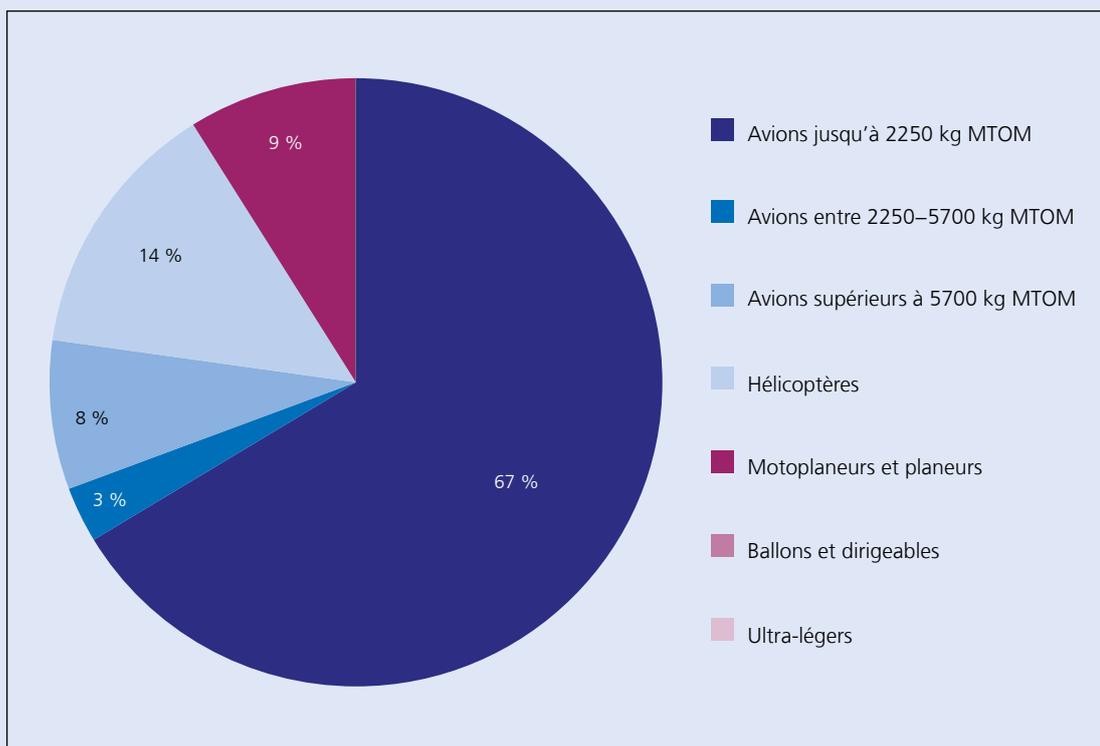
	Nombre d'aéronefs <sup>1)</sup> (01.01.2018)		Total des accidents et incidents graves	
	2017	2016	2017	2016
Avions jusqu'à 2250 kg MTOM	1358	1382	53	24
Avions entre 2250–5700 kg MTOM	174	162	2	3
Avions supérieurs à 5700 kg MTOM	254	279	6	11
Hélicoptères	335	337	11	17
Motoplaneurs et planeurs	874	907	7	11
Ballons et dirigeables	338	347	0	0
Ultra-légers motorisés <sup>2)</sup>	–	–	0	2
<b>Total</b>	<b>3333</b>	<b>3414</b>	<b>79</b>	<b>68</b>

<sup>1)</sup> Source : Office fédéral de l'aviation civile

<sup>2)</sup> Le nombre des avions ultra-légers n'est pas comptabilisé séparément.

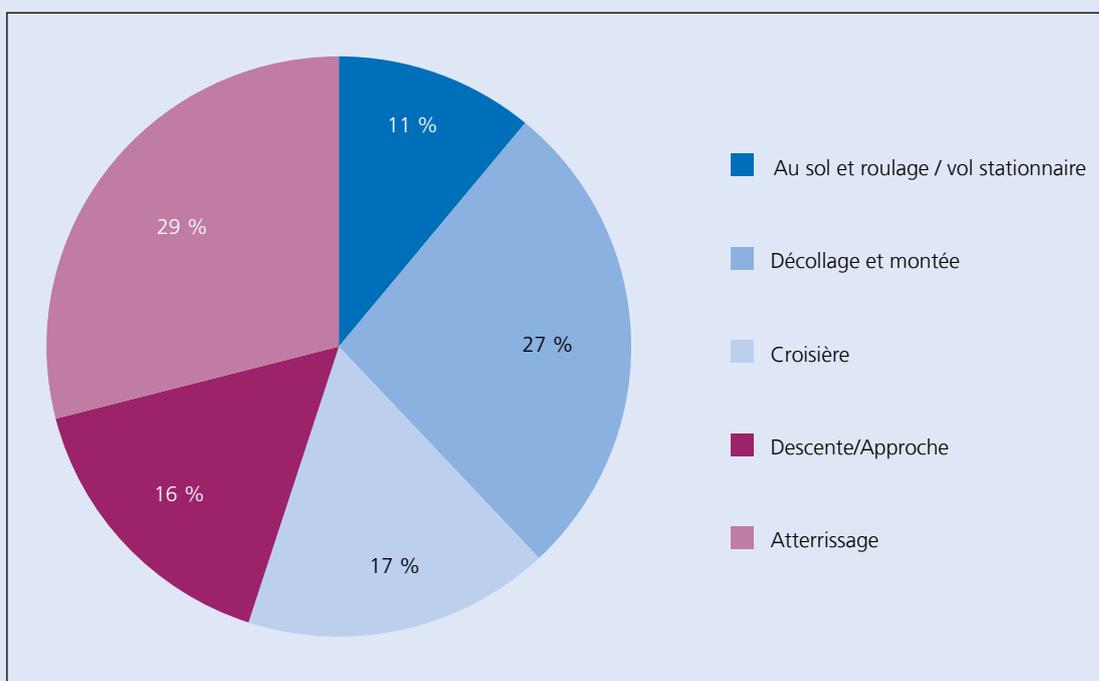
### 3.2.3 Accidents et incidents graves par genre d'aéronefs immatriculés en Suisse

	2017	2016
Avions jusqu'à 2250 kg MTOM	67 %	37 %
Avions entre 2250–5700 kg MTOM	3 %	4 %
Avions supérieurs à 5700 kg MTOM	8 %	20 %
Hélicoptères	14 %	22 %
Motoplaneurs et planeurs	9 %	14 %
Ballons et dirigeables	0 %	–
Ultra-légers motorisés	0 %	2 %



### 3.2.4 Phases de vol (accidents et incidents graves des aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse et à l'étranger ainsi que des aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse)

	Au sol et roulage/ Vol stationnaire		Décollage et montée		Croisière		Descente/ Approche		Atterrissage		Total	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Avions jusqu'à 2250 kg MTOM	10	3	16	6	6	5	8	5	21	15	61	34
Avions entre 2250–5700 kg MTOM	0	0	1	2	1	0	0	1	1	2	3	5
Avions supérieurs à 5700 kg MTOM	0	3	4	9	3	10	5	10	1	1	13	33
Hélicoptères	1	1	4	2	3	3	2	4	1	8	11	18
Motoplaneurs / Planeurs	0	0	1	4	3	3	0	1	4	6	8	14
Ballons et dirigeables	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Ultra-légers motorisés	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>96</b>	<b>107</b>



### 3.2.5 Personnes ayant subi des dommages corporels lors d'accidents

	Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus en Suisse															
	Total		Avions jusqu'à 2250 kg MTOM		Avions entre 2250–5700 kg MTOM		Avions supérieurs à 5700 kg MTOM		Hélicoptères		Motoplaneurs et planeurs		Ballons et dirigeables		Ultra-légers motorisés	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Accidents/incidents graves	70	64	48	22	1	3	3	9	11	17	7	11	0	0	0	2
Personnes blessées mortellement	11	3	8	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0
Equipage	7	2	4	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0
Passagers	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Personnes blessées gravement	11	6	6	2	0	0	0	0	5	3	0	1	0	0	0	0
Equipage	5	3	4	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Passagers	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiers	4	2	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0

	Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés en Suisse survenus à l'étranger															
	Total		Avions jusqu'à 2250 kg MTOM		Avions entre 2250–5700 kg MTOM		Avions supérieurs à 5700 kg MTOM		Hélicoptères		Moto-planeurs et planeurs		Ballons et dirigeables		Ultra-légers motorisés	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Accidents/ incidents graves	9	19	5	9	1	0	3	8	0	1	0	1	0	0	0	0
Personnes blessées mortellement	7	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipage	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passagers	4	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiers	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Personnes blessées gravement	0	3	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Equipage	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passagers	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Accidents et incidents graves d'aéronefs immatriculés à l'étranger survenus en Suisse															
	Total		Avions jusqu'à 2250 kg MTOM		Avions entre 2250-5700 kg MTOM		Avions supérieurs à 5700 kg MTOM		Hélicoptères		Moto-planeurs et planeurs		Ballons et dirigeables		Ultra-légers motorisés	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Accidents/incidents graves	15	23	5	3	1	2	7	15	1	0	1	2	0	1	0	0
Personnes blessées mortellement	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Equipage	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Passagers	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Personnes blessées gravement	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Equipage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passagers	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tiers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Annexe 4

### Méthode et réflexions conceptuelles pour l'évaluation des données statistiques de l'aviation

#### Indicateurs et composants

##### *Chiffres des accidents absolus et relatifs*

La statistique sur les accidents consiste à enregistrer et comparer non seulement des données absolues mais aussi des chiffres relatifs, communément appelés taux d'accidents. Cela signifie que lorsque les données le permettent, on ne considère pas uniquement le nombre d'accidents ayant eu lieu, mais également le nombre d'accidents pour un million de mouvements de vol. Les chiffres absolus mais aussi relatifs (taux d'accidents) se réfèrent toujours à une année donnée et à une catégorie donnée d'aéronefs ou au total des trois catégories d'aéronefs définies.

Les taux d'accidents ont l'avantage de permettre des comparaisons sur une longue période même lorsque l'exposition<sup>1</sup> change durant cette période. Étant donné que l'exposition varie en général moins fortement que le nombre d'accidents, l'avantage d'un taux en tant qu'indicateur joue un rôle moins important sur une période de quelques années.

En ce qui concerne les taux d'accidents, il est important que seuls les accidents qui sont pris en compte dans le taux soient également pris en compte dans l'exposition. Par exemple, le décollage et l'atterrissage d'un vol de Friedrichshafen (D) via la Suisse à destination de Grenoble (F) n'entrent pas dans la statistique des mouvements aériens de l'OFAC. Si l'avion est accidenté en Suisse, cet accident n'a pas le droit d'être pris en compte dans cette évaluation. C'est notamment le cas parce que la statistique des mouvements aériens de l'OFAC

est intégrée dans la statistique des accidents en tant qu'indicateur à part entière. La présente statistique sur les accidents tient compte de cette situation. Une situation similaire existe pour les vols au départ de la Suisse et à destination de l'étranger et inversement : les accidents qui ont lieu lors de vols entre la Suisse et l'étranger ou entre l'étranger et la Suisse se déroulent selon le cas au-dessus d'un territoire étranger. Dans ces cas de figure, les accidents ne sont pas toujours signalés au SESE. Étant donné que certains accidents lors de vols de ce type ne sont pas portés à la connaissance du SESE ni comptabilisés comme tels par le SESE, l'exposition correspondante ne peut par conséquent pas être intégrée dans l'indicateur. La présente statistique sur les accidents tient également compte de cet aspect.

##### *Accidents*

Afin qu'un événement dans le domaine de l'aviation puisse être classé comme accident dans la statistique qui nous intéresse, l'événement doit être signalé au SESE. Dès qu'un événement est connu du SESE, on examine s'il remplit les conditions d'un accident au sens de l'art. 2 du règlement (UE) n° 996/2010<sup>2</sup>. Seuls les événements classés comme accidents dans lesquels au moins une personne a été tuée ou grièvement blessée et ne résultant pas d'une faute intentionnelle sont pris en compte dans la présente évaluation. Les définitions des blessures graves et mortelles figurent également à l'art. 2 du règlement (UE) n° 996/2010.

La raison pour laquelle seules les blessures graves ou mortelles sont prises en compte dans la statistique des accidents réside dans le fait que les chiffres officiels des accidents non déclarés sans blessés graves ni décès sont consi-

<sup>1</sup> L'exposition (exposure en anglais) correspond ici au nombre de mouvements aériens.

<sup>2</sup> 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.

dérés comme non négligeables. Si l'on prenait en compte dans la statistique tous les accidents – ou aussi les incidents graves – les chiffres obtenus seraient bien plus importants et il serait plus facile d'obtenir des données statistiques, mais ces données décriraient plutôt le système et la culture de déclaration que la sécurité.

#### *Mouvement aériens*

Les mouvements aériens sont pris en compte dans la quantification de l'exposition nécessaire pour la statistique des accidents. Les chiffres relatifs aux mouvements aériens sont mis à disposition par l'OFAC. L'OFAC relève les chiffres au moyen de formulaires qui sont remis dûment remplis depuis 2007 par la plupart des aérodromes, aéroports et héliports. Les décollages et les atterrissages sont habituellement considérés comme des mouvements aériens de sorte qu'un vol de A à B correspond à deux mouvements aériens. La notion n'est toutefois pas définie de manière plus précise par l'OFAC. Les types de mouvements suivants ne sont pas pris en compte dans le relevé de l'OFAC :

- Mouvements sur certains aérodromes militaires.
- Mouvements en campagne comme par exemple les atterrissages en campagne des planeurs ou atterrissages d'hélicoptères en campagne lors de travail aérien.
- Décollages et atterrissages à l'étranger même lorsque le vol se déroule au-dessus du territoire suisse.

Les mouvements sur l'aéroport de Bâle-Mulhouse sont certes saisis par l'OFAC mais n'entrent pas dans l'évaluation du SESE car cet aéroport ne se trouve pas sur territoire suisse. Par conséquent, les accidents ayant lieu sur le territoire français situé à proximité de cet aéroport ne sont ni signalés au SESE, ni traités par le SESE.

#### *Catégories d'aéronefs*

L'analyse a porté sur les trois catégories d'aéronefs suivantes :

- Avions ayant une masse maximale admissible au décollage inférieure ou égale à 5700 kg (y compris planeurs à moteur et planeurs à moteur de voyage en vol motorisé).
- Planeurs y compris planeurs à moteur et planeurs à moteur de voyage en vol à voile.
- Hélicoptères.

En outre, les accidents des trois catégories d'aéronefs ont été analysés non pas de manière séparée, mais dans leur globalité (« total »).

En raison d'un nombre de cas trop faible, aucune statistique n'est élaborée pour les avions ayant une masse maximale admissible au décollage supérieure à 5700 kg (notamment pour les avions commerciaux) ni pour les dirigeables et les ballons.

#### *Méthode statistique*

Concernant le nombre d'accidents  $U_t$ , au cours de l'année  $t=2007, \dots, 2017$ , il s'agit d'une variable aléatoire discrète. Le modèle usuel dans ce cas résulte de la distribution de Poisson.

$$U_t \sim \text{Poisson}(\lambda_t).$$

Le paramètre  $\lambda_t$  étant le nombre attendu d'accidents dans l'année  $t$ , c'est-à-dire  $E[U_t] = \lambda_t$ . L'évolution temporelle du nombre d'accidents est modélisée par une régression de Poisson.

$$\log(\lambda_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t.$$

Le paramètre  $\beta_1$  permet d'obtenir un déroulement temporel du nombre escompté d'accidents. Concrètement, le nombre d'accidents change d'une année à l'autre du facteur  $\exp(\beta_1)$ . Si  $\beta_1$  est négatif, alors le nombre d'accidents attendu baisse au fil du temps ; autrement, il augmente. Les coefficients  $\beta_0, \beta_1$  sont estimés

au moyen de la méthode du maximum de vraisemblance dans le cadre du modèle linéaire généralisé. Pour tous les modèles adaptés, on teste systématiquement l'hypothèse nulle  $\beta_1 = 0$  qui correspond à l'affirmation « pas de modification du nombre d'accidents escomptés » au fil du temps. Le résultat du test est fourni par la valeur p. Cette variable comprise dans l'intervalle [0,1] indique dans quelle mesure les données observées sont compatibles avec l'hypothèse nulle (plus elle est grande, plus les données sont compatibles). La valeur seuil habituellement utilisée et employée dans le cas présent est 0,05. Par conséquent : si la valeur p est inférieure à 0,05, on parle de modification significative du nombre d'accidents. Si elle est en revanche supérieure à 0,05, la modification est considérée comme non significative.

Le modèle de Poisson est appliqué pour estimer le taux d'accidents, en décrivant l'évolution du logarithme du taux d'accidents au moyen d'un modèle linéaire :

$$\log\left(\frac{U_t}{n_t}\right) = \beta'_0 + \beta'_1 \cdot t$$

À cet égard,  $U_t$  est toujours le nombre d'accidents pour l'année  $t$ . En outre,  $n_t$  représente la taille de la population, c'est-à-dire le nombre de mouvements aériens pour l'année  $t$ . Cette dernière étant considérée comme une donnée d'observation fixe, la formule est transformée comme suit :

$$\begin{aligned} \log(U_t) &= \log(n_t) + \beta'_0 + \beta'_1 \cdot t \\ \Leftrightarrow \\ U_t &= n_t \cdot \exp(\beta'_0 + \beta'_1 \cdot t) \end{aligned}$$

La taille de la population  $n_t$  est utilisée comme offset dans le modèle linéaire généralisé. En d'autres termes, on part du principe que l'im-

portance de la taille de la population sur le nombre d'accidents est directement proportionnel, sans calculer de coefficient spécifique. Sur le plan conceptuel, nous restons ainsi dans le cadre de la régression de Poisson, de sorte que la formule suivante reste valable :

$$U_t \sim \text{Poisson}(\lambda_t)$$

Cependant, le paramètre  $\lambda_t$  correspond à présent au nombre d'accidents escomptés par an corrigés de l'exposition. L'estimation est à nouveau calculée au moyen de la méthode du maximum de vraisemblance dans le cadre du modèle linéaire généralisé. Mais le plus important est qu'il est possible de déduire du paramètre  $\beta'_1$  l'évolution temporelle du taux d'accidents. Concrètement, le taux d'accidents change d'une année à l'autre du facteur  $\exp(\beta'_1)$ . Si  $\beta'_1$  est négative, le taux d'accidents baisse ; si  $\beta'_1$  est positive, le taux d'accidents augmente. Tout comme pour le taux d'accidents, il est possible d'émettre des conclusions sur la signification de ce changement. Cela signifie que pour tous les modèles adaptés, on teste à nouveau systématiquement l'hypothèse nulle  $\beta_1 = 0$  correspondant à l'affirmation « pas de modification du nombre d'accidents escomptés » au fil du temps. Le résultat du test est fourni par la valeur p. Cette variable comprise dans l'intervalle [0,1] indique dans quelle mesure les données observées sont compatibles avec l'hypothèse nulle (plus elle est grande, plus les données sont compatibles). La valeur seuil habituellement utilisée et employée dans le cas présent est 0,05. Par conséquent : si la valeur p est inférieure à 0,05, on parle de modification significative du taux d'accidents. Si elle est en revanche supérieure à 0,05, la modification est considérée comme non significative.

La représentation du taux d'accidents est rapportée à un million de mouvements aériens afin de faciliter la lisibilité.



**Service suisse d'enquête de sécurité SESE**

3003 Berne

Tél. +41 58 466 33 00, Fax +41 58 466 33 01

[www.sese.admin.ch](http://www.sese.admin.ch)