



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

# **Rapport final n° 2296**

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

concernant l'accident impliquant  
l'avion Airbus A319-111, HB-JZQ,

survenu le 20 juillet 2014

5 NM au nord du point de cheminement  
LAMUR

## Ursachen

Der Unfall ist auf eine bis zum Anschlag führende bruske Bewegung des linken Steuerknüppels (*sidestick*) zurückzuführen. Dies hatte eine plötzliche vertikale Beschleunigung von 2.33 g zu Folge, was zu einem Sturz eines Kabinenbesatzungsmitgliedes mit schwerer Verletzung führte.

Beitragende Faktoren:

- Im Geschwindigkeitsmodus *selected* fand der Wechsel *crossover* (von Mach zu *speed*) nicht statt;
- Unzweckmässige Überwachung der Flugparameter durch den fliegenden Piloten;
- Unzweckmässige Handhabung der Absinkeinstellungen durch den fliegenden Piloten bei der Annäherung an die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Normalbetrieb.

## Remarques générales sur le présent rapport

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

Conformément à l'article 3.1 de la 10<sup>e</sup> édition de l'annexe 13, applicable dès le 18 novembre 2010, de la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'article 24 de la loi fédérale sur la navigation aérienne, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

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

Toutes les informations contenues dans ce rapport, sauf indication contraire, se réfèrent au moment où s'est produit l'accident.

Pour assurer la protection des données, le rapport fait usage du masculin générique.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC). Au moment où s'est produit l'accident, l'heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*central european summer time* – CEST).

La relation entre LT, CEST et UTC est :  $LT = CEST = UTC + 2 \text{ h}$ .

## Table des matières

Introduction.....	6
Enquête.....	6
Synopsis.....	6
Causes.....	6
Recommandations de sécurité.....	7
<b>1 Renseignements de base.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Déroulement du vol.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Généralités.....	8
1.1.2 Faits antécédents.....	8
1.1.3 Vol au cours duquel s'est produit l'accident.....	8
1.1.4 Lieu où s'est produit l'accident.....	11
<b>1.2 Personnes blessées.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Dommages à l'aéronef.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Autres dommages.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Renseignements sur le personnel.....</b>	<b>11</b>
1.5.1 Equipage de conduite.....	11
1.5.1.1 Commandant de bord.....	11
1.5.1.2 Copilote.....	12
1.5.2 Membre d'équipage de cabine blessé.....	12
<b>1.6 Renseignements sur l'aéronef.....</b>	<b>12</b>
1.6.1 Renseignements généraux.....	12
1.6.2 Description des systèmes de guidage de vol.....	13
1.6.2.1 Le système de gestion et guidage du vol.....	13
1.6.2.2 Visualisation des paramètres de vol.....	13
1.6.2.3 Contrôle et affichage de la vitesse.....	14
1.6.2.4 Navigation Display.....	15
1.6.2.5 Indicateur de modes de vol.....	15
1.6.2.5.1 Conduite du vol.....	15
1.6.2.6 Philosophie FMA.....	16
1.6.2.6.1 La quatrième Golden rule for Pilots d'Airbus.....	17
1.6.2.7 L'altitude crossover.....	18
1.6.2.8 Protections en survitesse et en facteur de charge.....	19
1.6.2.8.1 Lois et protections du système des commandes de vol.....	19
1.6.2.8.2 Protection en survitesse.....	20
1.6.2.8.3 Limitations en facteur de charge.....	20
1.6.2.9 Procédures pour la prévention et la sortie de survitesse.....	20
<b>1.7 Renseignements météorologiques.....</b>	<b>22</b>
1.7.1 Situation météorologique générale.....	22
1.7.2 Situation météorologique dans la région où s'est produit l'accident.....	22
1.7.3 Informations astronomiques.....	22
1.7.4 Informations météorologiques d'aérodrome.....	22
1.7.5 Prévisions.....	23
1.7.6 Avertissements sur les dangers météoAvertissements relatifs aux dangers météorologiques de vol.....	24
<b>1.8 Aides à la navigation.....</b>	<b>25</b>
<b>1.9 Communications.....</b>	<b>25</b>
<b>1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....</b>	<b>25</b>
<b>1.11 Enregistreurs de bord.....</b>	<b>25</b>

1.11.1	Enregistreur de conversation de cockpit CVR.....	25
1.11.2	Enregistreur de paramètres de vol DFDR .....	26
1.11.3	Enregistreurs de paramètres de vol DAR.....	26
1.11.4	Données pertinentes extraites de l'outil de visualisation AirFase .....	27
1.11.5	Action à cabrer sur le mini-manche latéral gauche .....	28
1.11.6	Vecteur tendance de vitesse .....	28
1.11.7	Avertisseur sonore de survitesse .....	29
<b>1.12</b>	<b>Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....</b>	<b>29</b>
<b>1.13</b>	<b>Renseignements médicaux et pathologiques.....</b>	<b>29</b>
<b>1.14</b>	<b>Incendie .....</b>	<b>29</b>
<b>1.15</b>	<b>Questions de survie .....</b>	<b>30</b>
<b>1.16</b>	<b>Essais et recherches .....</b>	<b>30</b>
<b>1.17</b>	<b>Renseignements en matière d'organisation et de gestion .....</b>	<b>30</b>
1.17.1	Généralités .....	30
1.17.2	Procédures pour l'équipage de cabine – Opération en équipage de cabine réduit .....	30
<b>1.18</b>	<b>Renseignements supplémentaires .....</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Aspects techniques.....</b>	<b>31</b>
2.1.1	Altitudes crossover .....	31
2.1.2	Flight Mode Annunciator.....	31
<b>2.2</b>	<b>Facteurs humains et opérationnels .....</b>	<b>32</b>
2.2.1	Facteurs humains .....	32
2.2.1.1	Détection tardive de l'augmentation de la vitesse cible.....	32
2.2.1.2	Action à cabrer.....	33
2.2.1.3	Comportement face aux alarmes .....	33
2.2.2	Facteurs opérationnels .....	34
2.2.2.1	Procédures .....	34
<b>3</b>	<b>Conclusions .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Faits établis .....</b>	<b>35</b>
3.1.1	Aspects techniques .....	35
3.1.2	Aspects humains .....	35
3.1.3	Aspects opérationnels .....	35
3.1.4	Déroulement du vol .....	35
3.1.5	Cadre environnemental .....	36
<b>3.2</b>	<b>Causes .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Recommandations de sécurité.....</b>	<b>38</b>
4.1.1	Entraînement aux procédures en situation de survitesse .....	38
4.1.1.1	Déficit de sécurité .....	38
4.1.1.2	Recommandation de sécurité n° 524 .....	38
<b>4.2</b>	<b>Avis concernant la sécurité .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Mesures prises après l'accident .....</b>	<b>38</b>

# Rapport final

## Introduction

Propriétaire	Celestial Aviation Trading 30 Ltd., Aviation House, Shannon, Irlande
Exploitant	easyJet Switzerland SA, route de l'Aéroport 5, Case postale 831, CH-1215 Genève 15 Aéroport
Constructeur	Airbus S.A.S, Toulouse, France
Type d'aéronef	A319-111
Pays d'immatriculation	Suisse
Immatriculation	HB-JZQ
Lieu	5 NM au nord du point de cheminement LAMUR
Date et heure	20 juillet 2014, 15:16 UTC

## Enquête

L'accident s'est produit le 20 juillet 2014 à 15:16 UTC. Il a été annoncé au Service d'enquête sur les accidents (SESA<sup>1</sup>) le 13 août 2014. Une enquête a été ouverte le 18 septembre 2014. Le SESA a notifié l'accident aux autorités françaises qui ont nommé un représentant accrédité. Le rapport final est publié par le SESE.

## Synopsis

Le 20 juillet 2014, l'Airbus A319-111 immatriculé HB-JZQ décolle de l'aéroport d'Olbia à 14:25 UTC à destination de l'aéroport de Bâle-Mulhouse. Les phases de montée et de croisière se déroulent normalement. Lors de la phase de descente, le changement de référence de Mach à kt de la vitesse cible ne s'effectue pas et la vitesse de l'avion augmente progressivement jusqu'à atteindre la vitesse maximale admissible en exploitation. Le pilote réagit en tirant brusquement sur le mini-manche latéral (*sidestick*), induisant un facteur de charge de 2.33 g. Trois des quatre membres d'équipage de cabine sont projetés au sol et l'un d'eux se blesse gravement à la cheville gauche.

L'avion atterrit sans encombre à l'aéroport de destination. Le membre d'équipage blessé est transporté à l'hôpital.

## Causes

L'accident est dû une action brusque à cabrer jusqu'en butée sur le mini-manche latéral (*sidestick*) gauche. Cette action a créé une accélération verticale de 2.33 g provoquant la chute d'un membre de l'équipage de cabine qui a subi une blessure grave

Facteurs contributifs :

- le changement de Mach à *speed* n'a pas eu lieu en mode de vitesse *selected* ;
- surveillance des paramètres de vol de manière inappropriée par le pilote en fonction ;
- gestion inappropriée des modes de descente au moment du rapprochement de la vitesse maximale admissible en exploitation par le pilote en fonction.

---

<sup>1</sup> Le SESA est devenu le Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) le 1<sup>er</sup> février 2015.

### **Recommandations de sécurité**

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

## 1 Renseignements de base

### 1.1 Déroulement du vol

#### 1.1.1 Généralités

Les descriptions des faits antécédents et du déroulement du vol ont été établies à l'aide des enregistrements des communications radiotéléphoniques, des paramètres *digital aircraft condition monitoring system recorder* (DAR) et des tracés radar. Elles s'appuient également sur les dépositions d'une partie des membres d'équipage impliqués dans l'accident ainsi que sur les rapports internes *air safety report* (ASR) et *cabin safety report* (CSR).

#### 1.1.2 Faits antécédents

Le 20 juillet 2014, les membres d'équipage du vol de l'accident se réunissent à 09:30 UTC pour le briefing de leur service de vol comprenant un aller-retour entre Bâle-Mulhouse (LFSB) et Olbia (LIEO). Les pilotes relèvent des situations météorologiques orageuses dans les régions d'Olbia, du Jura et de Bâle-Mulhouse.

Les postes de travail en cabine sont attribués selon les directives de répartition standard: le chef de cabine (*cabin manager* – CM) et le membre d'équipage de cabine (*cabin crew* – CC) CC4 occupent les postes à l'avant, les CC2 et CC3 les postes à l'arrière de la cabine.

Le refoulement de l'avion a lieu à 11:55 UTC, avec un retard de 2 heures et 20 minutes sur l'horaire prévu, causé par le changement d'avion pour des raisons techniques.

Durant le vol aller, les opérations de la compagnie contactent l'équipage de conduite au moyen d'un message ACARS<sup>2</sup> pour lui suggérer d'augmenter la valeur du *cost index*<sup>3</sup> prévue de 12 à 50 et ainsi voler plus vite. L'avion arrive à Olbia avec un retard d'une heure et 52 minutes.

#### 1.1.3 Vol au cours duquel s'est produit l'accident

Le 20 juillet 2014, l'Airbus A319-111 immatriculé HB-JZQ quitte à 14:13 UTC son poste de stationnement à l'aéroport d'Olbia, pour effectuer le vol EZS 1174 à destination de Bâle-Mulhouse. Le vol a un retard de 2 heures et 38 minutes sur l'horaire prévu. Le commandant de bord est le pilote en fonction.

Pendant la montée, l'équipage de conduite prend les messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation (*meteorological aviation routine weather report* – METAR) de Bâle-Mulhouse, Zurich (LSZH), Genève (LSGG) et Strasbourg (LFST). A ce moment, seul l'aéroport de Bâle-Mulhouse présente une situation instable caractérisée par des orages et de la pluie temporaires.

La croisière est effectuée au niveau de vol (*flight level* – FL) 380. Lors du survol des Alpes, l'équipage de conduite demande au service du contrôle aérien à retarder le début de la descente afin d'éviter des formations nuageuses.

A 15:02:33 UTC, le vol EZS 1174 entame sa descente.

A 15:11:29 UTC, l'équipage de conduite demande au service du contrôle aérien et obtient l'autorisation de mettre le cap sur le point de cheminement BALIR « pour raison météo ».

---

<sup>2</sup> ACARS : *aircraft communication addressing and reporting system*, système embarqué de communications, d'adressage et de compte-rendu.

<sup>3</sup> *Cost index* : rapport entre le coût opérationnel de vol et le coût du carburant. Il fait partie des valeurs introduites dans le système de gestion de vol par l'équipage de conduite.

A 15:13:32 UTC, il est autorisé à descendre au niveau de vol FL 240 avec une vitesse verticale supérieure ou égale à 2000 ft/min. Le collationnement est effectué par le commandant de bord qui a pris en charge les communications radiotéléphoniques, car le copilote est occupé à relever les informations météorologiques du service automatique d'information de région terminale (*automatic terminal information service* – ATIS) de l'aéroport de Bâle-Mulhouse. Cette tâche dure plusieurs minutes en raison de la mauvaise qualité d'écoute ainsi que de l'alternance du français et de l'anglais de l'enregistrement. Les modes du système de gestion de vol utilisés à ce moment sont *vertical speed*<sup>4</sup> et *managed Mach*<sup>5</sup>.

A 15:13:43 UTC, le mode vertical est changé en *open descent*<sup>6</sup>.

A 15:13:52 UTC, le mode de vitesse est changé en *selected Mach*<sup>7</sup> et le nombre de Mach actuel de 0.76 devient la valeur cible. L'avion passe alors le niveau de vol FL 286.

A 15:14:42 UTC, le vol EZS 1174 est autorisé à poursuivre sa descente vers le niveau de vol FL 180. La vitesse indiquée<sup>8</sup> est de 315 kt, le taux de descente de 3700 ft/min.

A 15:14:52 UTC, le mode *vertical speed* est à nouveau engagé, à un taux de 2500 ft/min. La valeur cible du nombre de Mach reste à 0.76 et la vitesse indiquée augmente; l'avion passe alors le niveau de vol FL 252.

A 15:16:23 UTC, le contrôleur de la circulation aérienne enjoint le vol EZS 1174 de contacter le secteur de contrôle Zurich sur la fréquence 135.675 MHz. Le commandant de bord collationne la nouvelle fréquence.

Le ciel est clair, à part quelques petits cumulus qui bourgeonnent vers le niveau de vol FL 200.

A mesure que l'avion descend, la poussée des moteurs augmente jusqu'à atteindre 60 % N1<sup>9</sup> pour permettre le maintien du nombre de Mach cible. La vitesse indiquée se rapproche de la vitesse maximale admissible en exploitation de 350 kt. Préoccupé par la présence de formations nuageuses, le commandant de bord se concentre essentiellement sur l'environnement extérieur.

A 15:16:42 UTC, la vitesse indiquée est de 345 kt alors que l'avion se rapproche des nuages. Craignant un dépassement de la valeur limite en raison d'éventuelles turbulences associées à cette nébulosité, le copilote annonce « *check speed* ».

Le commandant de bord voit le vecteur tendance de vitesse<sup>10</sup> entrer dans le ruban alternativement rouge et noir visualisant la limite VMO/MMO<sup>11</sup>. Il réduit alors le nombre de Mach cible à 0.54 au moyen du bouton rotatif de sélection de vitesse (15:16:42 UTC) et la poussée des moteurs diminue en conséquence.

---

<sup>4</sup> *Vertical speed (V/S)* : mode de descente du système de gestion de vol visant à maintenir une vitesse verticale sélectionnée par le pilote, la vitesse cible étant réglée par la poussée des moteurs.

<sup>5</sup> *Managed Mach* : vitesse cible en nombre de Mach calculé par le système de gestion de vol.

<sup>6</sup> *Open descent* (OP DES) : mode de descente du système de gestion de vol visant à maintenir une vitesse cible par variation de l'assiette, la poussée des moteurs étant au ralenti.

<sup>7</sup> *Selected Mach* : vitesse cible en nombre de Mach sélectionné par le pilote.

<sup>8</sup> En toute rigueur il s'agit de la vitesse dite « corrigée » (*calibrated airspeed* – CAS), qui est égale à la lecture de l'anémomètre corrigée des erreurs de position et des erreurs de l'instrument. Pour rester conforme à la documentation technique du constructeur ainsi qu'aux termes habituellement utilisés dans l'industrie, on utilisera l'expression « vitesse indiquée » dans la suite du rapport.

<sup>9</sup> N1 : vitesse du compresseur basse pression du moteur en pourcent.

<sup>10</sup> Vecteur indiquant la valeur qu'aura la vitesse après 10 secondes, à accélération constante.

<sup>11</sup> VMO/MMO : *maximum permissible operating speed or Mach number*, vitesse maximale ou nombre de Mach maximal admissible en exploitation.

A 15:16:46 UTC, alors que l'avion traverse le FL 204, la vitesse indiquée atteint momentanément la valeur de 349 kt.

Insatisfait du mode de gestion de vitesse, le commandant de bord déclenche le pilote automatique à 15:16:47 UTC. La vitesse indiquée est alors de 347 kt. Il tire d'une manière instinctive et brusque sur son mini-manche latéral jusqu'à l'amener en butée, puis revient progressivement au neutre en environ 4 secondes, alors que l'avertisseur sonore de survitesse s'active pendant cette manœuvre. L'avion réagit en passant en une seconde de l'assiette de  $-2.5^\circ$  à une assiette à cabrer de  $2.0^\circ$ , avec une augmentation liée du facteur de charge qui atteint 2.33 g.

Cette soudaine accélération projetée au sol les deux membres d'équipage de cabine CM et CC2 qui se tenaient alors debout à l'arrière de l'appareil, face à la cuisine de bord, dans le sens inverse de la marche. Le CC4, qui était occupé à ranger les chariots de service à l'avant, tombe également.

Pendant la descente, la consigne passagers d'attacher les ceintures de sécurité n'était pas illuminée; les passagers étaient néanmoins tous assis et n'ont pas été affectés par la subite augmentation du facteur de charge

Les manœuvres effectuées ensuite en pilotage manuel pendant une vingtaine de secondes amènent l'avion sur une trajectoire variant entre les niveaux de vol FL 202 et FL 204.

A 15:17:09 UTC, le mode *open descent* du système de guidage de vol est engagé et le pilote automatique 1 est enclenché une seconde plus tard. Le mode de vitesse est *selected Mach* à la valeur cible de 0.54. La vitesse indiquée de l'avion est de 310 kt.

Pendant les 20 secondes suivantes, le commandant de bord effectue plusieurs changements désordonnés de la valeur de la vitesse cible ainsi que des modes de vitesse. La vitesse indiquée fluctue légèrement autour de 305 kt.

A 15:17:28 UTC la vitesse cible est fixée à 275 kt en mode *selected speed* et l'avion poursuit sa descente normalement.

Le CM contacte l'équipage de conduite et l'informe que le CC2 est blessé à une jambe. Il demande que la consigne passagers d'attacher les ceintures de sécurité soit illuminée et sollicite l'intervention du service médical de l'aéroport de Bâle-Mulhouse après l'atterrissage.

Les trois membres d'équipage de cabine valides dispensent les premiers soins au CC2, à même le sol dans la cuisine de bord arrière. Le CM entreprend ensuite de déplacer deux passagers assis à la rangée droite numéro 26, pour y installer le CC2.

Aucune redistribution des fonctions et positions des membres d'équipage de cabine valides n'est effectuée en vue de l'atterrissage; le CC3 reste seul à sa position à l'arrière de la cabine jusqu'à la fin du vol.

Une fois l'avion arrêté à son poste de stationnement, le commandant de bord demande aux passagers de rester assis pour permettre l'intervention rapide du service médical des sapeurs-pompiers. Environ un quart d'heure plus tard, le CC2 est conduit en ambulance vers un hôpital de la région.

1.1.4	Lieu où s'est produit l'accident	
	Lieu	5 NM au nord du point de cheminement LAMUR
	Date et heure	20 juillet 2014, 15:16 UTC
	Conditions d'éclairage naturel	Jour
	Niveau de vol	FL 203

## 1.2 Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	1	0	1	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	5	150	155	Sans objet
Total	6	150	156	0

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion n'a pas été endommagé.

## 1.4 Autres dommages

Sans objet

## 1.5 Renseignements sur le personnel

### 1.5.1 Equipage de conduite

#### 1.5.1.1 Commandant de bord

Personne	Citoyen suisse, né en 1971	
Licence	Licence de pilote de ligne d'avions ( <i>airline transport pilot licence aeroplane</i> – ATPL(A)) selon l'Agence européenne de la sécurité aérienne ( <i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)	
Expérience de vol	Heures totales	8013:07 h
	Dont sur le type en cause	2732:49 h
	Pendant les 90 derniers jours	171:48 h
	Dont sur le type en cause	170:25 h

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

1.5.1.2	Copilote		
	Personne	Citoyen suisse, né en 1971	
	Licence	ATPL(A) selon EASA, établie par l'OFAC	
	Expérience de vol	Heures totales	9360:42 h
		Dont sur le type en cause	2187:54 h
		Pendant les 90 derniers jours	245:06 h
		Dont sur le type en cause	239:18 h

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

1.5.2	Membre d'équipage de cabine blessé		
	Personne	Citoyen français, né en 1972	
	Jusqu'au moment de l'accident, le membre d'équipage de cabine blessé assurait la fonction de CC2. Il portait des chaussures à talons plats.		
	Il était au bénéfice d'une expérience de vol importante, acquise au sein de diverses compagnies aériennes.		

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1	Renseignements généraux		
	Immatriculation	HB-JZQ	
	Type d'aéronef	A319-111	
	Constructeur	Airbus S.A.S, Toulouse, France	
	Propriétaire	Celestial Aviation Trading 30 Ltd., Aviation House, Shannon, Irlande	
	Exploitant	easyJet Switzerland SA, route de l'Aéroport 5, Case postale 831, CH-1215 Genève 15 Aéroport	
	Masses maximales autorisées	68 000 kg au décollage	
		61 000 kg à l'atterrissage	
	Masse et centre de gravité	La masse et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites par le manuel d'exploitation de l'aéronef ( <i>Aircraft flight manuel – AFM</i> )	
	Limitations techniques	Aucune limitation technique susceptible de jouer un rôle dans le déroulement de l'accident n'était signalée	
	Certificat d'immatriculation	Etabli par l'OFAC le 28 juin 2007 et valable jusqu'à sa radiation du registre d'immatriculation	
	Certificat de navigabilité	Etabli par l'OFAC le 28 juin 2007	
	Champ d'utilisation	Exploitation commerciale	

## 1.6.2 Description des systèmes de guidage de vol

Les sous-chapitres suivants décrivent les systèmes, les instruments de contrôle et leurs indications pertinents pour la compréhension du déroulement de l'accident.

### 1.6.2.1 Le système de gestion et guidage du vol

Le système de gestion et guidage du vol (*flight management and guidance system* – FMGS) assure la gestion de la navigation, de la planification de vol et du contrôle de la trajectoire et de la vitesse.

Deux calculateurs de gestion et de guidage du vol (*flight management and guidance computer* – FMGC) FMGC1 et FMGC2 traitent ces éléments de manière combinée; ils constituent le cœur autour duquel sont architecturées la gestion et la conduite de l'avion. Les pilotes gèrent la conduite automatique de l'appareil au moyen de trois interfaces:

- le panneau de contrôle du pilote automatique (*flight control unit* – FCU) ;
- deux claviers et écrans de contrôle (*multipurpose control and display unit* – MCDU) situés sur la console centrale ;
- deux manettes de poussée (*thrust levers*) pour le contrôle de la poussée des moteurs.

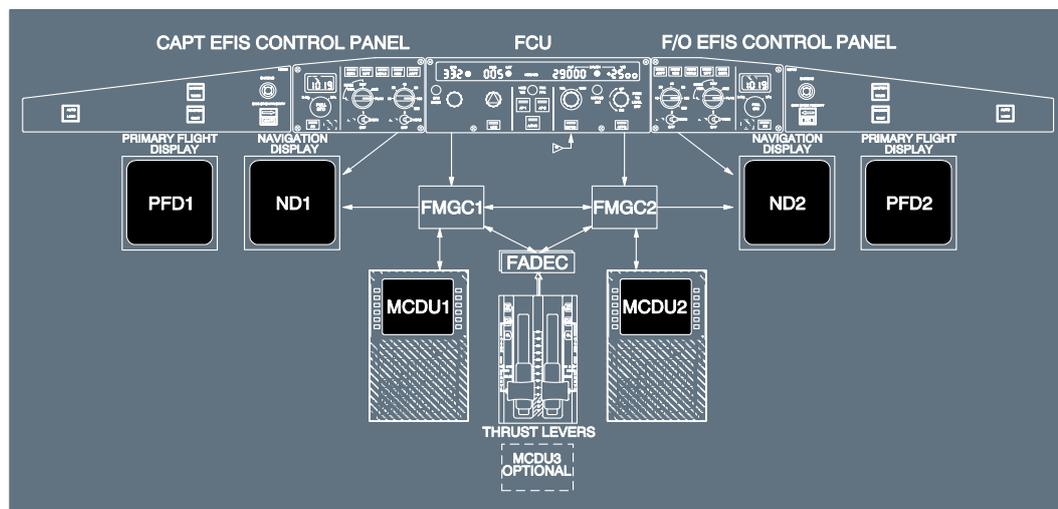
Deux modes de guidage sont disponibles :

- le mode *managed* qui assure le guidage stratégique le long d'une route et d'un profil planifiés. Il fournit un profil de vitesse optimal en fonction du *cost index* et des conditions de vol et amène une réduction de la charge de travail de l'équipage de conduite par une augmentation du niveau d'automatisation ;
- le mode *selected* qui permet de prendre le pas sur le mode précédent pour assurer le guidage tactique de l'avion. Il donne par exemple la possibilité de modifier le cap, la vitesse indiquée et la vitesse verticale.

### 1.6.2.2 Visualisation des paramètres de vol

Les paramètres de vol sont indiqués sur deux types d'instruments :

- deux écrans de visualisation des paramètres principaux de vol (*primary flight display* – PFD) ;
- deux écrans de visualisation des paramètres de navigation (*navigation display* – ND).



**Figure 1** : vue d'ensemble des interfaces du système de gestion de vol et des écrans de visualisation des paramètres de vol.

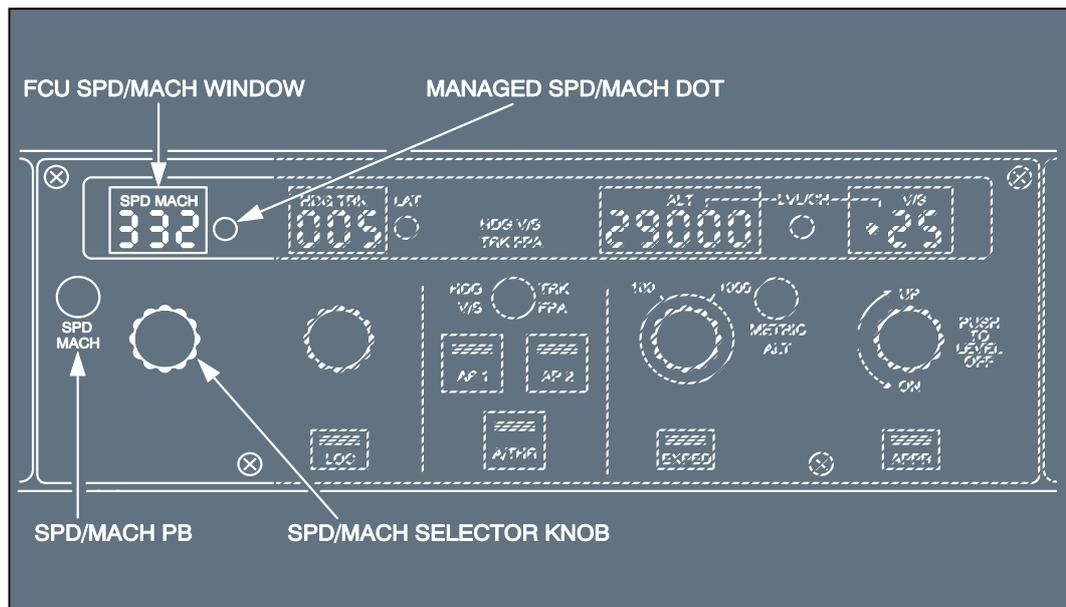


Figure 2 : FCU, boutons de commande de vitesse.

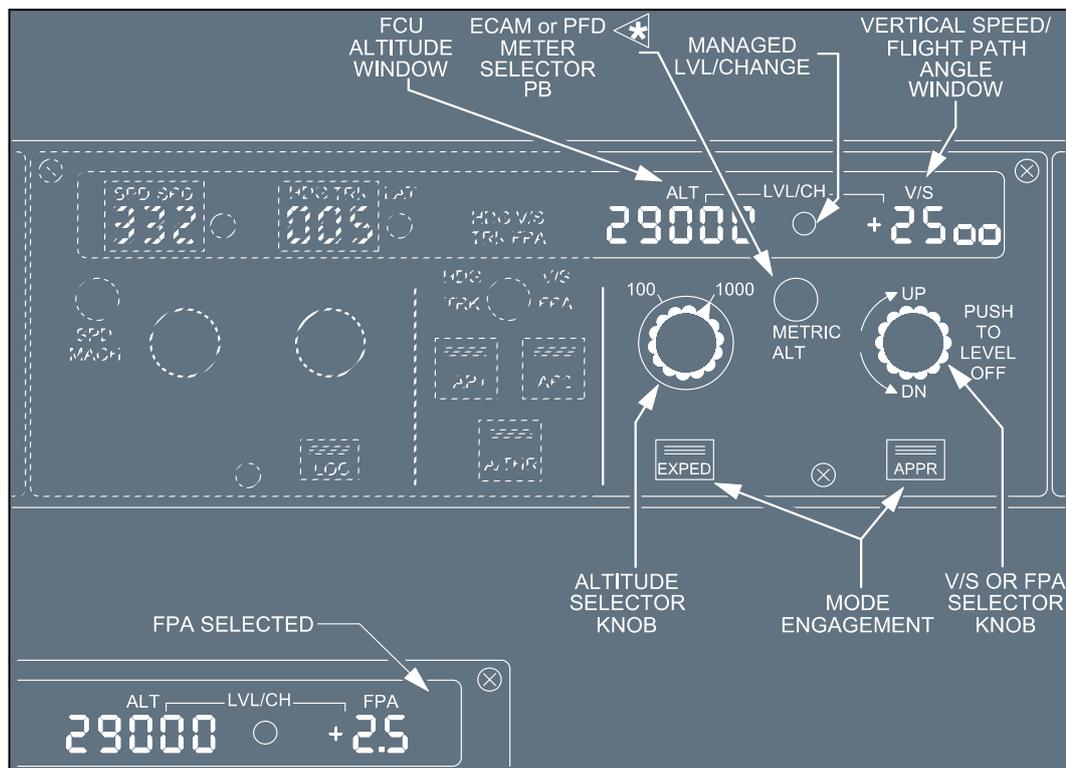


Figure 3 : FCU, boutons de commande de trajectoire verticale.

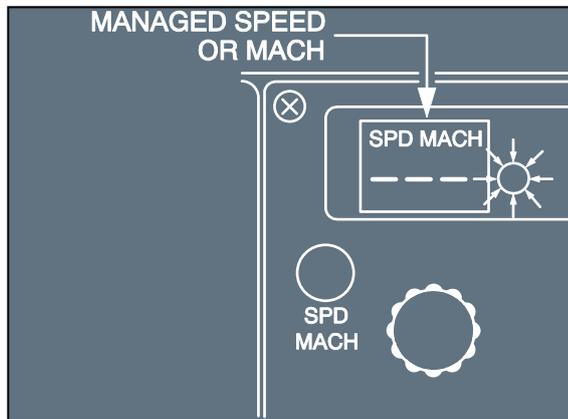
### 1.6.2.3 Contrôle et affichage de la vitesse

Une action à tirer sur le bouton de commande SPD/MACH *selector knob* permet de passer en mode *speed selected* pour prendre le contrôle de la vitesse cible lorsqu'elle est en mode *managed*. La référence de la vitesse actuelle s'affiche alors dans la fenêtre FCU SPD/MACH *window* du FCU en kt ou Mach. La vitesse cible (*speed target index*) sur le PFD est en couleur bleue.

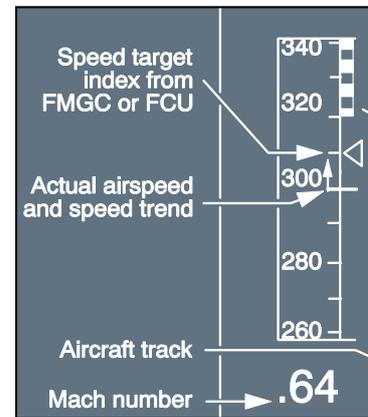
En mode *selected*, la référence de la vitesse cible peut être changée de kt à Mach ou vice-versa par une pression sur le bouton (*pushbutton* – PB) SPD/MACH.

Une action à pousser sur le bouton de commande SPD/MACH *selector knob* donne le contrôle de la vitesse cible au système de gestion du vol. La référence de cette dernière dans la fenêtre du FCU est remplacée par trois traits horizontaux. Le point *managed* SPEED/MACH *dot* s'illumine à droite de cette dernière. La vitesse cible sur le PFD est alors en couleur magenta.

L'indication « SPD » ou « MACH » est affichée dans la fenêtre FCU SPD/MACH *window* du FCU, que la vitesse cible soit en mode *managed* ou *selected*.



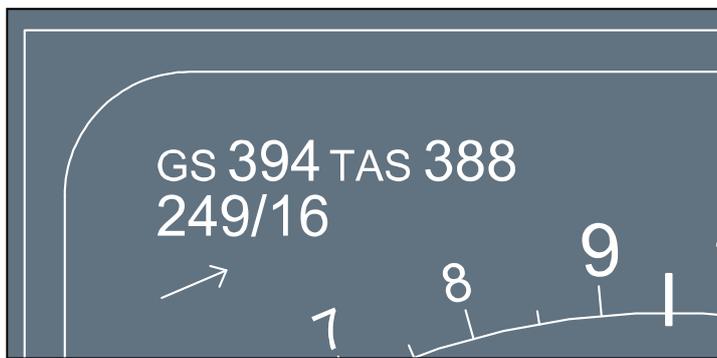
**Figure 4 :** affichage de la vitesse en *managed* « SPD » ou « MACH » dans la fenêtre SPD/MACH du FCU.



**Figure 5 :** présentation sur le PFD des vitesses cible, actuelle et du nombre de Mach.

#### 1.6.2.4 Navigation Display

Les écrans ND présentent en premier lieu les informations de navigation. En outre, la vitesse sol (*ground speed – GS*), la vitesse vraie (*true air speed – TAS*) ainsi que la direction du vent par rapport au nord géographique et son intensité sont présentées sous la forme suivante:



**Figure 6 :** affichage sur le ND de la vitesse sol, de la vitesse vraie, de la direction du vent et de son intensité.

#### 1.6.2.5 Indicateur de modes de vol

##### 1.6.2.5.1 Conduite du vol

Le statut de la conduite du vol est visualisé par des combinaisons de modes présentés aux pilotes sur une bande constituée de cinq colonnes et trois lignes, appelée indicateur de modes de vol (*flight mode annunciator – FMA*) et située sur la partie supérieure du PFD.



**Figure 7** : exemple de présentation de modes sur le FMA.

Dans la première colonne sont affichées les informations relatives au système d'auto-poussée, sur la deuxième les modes longitudinaux du système pilote automatique/directeur de vol.

Les modes longitudinaux suivants ont été sélectionnés par le commandant de bord pendant le déroulement de l'accident :

- Mode open descent (OP DES)  
Une action à tirer sur le bouton de commande ALTITUDE *selector knob* active le mode *open descent*. L'assiette longitudinale de l'avion est contrôlée par la commande de profondeur pour maintenir la vitesse cible *managed* ou *selected*. Les moteurs sont au ralenti, en mode *thrust idle* (THR IDLE).



**Figure 8** : FMA en mode *open descent*.

Pour ce mode, la distinction entre les grandeurs *speed* et *Mach* de la vitesse cible n'est faisable que dans la fenêtre FCU SPEED/MACH *window* du FCU (voir figure 2).

- Mode vertical speed (V/S)  
Une action à tirer sur le bouton de commande V/S OR FPA *selector knob* active le mode de vitesse verticale. L'assiette longitudinale de l'avion est contrôlée par la commande de profondeur pour maintenir le taux sélectionné. La poussée des moteurs est ajustée afin de maintenir la vitesse cible *managed* ou *selected* dont l'indication « SPEED » ou « MACH » apparaît dans la première colonne du FMA.



**Figure 9** : FMA en modes *speed / vertical speed* et *Mach / vertical speed* avec un taux de descente de 1000 ft/min.

#### 1.6.2.6 Philosophie FMA

Le FMA fait l'objet de l'une des quatre directives opérationnelles *Golden Rules for Pilots* d'Airbus dont l'objectif est de prendre en compte les principes de l'interaction équipage de conduite / systèmes automatisés et de la gestion des ressources en équipe (*crew resource management – CRM*), pour prévenir les accidents ou incidents et garantir l'efficacité de vol.



Figure 10 : . Airbus golden rules for pilots

Elles sont applicables aussi bien en conditions opérationnelles normales qu'en toutes situations inattendues, anormales ou de détresse.

Le manuel d'entraînement de l'équipage de conduite (*Flight crew training manual – FCTM*<sup>12</sup>) explicite la directive 3 « *Understand the FMA at all times* » de la manière suivante :

l'équipage de conduite doit confirmer la conséquence opérationnelle de toute action sur le FCU ou sur le MCDU, au travers d'une confirmation de l'indication ou du paramètre correspondant à cette action sur le PFD et sur le ND.

En tout temps, l'équipage de conduite devrait être conscient :

- des modes de guidage (armés ou engagés) ;
- des cibles de guidage ;
- de la réponse de l'avion en termes d'altitude, de vitesse et de trajectoire ;
- des modes de transition ou de réversion.

Par conséquent, pour garantir à tout moment une conscience de l'environnement appropriée, l'équipage de conduite doit :

- surveiller le FMA ;
- annoncer le FMA ;
- confirmer le FMA ;
- comprendre le FMA.

#### 1.6.2.6.1 La quatrième *Golden rule for Pilots* d'Airbus

La quatrième directive *Golden rules for pilots* (figure 10) indique aux pilotes d'agir si les choses ne se passent pas comme prévu. Elle précise que si l'avion ne suit pas la trajectoire désirée ou les cibles sélectionnées et que l'équipage de conduite ne dispose pas du temps suffisant pour analyser ou résoudre la situation, ce dernier doit immédiatement agir comme suit.

Le pilote en fonction devrait changer le niveau d'automatisation :

- du mode de guidage *managed* à *selected* ou ;
- du mode de guidage *selected* au vol manuel.

<sup>12</sup> Le manuel FCTM est un supplément au manuel FCOM destiné à fournir aux pilotes des informations pratiques au sujet de la manière d'opérer l'aéronef.

Le pilote assistant (*pilot monitoring* – PM) devrait séquentiellement effectuer les actions suivantes :

- communiquer avec le pilote en fonction ;
- remettre en question, si nécessaire, les actions du pilote en fonction ;
- prendre les commandes en cas de nécessité.

#### 1.6.2.7 L'altitude *crossover*

L'altitude<sup>13</sup> *crossover* (*crossover altitude*) est l'altitude à laquelle la vitesse indiquée et le nombre de Mach correspondent à la même vitesse vraie (*true air speed* – TAS). En phase de descente, c'est l'altitude à laquelle la référence de la vitesse cible passe de Mach à kt. Pour l'Airbus A319, elle dépend du mode de vitesse choisi, *managed* ou *selected*.

En mode *managed*, le FMGC optimise le nombre de Mach de descente - *Des Mach* et la vitesse corrigée de descente - *Des CAS* (*calibrated airspeed*) en fonction de plusieurs paramètres de vol, dont notamment la masse de l'avion, le vent, le niveau de vol et le delta ISA<sup>14</sup> en croisière, le *cost index*. L'altitude *crossover* est calculée à partir de ce couple MACH/CAS et le changement de la vitesse cible de Mach à kt s'effectue automatiquement. Les données DAR ont permis d'établir que lors du déroulement de l'accident le couple MACH/CAS était de 0.76/314, correspondant à l'altitude *crossover* FL 268.

En mode *selected*, le nombre de Mach est choisi par le pilote et le couple MACH/CAS optimal n'a donc plus lieu d'être. L'altitude *crossover* est alors fixée à FL 305 pour pratiquement tout le domaine d'utilisation de l'avion, à l'exception de la plage des nombres de Mach de 0.7984 à 0.82 (MMO) où elle décroît linéairement jusqu'à FL 245.6 (voir figure 11). Le changement de la vitesse cible de Mach à kt s'effectue automatiquement à cette frontière.

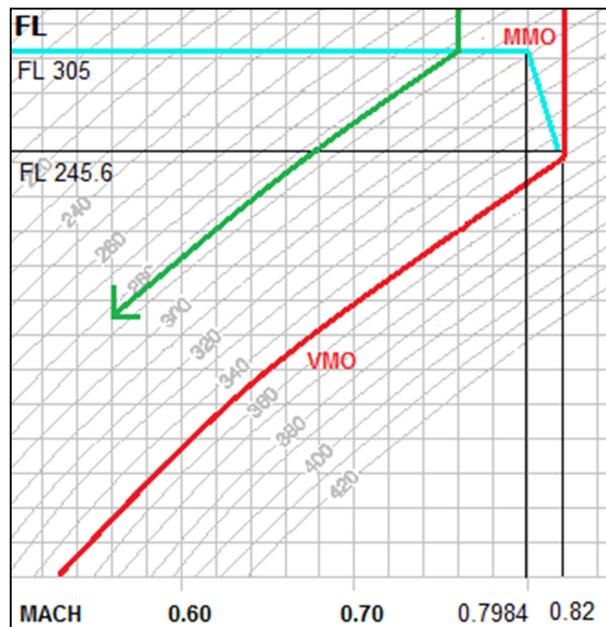
Afin de ne pas surcharger la documentation FCOM<sup>15</sup> et FCTM, le constructeur a choisi de ne pas y mentionner la différenciation des logiques de changement de l'altitude *crossover* en fonction du mode de vitesse *managed* et *selected*.

---

<sup>13</sup> L'altitude *crossover* est exprimée par rapport à la pression de référence de 1013.2 hPa.

<sup>14</sup> ISA : *international standard atmosphere* (ISA).

<sup>15</sup> FCOM : manuel d'utilisation de l'aéronef pour les équipages de conduite *flight crew operation manual*.



**Figure 11** : altitudes crossover en mode de vitesse *selected* dans une partie du domaine d'utilisation de l'avion. Le parcours vert représente un exemple d'évolution de la vitesse indiquée Mach 0.76 / 283 kt.

#### 1.6.2.8 Protections en survitesse et en facteur de charge

##### 1.6.2.8.1 Lois et protections du système des commandes de vol

Les gouvernes de l'Airbus A319 sont contrôlées électriquement (*fly-by-wire* – FBW) au travers d'ordinateurs embarqués. Elles répondent, selon des lois de contrôle, aux actions que le pilote exerce sur son mini-manche latéral ou aux instructions entrées sur le FCU et les MCDU. En conditions normales, la loi qui s'applique est appelée loi normale (*normal law*). En cas de pannes subséquentes de systèmes, cette loi se dégrade en loi alternative (*alternate law*) puis loi directe (*direct law*), caractérisées par un retour graduel vers un contrôle direct des commandes de vol et une diminution des protections d'enveloppe.

Les protections sont destinées à aider l'équipage de conduite dans les situations d'urgence et stressantes, lors desquelles seules des réactions rapides et instinctives seront efficaces. Elles sont prévues pour :

- donner pleins pouvoirs à l'équipage de conduite pour obtenir les meilleures performances de l'avion en conditions extrêmes ;
- réduire le risque de commandes excessives ou de surcontraindre l'avion ;
- permettre à l'équipage de conduite de réagir immédiatement et instinctivement pour assurer le meilleur résultat possible.

#### 1.6.2.8.2 Protection en survitesse

En descente, la vitesse maximale autorisée est limitée par le nombre de Mach MMO 0.82 jusqu'à l'altitude de 24 560 ft, puis par la vitesse VMO de 350 KIAS<sup>16</sup>.

En loi normale, indépendamment de l'utilisation du pilote automatique, le système des commandes de vol électriques (*electrical flight control system* – EFCS) assure la protection contre les dépassements de vitesse au-delà de VMO/MMO. Selon les conditions de vol (accélérations élevées, faible assiette longitudinale de vol), la protection de survitesse s'active à, ou au-dessus de VMO/MMO. S'il est enclenché le pilote automatique est alors automatiquement désactivé et un facteur de charge positif est appliqué par le système de commandes pour réduire la vitesse.

Le FCTM indique que la marge entre VMO/MMO et les vitesses de calcul maximales (*maximum design speeds* – VD/MD) (qui lui sont supérieures), doit être telle que n'importe quel dépassement possible de l'enveloppe de vol normale ne provoque pas de difficulté majeure. En conséquence, la protection de survitesse permet de réduire cette marge. Dans une situation de piqué :

- s'il n'y a pas d'action sur le mini-manche latéral, l'avion dépassera légèrement VMO/MMO et rentrera à nouveau dans l'enveloppe ;
- si le mini-manche latéral est maintenu en butée vers l'avant, l'avion dépassera VMO/MMO de manière significative sans atteindre VD/MD. A environ VMO+16/MMO+0.04, l'autorité d'action à piquer est doucement réduite à zéro.

#### 1.6.2.8.3 Limitations en facteur de charge

La loi normale limite automatiquement le facteur de charge à +2.5 g et -1 g en configuration de vol lisse. Cette protection permet au pilote d'effectuer si nécessaire une manœuvre brusque, sans risque pour la structure de l'avion.

#### 1.6.2.9 Procédures pour la prévention et la sortie de survitesse

Deux procédures d'utilisation de l'aéronef en situations anormale et d'urgence (*abnormal and emergency procedures*), concernent les situations de survitesse : la procédure *overspeed prevention* se trouve dans le FCOM, la procédure *overspeed recovery* dans le manuel de référence rapide (*quick reference handbook* – QRH). Elles ne sont pas cataloguées comme *memory items*, à savoir qui doivent être appliquées sans se référer au support papier. Le FCOM indique que lorsque l'équipage de conduite effectue des procédures *abnormal and emergency*, il utilise le principe de lecture à voix haute « *read and do* » *principle (oral reading)*.

La procédure *overspeed prevention* décrit les actions à effectuer lorsque la vitesse indiquée varie de façon significative autour de VMO/MMO.

---

<sup>16</sup> KIAS : *knots indicated air speed*, vitesse indiquée en nœuds.

<b>OVERSPEED PREVENTION</b>
<p>Applicable to: ALL</p> <p>If the aircraft encounters significant speed variations close to VMO/MMO, apply the following actions:</p> <p>AP : KEEP ON                      A/THR : KEEP ON                      USE SELECTED SPEED                      SPEED .....REDUCE  <i>Reduce the speed to increase the margin to VMO/MMO.</i>                      MIN SPEED : GREEN DOT                      SPEED TREND .....MONITOR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>If the speed trend approaches or exceeds VMO/MMO:</b>                          SPEED BRAKES ..... USE AS RQRD</li> <li>● <b>If the speed exceeds VMO/MMO:</b>                          OVERSPEED RECOVERY procedure ..... APPLY  <i>Refer to PRO-ABN-10 Overspeed Recovery</i></li> <li>● <b>If the speed stays below VMO/MMO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>In the case of severe turbulence:</b>  <i>Refer to PRO-SUP-91-10 Adverse Weather - Severe Turbulence</i></li> </ul> </li> </ul>

Figure 12 : procédure OVERSPEED PREVENTION.

Le pilote automatique et l’auto-poussée ne doivent pas être débranchés, il faut réduire la vitesse cible et les aérofreins doivent être utilisés à convenance si la tendance de vitesse se rapproche de VMO/MMO ou la dépasse. Si la vitesse indiquée dépasse VMO/MMO, il faut appliquer la procédure *overspeed recovery*

<b>OVERSPEED RECOVERY</b>
<p>Applicable to: ALL</p> <p>As soon as the speed exceeds VMO/MMO, apply the following actions:</p> <p>AP : KEEP ON                      SPEED BRAKES LEVER .....FULL                      THRUST REDUCTION ..... MONITOR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>If the A/THR is OFF:</b>                          ALL THR LEVERS ..... IDLE</li> <li>● <b>If the AP automatically disengages:</b>                          HIGH SPEED PROTECTION : ACTIVE IN NORM LAW  <i>The activation of the high speed protection results in an automatic pitch up in order to reduce the speed.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>While the speed is above VMO/MMO:</b>                              SPEED BRAKES LEVER : KEEP FULL                              PITCH ATT .....ADJUST SMOOTHLY AS RQRD</li> </ul> </li> <li>● <b>When the speed is below VMO/MMO with a sufficient margin to VMO/MMO:</b>                          SPEED BRAKES .....AS RQRD                         <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>If the A/THR is OFF:</b>                              ALL THR LEVERS ..... MAN ADJUST</li> <li>● <b>If the AP is OFF:</b>                              FLIGHT PATH ..... RECOVER SMOOTHLY</li> </ul> </li> <li>● <b>In the case of severe turbulence:</b>  <i>Refer to PRO-SUP-91-10 Adverse Weather - Severe Turbulence</i></li> </ul>

Figure 13 : procédure OVERSPEED RECOVERY.

Le pilote automatique ne doit pas être débranché, les aérofreins doivent être complètement sortis et la réduction de poussée surveillée. Si le pilote automatique se déclenche en raison de la protection de survitesse, l'assiette longitudinale doit être ajustée à convenance avec précaution, jusqu'à la sortie nette de VMO/MMO, puis la trajectoire regagnée en douceur.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Situation météorologique générale

Un profond thalweg s'étendait de l'Irlande du Nord au golfe de Gascogne. Sous son flanc avant se trouvait un front froid actif, précédé d'une zone de convergence.

### 1.7.2 Situation météorologique dans la région où s'est produit l'accident

L'approche du point de cheminement LAMUR a eu lieu dans une atmosphère instable présentant des orages et des averses. Les conditions météorologiques au passage du niveau de vol FL 204 étaient caractérisées par des ascendances à caractère convectif, des turbulences provenant des cisaillements de vent à proximité d'un jet-stream et le déferlement des ondes de gravité.

### 1.7.3 Informations astronomiques

Conditions d'éclairage naturel      Jour

### 1.7.4 Informations météorologiques d'aérodrome

Au moment de l'accident, le vol EZS 1174 était à 55 NM de Bâle-Mulhouse, son aéroport de destination.

Les messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation sous forme codée (METAR) pour 15:00 et 15:30 UTC étaient les suivants :

METAR LFSB 201500Z VRB02KT 9999 VCTS FEW026 SCT040CB BKN120  
22/18 Q1012 TEMPO TSRA SCT040CB=

En texte clair cela signifie :

Le 20 juillet 2014, peu avant la diffusion de l'observation météorologique d'aérodrome de 15:00 UTC, les conditions météorologiques suivantes ont été observées sur l'aéroport de Bâle-Mulhouse :

Vent	Variable à 2 kt
Visibilité météorologique	10 km ou plus
Phénomènes météorologiques	Précipitations et orages à proximité
Nuages	1/8 - 2/8 à 2600 ft AAE <sup>17</sup> 3/8 - 4/8 de cumulonimbus à 4000 ft AAE 5/8 - 7/8 à 12 000 ft AAE
Température	22 °C
Point de rosée	18 °C

<sup>17</sup> AAE : *above aerodrome elevation*, au-dessus de l'élévation de l'aérodrome.

Pression atmosphérique QNH	1012 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée avec les valeurs de l'atmosphère standard de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)
Fluctuation temporaire, persistant en chaque cas moins d'une heure, au total moins d'une heure	Précipitations d'intensité modérée avec pluie (orage) Nuages : 3/8 - 4/8 de type cumulonimbus à 4000 ft AAE
METAR LFSB 201530Z 28007KT 250V310 9999 SHRA FEW026 SCT040TCU BKN120 21/18 Q1012 NOSIG=	
En texte clair cela signifie :	
Le 20 juillet 2014, peu avant la diffusion de l'observation météorologique d'aérodrome de 15:30 UTC, les conditions météorologiques suivantes ont été observées sur l'aéroport de Bâle-Mulhouse :	
Vent	De 280° à 7 kt, variable de 250° à 310°
Visibilité météorologique	Supérieure à 10 km
Phénomènes météorologiques	Précipitations d'intensité modérée avec des averses de pluie
Nuages	1/8 - 2/8 à 2600 ft AAE 3/8 - 4/8 de cumulus congestus à 4000 ft AAE 5/8 - 7/8 à 12 000 ft AAE
Température	21 °C
Point de rosée	18 °C
Pression atmosphérique QNH	1012 hPa
Prévision à court terme (changement significatif attendu pendant les 2 heures suivant l'heure d'observation)	Aucun changement significatif prévu

#### 1.7.5 Prévisions

Au moment de l'accident, les prévisions météorologiques d'aérodrome (*terminal aerodrome forecast* – TAF) entre 14 :00 UTC le 20 juillet 2014 et 12 :00 UTC le 21 juillet 2014 étaient valables pour l'aéroport de Bâle-Mulhouse :

TAF AMD<sup>18</sup> LFSB 201421Z 2014/2112 13007KT 9999 FEW030 BKN080 OVC100 PROB30 TEMPO 2015/2018 VRB10G30KT 3000 TSRA FEW040CB SCT050TCU PROB40 TEMPO 2018/2024 VRB15G35KT 2000 TSRAGR BKN014 SCT030CB PROB40 TEMPO 2100/2112 RA BKN014=

---

<sup>18</sup> AMD (amendement) est inséré après le terme TAF dans le groupe d'identification. La nouvelle prévision porte sur toute la fraction non encore échue de la période de validité de la prévision TAF initiale. Dans le corps du message, l'heure inscrite correspond alors à l'heure de rédaction de l'amendement et à la partie non échue de la prévision.

En texte clair cela signifie :

Entre 14:00 UTC le 20 du mois et 12:00 UTC le 21 du mois, les prévisions météorologiques suivantes ont été annoncées pour l'aéroport de Bâle-Mulhouse :

Vent	De 130° à 7 kt
Visibilité météorologique	Supérieure à 10 km
Nuages	1/8 - 2/8 à 3000 ft AAE 5/8 - 7/8 à 8000 ft AAE 8/8 à 10 000 ft AAE
Prévisions conditionnelles de fluctuation temporaire avec une probabilité de 30 %, persistant en chaque cas moins d'une heure, au total moins d'une heure et 30 minutes, le 20 juillet entre 15:00 et 18:00 UTC	Vent variable, de direction changeant au minimum de 180°, vitesse moyenne de 10 kt avec des rafales de 30 kt Visibilité prédominante : 3000 m Précipitations orageuses d'intensité modérée Nuages : 1/8 - 2/8 de type cumulonimbus à 4000ft AAE 3/8 - 4/8 de type <i>towering</i> cumulus à 5000 ft AAL
Prévisions conditionnelles de fluctuation temporaire avec une probabilité de 40 %, persistant en chaque cas moins d'une heure, au total moins de 3 heures, le 20 juillet entre 18:00 et 24:00 UTC	Vent variable, de direction changeant au minimum de 180°, vitesse moyenne de 15 kt avec des rafales de 35 kt Visibilité prédominante : 2000 m Précipitations orageuses d'intensité modérée avec de la pluie et de la grêle Nuages : 5/8 - 7/8 à 1400 ft AAE 3/8 - 4/8 de type cumulonimbus à 3000 ft AAE
Prévisions conditionnelles de fluctuation temporaire avec une probabilité de 40 %, persistant en chaque cas moins d'une heure, au total moins de 6 heures, le 21 juillet entre 00:00 et 12:00 UTC	Précipitations de pluie d'intensité modérée Nuages : 5/8 - 7/8 à 1400 ft AAE

#### 1.7.6 Avertissements sur les dangers météoroAvertissements relatifs aux dangers météorologiques de vol

Le bulletin d'avertissement sur les dangers météorologiques de vol (*airmen's meteorological information* – AIRMET) suivant, valable entre 13 :00 UTC et 15 :00 UTC venait d'atteindre la fin de sa période de validité au moment de l'accident :

055

WASW41 LSSW 201306

LSAS AIRMET 15 VALID 201300/201500 LSZH-

LSAS SWITZERLAND FIR/UIR ISOL TS OBS GENEVA AREA TOP FL370 MOV  
NE NC

En texte clair cela signifie :

Région de vol	Région d'information de vol ( <i>flight information region</i> - FIR et <i>upper flight information region</i> - UIR) de la Suisse
Phénomène météorologique	Orages isolés observés, dont les sommets atteignent le FL 370
Région	Région de Genève. Les cellules orageuses se déplacent vers le nord-est
Variation de l'intensité	Pas de changement

L'accident s'est produit à proximité de la ligne géographique délimitant les régions de Genève et de Zurich pour la publication des bulletins AIRMET et SIGMET<sup>19</sup>.

Seul le bulletin d'avertissement sur les dangers météorologiques de vol suivant, pour la période entre 13 :00 UTC et 17 :00 UTC, était valable au moment de l'accident :

003

WASW41 LSSW 201302

LSAS AIRMET 14 VALID 201300/201700 LSZH-

LSAS SWITZERLAND FIR/UIR MOD ICE FCST S PART OF SWITZERLAND

FL130/220 STNR NC

Région de vol	Région d'information de vol de la Suisse
Phénomène météorologique	Givrage modéré entre les FL 130 et FL 220
Région	Région du sud de la Suisse
Variation de l'intensité	Pas de changement

Aucun message SIGMET n'avait été publié au moment de l'accident.

## 1.8 Aides à la navigation

Sans objet

## 1.9 Communications

L'accident s'est produit après que l'équipage de conduite du vol EZS 1174 ait reçu du contrôleur du secteur INSE du centre de contrôle régional de Genève (*area control center* – ACC) l'instruction de contacter le secteur *Zurich Lower sector West*. Les communications radiotéléphoniques se sont déroulées en anglais.

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport franco-suisse de Bâle-Mulhouse est situé en territoire français sur les communes de Saint-Louis et de Blotzheim, à 3.5 km au nord-ouest de la ville de Bâle (Suisse) et à 20 km au sud-est de la ville de Mulhouse (France).

## 1.11 Enregistreurs de bord

### 1.11.1 Enregistreur de conversation de cockpit CVR

Lorsque l'accident a été signalé au SESA, les enregistrements de conversations de poste de pilotage (*cockpit voice recorder* – CVR) n'étaient plus disponibles.

---

<sup>19</sup> SIGMET : *significant meteorological warning*.

### 1.11.2 Enregistreur de paramètres de vol DFDR

Lorsque l'accident a été signalé au SESA, les enregistrements des paramètres de vol (*digital flight data recorder* – DFDR) n'étaient plus disponibles.

### 1.11.3 Enregistreurs de paramètres de vol DAR

Le DAR reçoit ses données du *data management unit* (DMU), qui est programmé entre autres pour choisir parmi les paramètres du calculateur d'acquisitions de données<sup>20</sup>, ceux qui permettent la surveillance systématique des vols. Les éléments pertinents à l'accident ont été analysés par le constructeur et mis à disposition du SESA.

L'*aircraft flight analysis & safety explorer* (AirFase) est un outil informatique permettant de reconstruire le vol à partir de ses données. Il est utilisé par les exploitants pour identifier les événements inhabituels et observer les tendances opérationnelles. Il a permis d'obtenir l'animation 3D de la partie critique du vol ainsi que la visualisation des informations présentées sur l'écran de visualisation des paramètres principaux de vol (*primary flight display* – PFD). Cette reconstitution reste cependant orientée essentiellement à des fins opérationnelles et ne restitue pas les paramètres de vol dans leur intégrité.

---

<sup>20</sup> Calculateur de bord chargé de la collecte des paramètres de vol à enregistrer.

1.11.4 Données pertinentes extraites de l'outil de visualisation AirFase

En plus des données du système DAR qui permettent de jalonner le déroulement de l'accident dans le chapitre 1.1.3, les paramètres suivants sont pertinents :

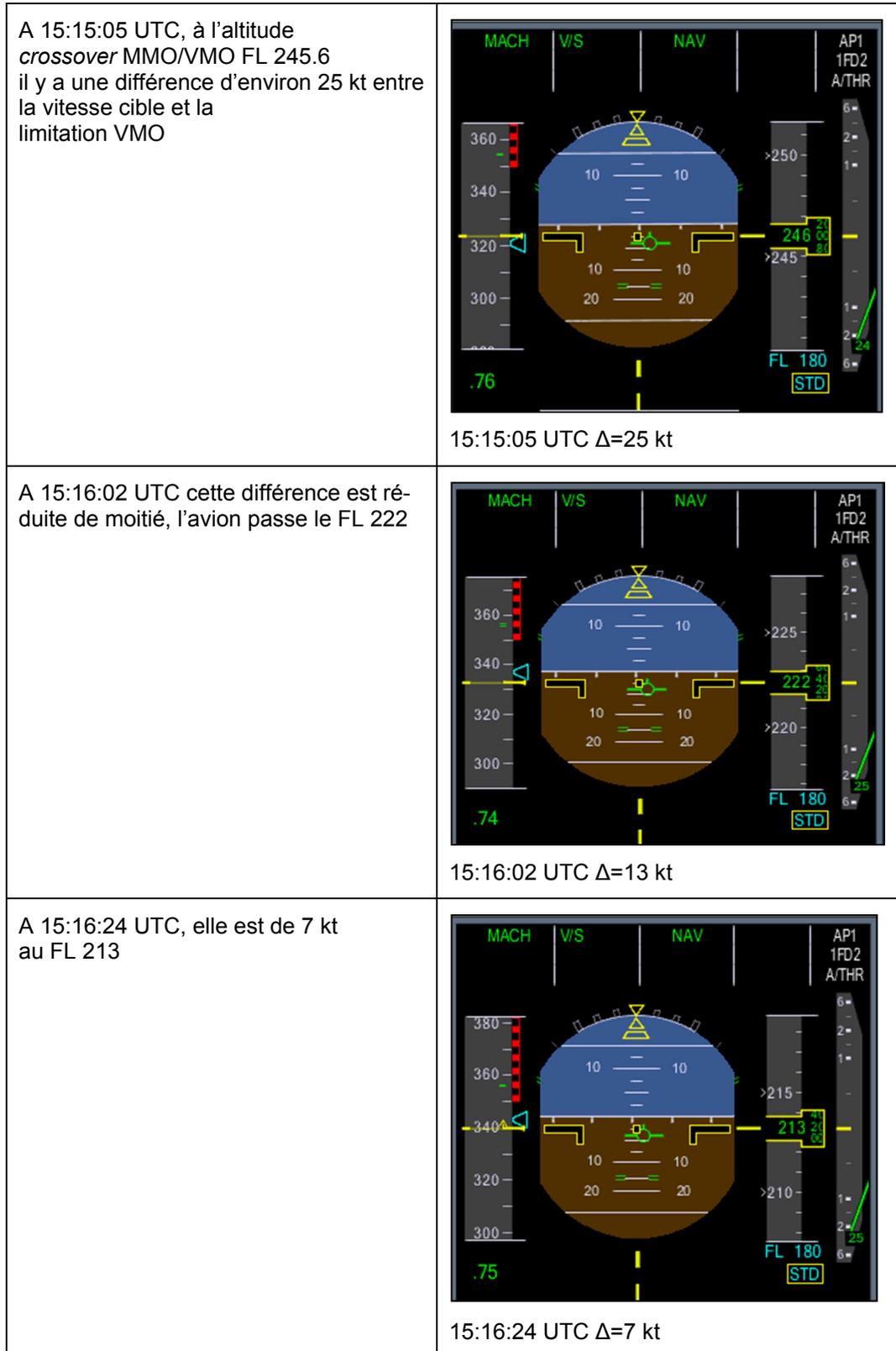


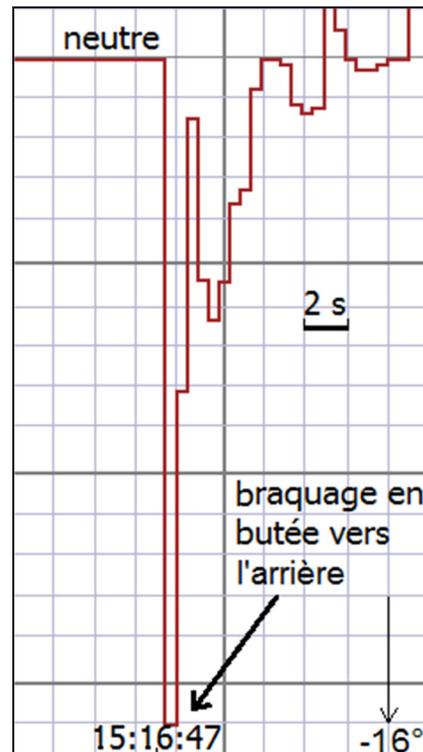
Figure 14 : différences entre la vitesse cible et la limitation VMO.

### 1.11.5 Action à cabrer sur le mini-manche latéral gauche

En loi normale, une action en tangage sur le mini-manche latéral commande un facteur de charge.

A 15:16:47 UTC, le DAR a enregistré une action à cabrer jusqu'en butée sur le mini-manche latéral gauche. La fréquence d'échantillonnage de deux mesures par seconde permet d'observer que la manœuvre a duré au plus une seconde.

Le retour à la position neutre a été effectué en deux temps : une première action presque symétrique, suivie d'une petite oscillation arrière-avant de rétablissement à la position neutre en près de 4 secondes.

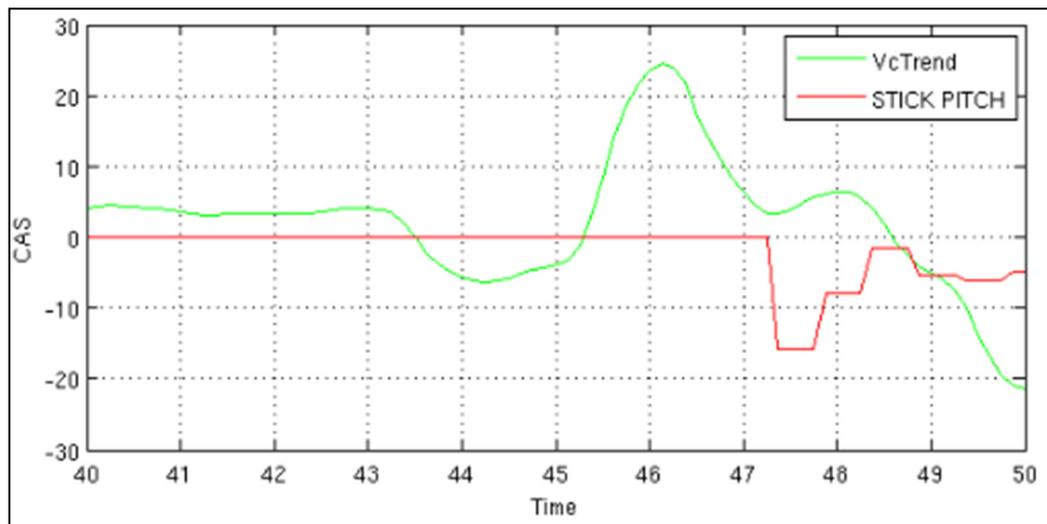


**Figure 15** : données DAR de l'action à cabrer à 15:16:47 UTC.

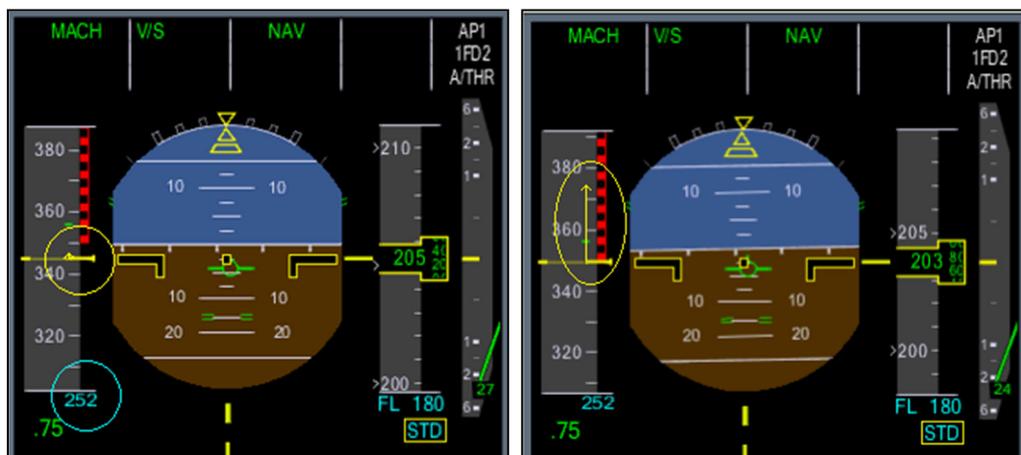
### 1.11.6 Vecteur tendance de vitesse

Les données relatives au vecteur tendance de vitesse ne sont pas enregistrées par le DAR. Dans la restitution AirFase les intensités de ce vecteur sont insuffisamment fiables pour être validées. Pour les besoins de l'enquête, le constructeur les a calculées à partir des données du DAR.

Le profil de la vitesse indiquée montre que 2 secondes environ avant la brusque action à cabrer qui a eu lieu à 15:16:47 UTC, la CAS est passée rapidement de 344 à 350 kt. Cette variation a généré un pic positif de 24 kt du vecteur tendance de vitesse à 15:16:46 UTC.



**Figure 16** : profil calculé du vecteur tendance de vitesse (en vert) entre 15:16:40 et 15:16:50 UTC. L'action sur le mini-manche latéral gauche est schématisée en rouge.



**Figure 17** : reconstitution des vecteurs tendance de vitesse. A 15:16:42 UTC, le pilote réduit la vitesse cible à Mach 0.54 (252 kt), à 15:16:46 UTC, le vecteur tendance est de 24 kt.

#### 1.11.7 Avertisseur sonore de survitesse

Le FCOM indique que l'avertisseur sonore de survitesse se déclenche si la vitesse indiquée dépasse de 4 kt la limitation VMO (350 kt). Les données DAR révèlent toutefois que cette alarme était active entre 15:16:49 et 15:16:51 UTC alors que la vitesse indiquée diminuait de 346 à 341 kt.

#### 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Sans objet

#### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Le membre de l'équipage de cabine CC2 a été gravement blessé à la cheville gauche.

#### 1.14 Incendie

Sans objet

**1.15 Questions de survie**

Sans objet

**1.16 Essais et recherches**

Sans objet

**1.17 Renseignements en matière d'organisation et de gestion****1.17.1 Généralités**

Fondée en 1995, easyjet Airline Company PLC est une compagnie aérienne britannique dont le siège social est situé à l'aéroport de Londres-Luton. La société rachète en 1998 40 % de la compagnie suisse TEA Basel, basée à Genève. Cette compagnie devient sa filiale et prend le nom d'easyJet Switzerland SA. Sa flotte est composée d'avions de type Airbus A319 et A320.

**1.17.2 Procédures pour l'équipage de cabine – Opération en équipage de cabine réduit**

Les procédures à suivre en cas d'incapacité de travail d'un membre d'équipage de cabine pendant le service de vol figurent dans le manuel d'opération (*operations manual – OMA*) et dans le manuel de procédures et de sécurité en cabine (*cabin safety procedure manual – CSPM*).

Les postes de travail ainsi que les devoirs et responsabilités des membres d'équipage de cabine doivent être adaptés afin de répondre au mieux à l'augmentation de la charge de travail causée par l'incapacité et de garantir un processus d'évacuation efficace. Ces changements doivent faire l'objet d'une coordination entre le commandant de bord et le chef de cabine.

**1.18 Renseignements supplémentaires**

L'annonce de l'accident a été adressée le même jour soit le 20 juillet 2014 à l'OFAC car considéré dans un 1<sup>er</sup> temps comme une annonce obligatoire d'événements-*mandatory occurrence report* (MOR) par la compagnie. Ensuite, le responsable de la gestion des risques opérationnels (head of operations risk management) de la compagnie n'a transmis l'annonce de l'accident que le 13 août 2014 au SESE, ce qui a retardé l'ouverture de l'enquête. En raison de ce délai, les données enregistrées dans le CVR et le DFDR n'étaient plus disponibles.

A la suite de l'accident, le commandant de bord a participé à un débriefing de sa compagnie, au cours duquel lui a été présentée la visualisation AirFase relative au déroulement de l'évènement. C'est donc en connaissance de ces éléments qu'il a été par la suite entendu par le SESE.

## 2 Analyse

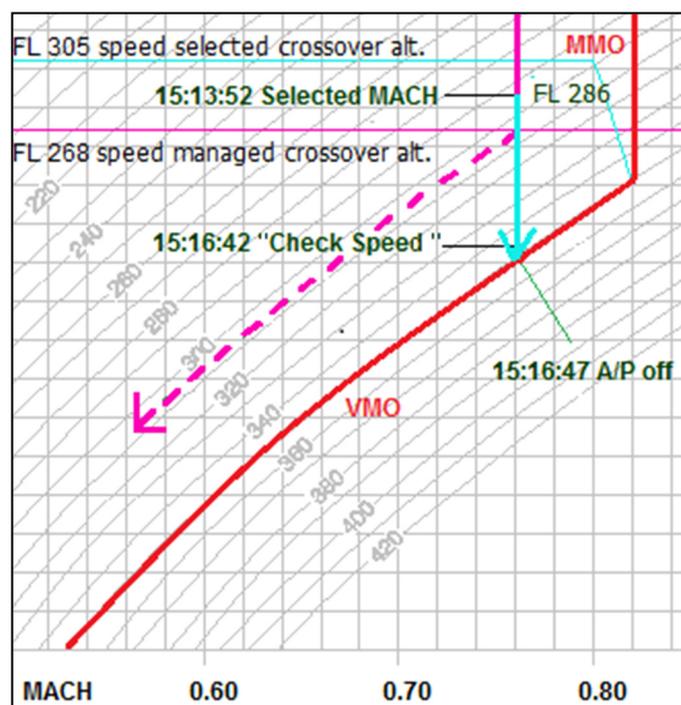
### 2.1 Aspects techniques

#### 2.1.1 Altitudes crossover

Lorsqu'à 15:13:52 UTC le pilote a changé le mode de vitesse de *managed* à *selected*, le niveau de vol FL 286 traversé était supérieur à l'altitude *crossover* en mode *managed* du moment FL 268. La vitesse cible a donc pris comme prévu la valeur *selected* du nombre de Mach actuel 0.76.

Cependant, puisque la valeur de Mach était en mode *selected*, l'altitude *crossover* a permuté à la valeur de FL 305, conformément à la loi définie pour ce mode vitesse. Ce niveau étant supérieur au FL 286, le changement *crossover* n'a pas pu s'effectuer et la référence de la vitesse cible est restée en Mach. A mesure que l'avion descendait, cette dernière a convergé vers la limitation VMO au lieu d'en suivre parallèlement la courbe (voir figure 18).

De manière générale, l'altitude *crossover* est définie comme une seule singularité de la courbe que suit la vitesse indiquée en fonction de l'altitude. Dès lors, si ce concept change avec le mode de vitesse sélectionné (*managed* ou *selected*) et si, de surcroît, le pilote doit parfois intervenir, il conviendrait que cette particularité soit mentionnée dans la documentation technique et opérationnelle.



**Figure 18** : représentation de l'évolution de la vitesse indiquée (flèche verticale magenta puis bleue) dans une partie du domaine d'utilisation de l'avion.

#### 2.1.2 Flight Mode Annunciator

Selon la philosophie *flight mode annunciator* (FMA), les pilotes vérifient le statut de la conduite de vol principalement sur l'indicateur de mode de vol et sur le PFD. Lorsqu'à 15:13:52 UTC le commandant de bord passe en mode de vitesse *selected*, la vitesse cible devient bleue sur le bandeau de vitesse du PFD et le FMA indique « *THR IDLE* » et « *OP DES* » ; rien ne précise si la référence de la vitesse cible est le nombre de Mach ou le kt. Cette information apparaît cependant dans la fenêtre FCU SPD/MACH *window* du *flight control unit* (FCU), qui ne fait pas

partie des paramètres de vol que le pilote en fonction surveille dans sa boucle de contrôle visuel. La seule manière d'opérer cette distinction sur le PFD est de déterminer le déplacement relatif de la vitesse cible sur l'échelle du bandeau de vitesse.

A 15:14:52 UTC, le mode *vertical speed* est engagé et l'indication « *MACH* » remplace « *THR IDLE* » dans la première colonne du FMA. Si le pilote ne connaît pas la particularité du changement des altitudes *crossover* en fonction des modes de vitesse, il s'attend à ce que le changement de référence de Mach à kt de la vitesse cible s'effectue automatiquement.

## 2.2 Facteurs humains et opérationnels

### 2.2.1 Facteurs humains

La manœuvre effectuée en réaction au rapprochement incontrôlé de la vitesse cible de VMO présente deux aspects particuliers: elle a été engendrée par la détection tardive de la situation critique, l'action à cabrer a été brusque et son amplitude excessive.

#### 2.2.1.1 Détection tardive de l'augmentation de la vitesse cible

Lors de la descente au nombre de Mach 0.76 l'écart entre la vitesse cible et la limitation MMO/VMO reste constant jusqu'à l'altitude *crossover* MMO/VMO (voir figure 18). Cette différence d'une valeur initiale d'environ 25 kt a diminué de moitié en une minute, puis 20 secondes plus tard elle n'était plus que de 7 kt (voir figure 14).

Lorsque le pilote automatique est enclenché, la tâche principale du pilote en fonction est d'effectuer régulièrement des boucles de contrôle visuel du PFD et du ND pour surveiller la conduite du vol. La phase de descente est caractérisée par des changements continus de l'environnement extérieur et par des interventions fréquentes de l'équipage de conduite dans la gestion du vol. La surveillance des paramètres de vol devrait donc s'effectuer à une fréquence telle que le rapprochement lent mais significatif de la vitesse cible à la limitation VMO soit détecté. La quatrième *Golden rule* d'Airbus est basée sur cette condition (voir chapitre 1.6.2.6.1).

Il est possible que le commandant de bord ait été induit en erreur par les effets liés à un *cost index* plus élevé que d'habitude, dont l'effet est d'abaisser l'altitude *crossover* en mode de vitesse *managed*. Il aurait ainsi interprété de manière erronée la constance de l'écart entre le nombre de Mach cible et la limitation MMO comme étant celle qui sépare la vitesse cible en kt et la limitation VMO. Cependant, pour des *cost index* de valeurs proches de 10, l'altitude *crossover* est située vers le FL 330 et, sur le bandeau de vitesse, la limitation MMO est environ 25 kt plus élevée que la vitesse cible de 270 kt programmée pour ces cas. La marge se creuse entre cette dernière et la limitation MMO pour atteindre une valeur environ trois fois plus élevée. Lorsque la limitation MMO/VMO devient VMO, sa valeur de 350 kt sort du domaine visible de la partie supérieure du bandeau de vitesse.

L'enquête n'a pas mis en évidence de facteurs extraordinaires ayant pu contribuer à augmenter la charge de travail du pilote en fonction pendant la descente. La détection tardive du rapprochement critique de la limitation VMO est attribuée à un manque d'assiduité dans l'exécution de la boucle de contrôle visuel des paramètres de vol.

### 2.2.1.2 Action à cabrer

La manœuvre à cabrer brusque et sans retenue à l'origine du facteur de charge de 2.33 g ne peut pas être attribuée à un effet de surprise car elle a été précédée d'une action sur le FCU: dans un premier temps, conformément à la procédure *overspeed prevention* la vitesse cible a été réduite, mais à une valeur en dessous de l'échelle visible du bandeau de vitesse. Cette action témoignant d'une réaction dans l'urgence pour s'écarter au plus vite de la vitesse VMO n'a pas été suivie d'un changement de mode de descente adéquat. A vitesse élevée et notamment en mode de descente *vertical speed* -2500 ft/min, le ralentissement significatif escompté ne pouvait avoir lieu. Cinq secondes se sont écoulées entre la réduction de la vitesse cible et le déclenchement du pilote automatique, pendant lesquelles la procédure *overspeed prevention* n'a pas été poursuivie.

A une vitesse indiquée proche de VMO, le déclenchement du pilote automatique aurait dû être idéalement suivi de la manœuvre préconisée dans la procédure *overspeed recovery*, l'assiette longitudinale devant être ajustée à convenance jusqu'à la sortie nette de VMO/MMO, puis la trajectoire regagnée en douceur. L'action à cabrer a été au contraire brusque et d'amplitude excessive. Il est possible qu'elle ait été induite par une crainte impulsive éprouvée à la constatation que le vecteur tendance de vitesse ait très nettement « enfreint » la limitation VMO.

Les cas où une action brusque à cabrer en butée peut être nécessaire sont qualifiés par le constructeur de « processus de survie » (*survival process*). Il s'agit des manœuvres de réactions à des cisaillements de vent et d'avertissement de proximité du sol. Ces situations extrêmes ont lieu à basse altitude, où l'avion évolue à faible vitesse; elles ne peuvent pas être apparentées à celle de l'accident.

En opération normale, avant chaque décollage les pilotes effectuent la vérification des commandes de vol en déplaçant le mini-manche latéral jusqu'aux butées de roulis et tangage. Ces manœuvres sont exécutées lentement afin de contrôler le débattement des gouvernes dans leurs amplitudes; elles ne peuvent donc constituer le conditionnement d'un réflexe impulsif.

### 2.2.1.3 Comportement face aux alarmes

Les procédures *overspeed prevention* et *overspeed recovery* sous-entendent que le dépassement de l'enveloppe de vol est limité par la protection de survitesse et ne provoque pas de difficulté. Cependant, pour un pilote, la notion de « limitation » est habituellement perçue comme une frontière absolue à ne pas franchir. Dans la documentation technique, elle réfère d'ailleurs souvent à la rubrique avertissement (*caution*). Sur les instruments de vol elle est signalée par la couleur rouge qui désigne le niveau maximal dans les codes d'alerte et de péril. Dans les cas critiques, la limitation est souvent renforcée par un avertisseur sonore. Conditionné cette notion de danger, il est compréhensible que le premier réflexe puisse donc consister à vouloir l'éviter. A titre d'exemple, en phase d'approche, si la vitesse indiquée entre dans le ruban alternativement rouge et noir qui visualise cette fois la limitation volets sortis (*maximum speed for each flap configuration* – VFE), la réaction consiste à s'en écarter par une action à cabrer appropriée. A l'inverse, les procédures *overspeed prevention* et *overspeed recovery* préconisent de conserver les automatisations et de laisser agir la protection de survitesse, même au risque d'un dépassement de la limitation VMO. Il est donc nécessaire que les pilotes s'entraînent à cette situation en simulateur de vol et qu'ils en observent les caractéristiques lors du pilotage manuel aux frontières hautes vitesses du domaine d'utilisation.

## 2.2.2 Facteurs opérationnels

### 2.2.2.1 Procédures

Sur la seule base de la documentation, il n'est pas aisé pour les équipages de conduites d'intégrer les deux procédures relatives aux situations de survitesse.

Le recours à l'une ou l'autre de ces procédures dépend de la vitesse de l'avion par rapport à la limitation MMO/VMO. Dans les deux cas, les situations de vol sont très dynamiques, voire critiques et les appliquer selon le principe de lecture « *read and do* » n'entre dès lors pas en considération. Puisqu'elles ne sont de surcroît pas cataloguées comme *memory items*, on en déduit que les réactions à ces situations sont considérées comme des compétences de pilotage de base. Ceci est contradictoire avec le fait que la procédure *overspeed recovery* figure dans le manuel de référence rapide (*Quick reference handbook – QRH*).

La limitation VMO/MMO fait l'objet de deux procédures distinctes relatives aux situations de survitesse. Elles ne sont pas qualifiées du même degré de gravité puisque la procédure *overspeed prevention* ne figure pas dans le QRH. Elles se rejoignent cependant lorsque la vitesse indiquée dépasse VMO/MMO mais avec des actions initialement différentes: dans la procédure *overspeed prevention*, il est indiqué d'utiliser les aérofreins à convenance alors que dans la procédure *overspeed recovery*, ils doivent être complètement sortis.

Cette séparation des procédures pour traiter d'un rapprochement et d'un dépassement de limite qui, selon le constructeur, ne pose pas de problème majeur, semble être une source de confusion chez les pilotes. Il conviendrait d'envisager de les fusionner.

### 3 Conclusions

#### 3.1 Faits établis

##### 3.1.1 Aspects techniques

- En mode *selected speed* le changement *crossover* ne s'effectue pas toujours automatiquement.

##### 3.1.2 Aspects humains

- Les pilotes détenaient les licences et qualifications nécessaires pour la conduite du vol conformément aux règlements en vigueur.
- Aucun élément n'indique qu'ils aient été affectés dans leur état de santé lors de la survenue de l'accident.

##### 3.1.3 Aspects opérationnels

- L'action sur le mini-manche latéral gauche a été brusque et exercée jusqu'en butée.
- Deux procédures concernent les situations de survitesse: la procédure *overspeed prevention* et la procédure *overspeed recovery*. Elles ne sont pas cataloguées comme *memory items*.
- Elles stipulent toutes deux que le pilote automatique ne doit pas être débranché.
- La procédure *overspeed recovery* stipule que l'assiette longitudinale doit être ajustée à convenance avec précaution jusqu'à la sortie nette de VMO/MMO, puis la trajectoire regagnée en douceur.

##### 3.1.4 Déroulement du vol

- Suite aux phases de montée et de croisière, à 15:13:52 UTC, le mode de vitesse est changé en *selected Mach* et le nombre de Mach actuel de 0.76 devient la vitesse cible. L'avion passe alors le niveau de vol FL 286.
- A 15:14:52 UTC, le mode *vertical speed* est engagé, à un taux de 2500 ft/min. La valeur du nombre de Mach restant à 0.76, la vitesse indiquée augmente et se rapproche de la vitesse maximale admissible en exploitation de 350 kt.
- A 15:16:42 UTC, le copilote annonce « *check speed* ». Le commandant de bord réduit le nombre de Mach cible à 0.54.
- A 15:16:47 UTC le pilote automatique est déclenché et une action brusque à cabrer est exercée jusqu'en butée sur le mini-manche latéral gauche. Le facteur de charge atteint 2.33 g.
- L'accélération projetée au sol le membre de l'équipage de cabine (*cabin crew* – CC) CC2 qui se blesse à la cheville gauche.
- A 15:17:09 UTC, le mode *open descent* du système de gestion de vol est engagé et le pilote automatique 1 est enclenché.
- A 15:17:28 UTC la vitesse cible est fixée à 275 kt en mode *selected speed* et l'avion poursuit sa descente et atterrit normalement.

### 3.1.5 Cadre environnemental

- Au moment et à l'endroit où s'est produit l'accident, le ciel était clair avec des cumulus bourgeonnant vers le niveau de vol FL 200.

## 3.2 Causes

- 4 L'accident est dû une action brusque à cabrer jusqu'en butée sur le mini-manche latéral (*sidestick*) gauche. Cette action a créé une accélération verticale de 2.33 g provoquant la chute d'un membre de l'équipage de cabine qui a subi une blessure grave.

Facteurs contributifs :

- le changement de Mach à *speed* n'a pas eu lieu en mode de vitesse *selected* ;
- surveillance des paramètres de vol de manière inappropriée par le pilote en fonction ;
- gestion inappropriée des modes de descente au moment du rapprochement de la vitesse maximale admissible en exploitation par le pilote en fonction.

## 5 **Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident**

### **Recommandations de sécurité**

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

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

« *Art. 48 Recommandations en matière de sécurité*

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

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

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

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

### **Avis concernant la sécurité**

Le SESE peut publier des avis concernant la sécurité en réaction à des déficits de sécurité constatés lors de l'enquête. Des avis concernant la sécurité sont formulés lorsqu'une recommandation de sécurité au sens du règlement (UE) n° 996/2010 semble inadéquate, n'est formellement pas possible ou lorsque la forme moins contraignante de l'avis concernant la sécurité aura vraisemblablement plus d'impact. Les avis concernant la sécurité du SESE se fondent juridiquement sur l'art. 56 OEIT :

« *Art. 56 Informations pour la prévention des accidents*

*Le SESE peut préparer et publier des informations générales utiles pour la prévention des accidents. »*

## 5.1 Recommandations de sécurité

### 5.1.1 Entraînement aux procédures en situation de survitesse

#### 5.1.1.1 Déficit de sécurité

Lors de la phase de descente d'un Airbus A319-111, le changement de référence de MACH à kt de la vitesse cible ne s'effectue pas et la vitesse de l'avion augmente progressivement jusqu'à atteindre la vitesse maximale admissible en exploitation VMO. Le pilote réagi en tirant brusquement sur le mini-manche latéral, induisant un facteur de charge de 2.33 g. Trois des quatre membres d'équipage de cabine sont projetés au sol et l'un d'eux se blesse gravement à la cheville gauche.

Les procédures *overspeed prevention* et *overspeed recovery* pour la prévention et la sortie de survitesse préconisent de conserver les automatisations et de laisser agir la protection de survitesse, 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 pour la prévention et la sortie de survitesse ne sont pas cataloguées comme *memory items*, à savoir qui doivent être appliquées sans référer au support papier. Dans les deux cas, les situations de vol sont très dynamiques, voire critiques et les appliquer selon le principe de lecture « *read and do* » n'entre pas en considération.

#### 5.1.1.2 Recommandation de sécurité n° 524

L'agence européenne de la sécurité aérienne (*European Aviation Safety Agency* – EASA) 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.

## 5.2 Avis concernant la sécurité

Aucun

## 5.3 Mesures prises après l'accident

Aucune

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

Berne, le 19 octobre 2017

Service suisse d'enquête de sécurité