



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

Rapport final n° 2311 du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'accident de l'avion
Jodel D 140 R, HB-SFR,

survenu le 19 juillet 2016

à la Croix de Cœur,
commune de Riddes/VS

Ursache

Der Unfall ist auf eine Versprödung der Radachse zurückzuführen, was zum Bruch des linken Fahrwerks beim Aufsetzen und zu einem unkontrollierten Ausrutschen des Flugzeuges führte.

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^e 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.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) qui, au moment où s'est produit l'accident, correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*central european summer time* – CEST). La relation entre LT, CEST et l'heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC) est : LT = CEST = UTC + 2 h.

Rapport final

Type d'aéronef Jodel D 140 R HB-SFR

Exploitant Privé

Propriétaire Privé

Pilote Citoyen suisse, année de naissance 1944

Licence Licence de pilote de ligne d'avions (*Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)*) selon l'agence européenne de la sécurité aérienne (*European Aviation Safety Agency – EASA*), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)

Qualification Atterrissages en montagne (*Mountain Flying – MOU*) obtenu en 2013

Heures de vol	Total	18 032 h	au cours des 90 derniers jours	24 h
	sur le type en cause	123 h	au cours des 90 derniers jours	2:35 h
	atterrissages en montagne	320	atterrissages à la Croix de Coeur	63

Lieu Croix de Coeur, commune de Riddes/VS

Coordonnées 584 241 / 108 071 **Altitude** 2130 m/M

Date et heure 19 juillet 2016, 11 h 43 min

Type de vol Règles de vol à vue (*Visual Flight Rules – VFR*), privé

Phase de vol Atterrissage

Nature de l'accident Rupture du train d'atterrissage principal gauche

Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	1	1	2	Sans objet
Total	1	1	2	0

Dommmages à l'aéronef Train d'atterrissage et hélice

Autres dommages Traces au sol

1 Renseignements de base

1.1 Faits antécédents et déroulement du vol

1.1.1 Généralités

La description des faits antécédents et du déroulement du vol repose sur les dépositions du pilote, les images de la webcam installée au restaurant de la Croix de Cœur, les relevés du radar secondaire et du *Global Positioning System* (GPS).

1.1.2 Faits antécédents

L'avion HB-SFR, un Jodel D 140 R, a décollé à 09 h 50 min de l'aérodrome de La Côte (LSGP) pour un vol VFR à destination de la place d'atterrissage en montagne (PAM) de la Croix de Cœur en Valais. À bord se trouvaient le pilote accompagné d'un passager.

Après 38 min de vol l'avion est arrivé à la Croix de Cœur et a effectué deux atterrissages après deux voltes de reconnaissance. Ceux-ci se sont déroulés sans particularité. Après le deuxième atterrissage le pilote et le passager se sont arrêtés pour une pause.

1.1.3 Déroulement du vol au cours duquel s'est produit l'accident

Vers 11 h 40 min, le HB-SFR redécolle avec les deux personnes à bord pour effectuer un troisième atterrissage à la Croix de Cœur avant de poursuivre le vol de retour vers l'aérodrome de La Côte.

Après une approche standard, l'avion se pose à 11 h 43 min au tout début de la place. Le pilote décrit la prise de contact de l'avion avec le sol comme normale. Subitement le train d'atterrissage gauche s'affaisse. L'avion vire progressivement à gauche et effectue une rotation de 120° autour de son axe de lacet. Durant cette rotation le train d'atterrissage principal se replie sous l'aile et le fuselage.

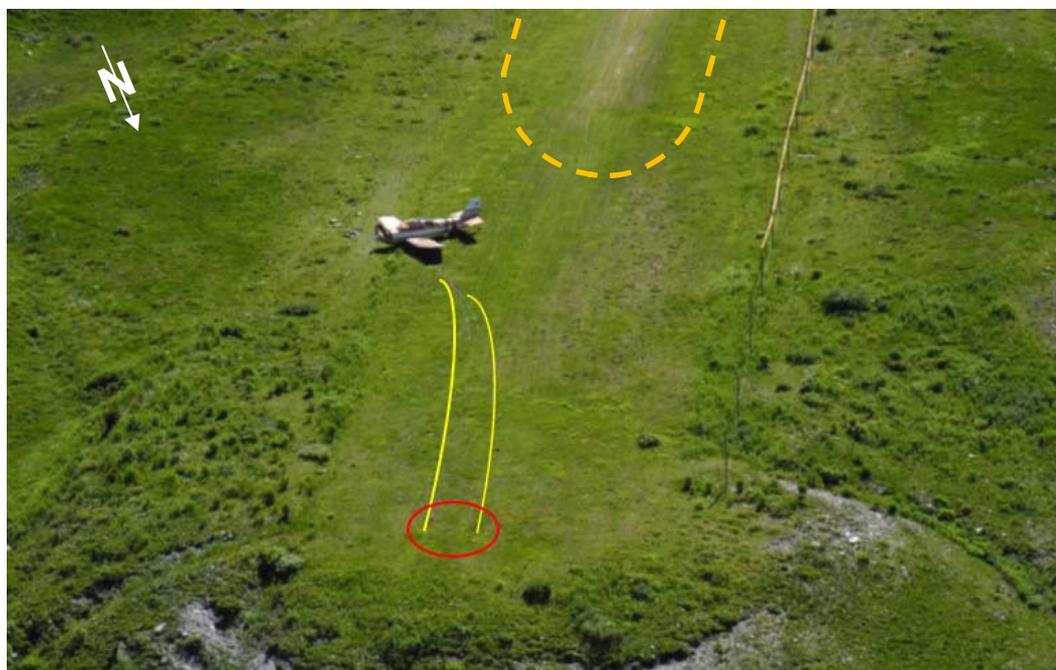


Figure 1 : trajectoire obtenue à l'aide des traces du train d'atterrissage du HB-SFR depuis la prise de contact avec le sol (cercle rouge) au tout début de la place d'atterrissage en montagne de la Croix de Cœur, jusqu'à sa position finale. La zone de posé habituelle est délimitée par le traitillé jaune.

L'avion parcourt une distance totale de 54 m entre la première empreinte du posé des roues et sa position finale (voir figure 1) sur le côté gauche de la place d'atterrissage.

Aucun incendie ne se déclare.

Les deux occupants sont indemnes et quittent l'avion par leurs propres moyens.

1.2 Renseignements sur l'aéronef

1.2.1 Renseignements généraux

Immatriculation	HB-SFR
Type d'aéronef	Jodel D 140 R
Caractéristiques	Monomoteur quadriplace à aile basse avec train d'atterrissage fixe et roulette de queue, structure en bois et toile
Constructeur	Société Aéronautique Normande (S.A.N.), France
Année de construction et historique	1967, importé démonté en Suisse en 1985 et remis en service en 2005
N° de série	521
Propriétaire / Exploitant	Privé
Moteur	Lycoming Engines, IO-360-A1B6, 4 cylindres de type boxer
Equipements	Skis, pas installés au moment de l'accident
Heures d'exploitation	Cellule: 1831:45 h TSN ¹
Nombre d'atterrissages	621 depuis la remise en service en Suisse ²
Masse et centre de gravité	La masse et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites par le manuel de vol de l'aéronef.
Entretiens relatifs au train d'atterrissage	Remplacement des caoutchoucs des amortisseurs du train d'atterrissage le 2 avril 2007 à 1612 h TSN Dernier contrôle de 100 h le 1 mars 2016 à 1824:49 h TSN et 603 atterrissages
Restrictions techniques	Aucune
Champ d'utilisation	Exploitation privée
Catégorie	VFR de jour
Modifications relatives au train d'atterrissage	Installation de freins à disques du type « Cleveland »

1.2.2 Renseignements sur le train d'atterrissage

Le train fixe est classique et dispose d'une suspension par blocs de caoutchouc. La roulette de queue est conjuguée avec la direction et se débraye aux grands angles de braquage.

¹ TSN: *time since new*, temps d'utilisation depuis neuf

² Le nombre total d'atterrissages n'a pas pu être déterminé lors de l'enquête. Cependant, il a été reporté que l'avion avait été utilisé auparavant pour du remorquage à l'étranger, ce qui laisse supposer un grand nombre d'atterrissages.

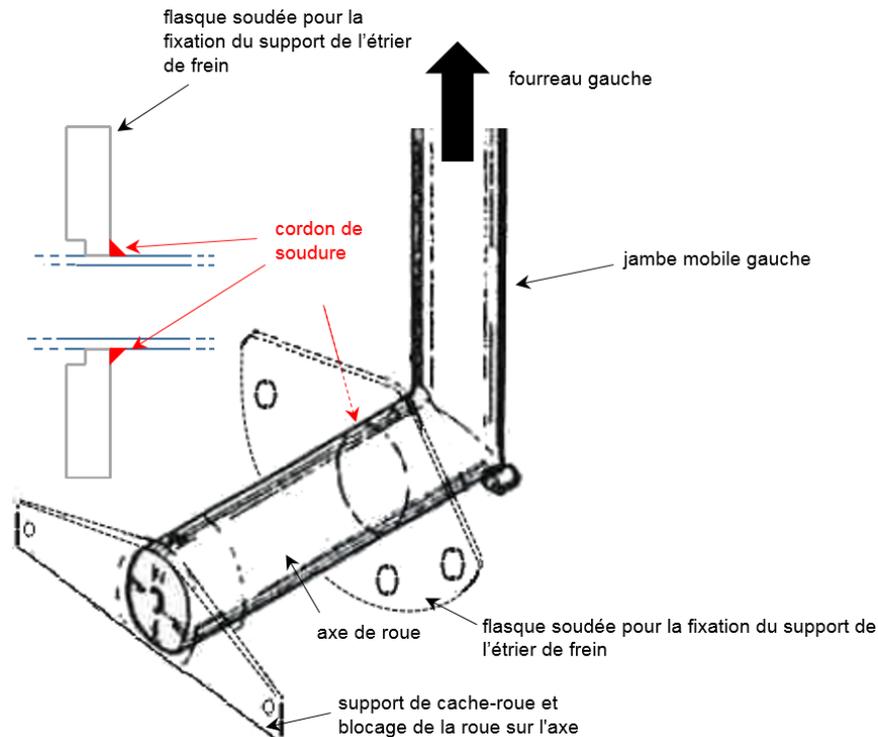


Figure 2 : description du train d'atterrissage du type Jodel D 140 R avec la rupture à l'endroit du cordon de soudure.

Les éléments principaux du train d'atterrissage gauche sont les suivants:

- La jambe mobile assure la transmission des efforts principaux au fourreau, qui les transmet à la structure de l'avion par l'intermédiaire de sa suspension.
- L'axe de roue du train d'atterrissage avec un diamètre extérieur de 55 mm et une épaisseur de paroi de 2.5 mm. Il transmet les efforts venant de la roue à la jambe mobile.

1.3 Renseignements sur le lieu de l'accident

La place d'atterrissage en montagne se situe sur la ligne de crête à l'ouest de la Pierre Avoi, sur le domaine skiable des « 4 Vallées » à une altitude de 2180 m/M (7148 ft au-dessus du niveau moyen de la mer), avec une pente moyenne de 11 degrés. Les approches et atterrissages sont effectués en direction du sud-ouest.

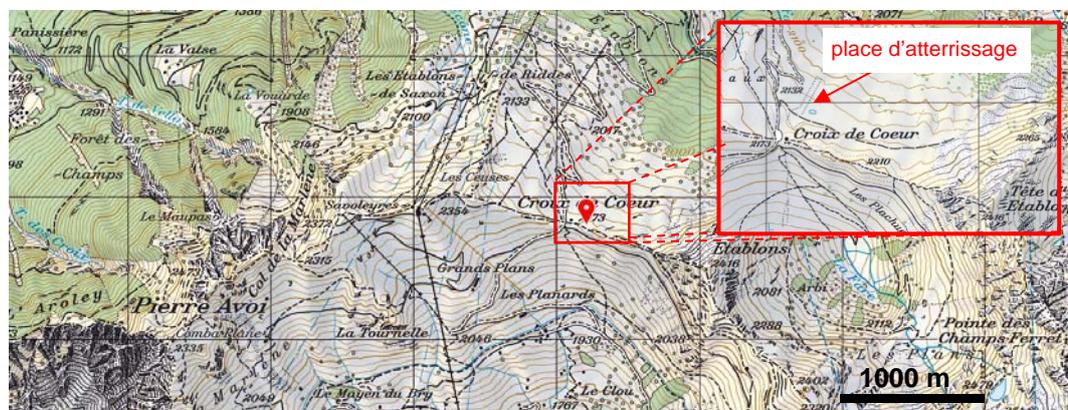


Figure 3 : situation géographique de la place d'atterrissage en montagne de la Croix de Cœur avec une vue détaillée de la Croix de Cœur et de la place d'atterrissage en montagne (carte reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie Swisstopo (JA150149).



Figure 4: enregistrement de la webcam du restaurant de la Croix de Cœur le 19 juillet 2016 à 12 h 30 min avec une vue en direction du nord-est.

1.4 Constatations sur l'épave

Les constatations suivantes ont été faites sur le lieu de l'accident :

- l'hélice, l'intrados des ailes et les volets de courbures ont été endommagés ;
- l'axe de roue du train d'atterrissage gauche s'est rompu au niveau de la soudure de la flasque de fixation de l'étrier de frein ;
- la roue gauche n'était plus rattachée au train et a été retrouvée à une dizaine de mètres de la position finale de l'avion ;
- la jambe mobile et le fourreau gauche se sont repliés vers l'arrière et sont restés reliés à la partie de la fixation du train dans l'aile (voir figures 6) ;
- le train d'atterrissage droit s'est replié vers le fuselage et est resté relié au longeron de l'aile (voir figures 6) ;
- les volets de courbure étaient sortis à environ 50 degrés ;
- l'émetteur de localisation d'urgence ne s'est pas enclenché. La commande manuelle était positionnée sur « ARM » ; les ceintures de sécurité ont résisté aux contraintes.
- avant de quitter le cockpit, le pilote a fermé le robinet d'essence, coupé l'alimentation électrique et retiré la clé de contact des magnétos.



Figure 5 : position finale du HB-SFR avec les sangles prévues pour le transport.



Figures 6 : à gauche, vue du train d'atterrissage gauche replié vers l'arrière. A droite, vue du train d'atterrissage droit replié vers le fuselage.

1.5 Conditions météorologiques

1.5.1 Situation générale

La Suisse se trouvait au flanc ouest d'un anticyclone situé sur le milieu de l'Europe. Une crête barométrique s'étendait en altitude de l'Afrique du Nord à la mer du Nord.

1.5.2 Conditions météorologiques sur les lieux et à l'heure de l'accident

Le temps était ensoleillé et le vent faible. Un vent de vallée du nord-est soufflait à proximité du sol.

Nuages	Sans nuages	
Visibilité	10 km ou plus	
Vent	035 degrés, 5 kt, rafales jusqu'à 10 kt, avec activité thermique locale	
Température / point de rosée	17 °C / 6 °C	
Pression atmosphérique (QNH)	1021 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée selon l'atmosphère standard de l'aviation civile internationale (OACI)	
Danger	Aucun	

1.5.3 Données astronomiques

Position du soleil	Azimut: 128°	Hauteur: 56°
Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.6 Examens métallurgiques

L'expertise de l'axe de roue (voir figure 2) du train d'atterrissage gauche a permis d'analyser la rupture (voir figure 7).

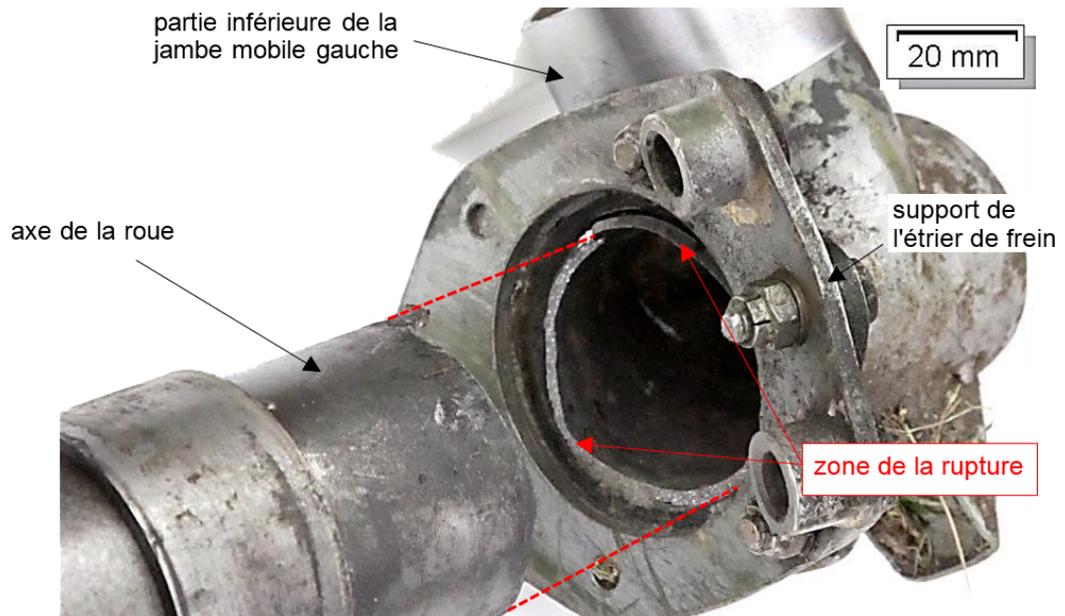


Figure 7 : vue de la rupture de l'axe de la roue gauche avec la zone de rupture.

Les conclusions du rapport d'expertise se résument comme suit :

Un examen macroscopique et microscopique de la rupture de l'axe de la roue, démontrant des états de surface différents (voir figure 8), indique que deux types de ruptures sont présents :

- 1) rupture fragile avec un état de surface grenu, suite à un changement de la structure cristalline, sur trois quarts de la circonférence : cette rupture se caractérise par l'absence de déformation plastique macroscopique. Ce changement de la structure s'est produit lors de la solidification suite au processus de soudure de la flasque de fixation du support de l'étrier de frein sur l'axe de la roue. De plus, il faut partir du principe que la rupture fragile a été initiée, ou du moins favorisée, par l'action de la corrosion sur la paroi interne de l'axe de roue au cours d'une longue période.
- 2) rupture ductile en cisaillement sur un quart de la circonférence, liée à une contrainte trop élevée.

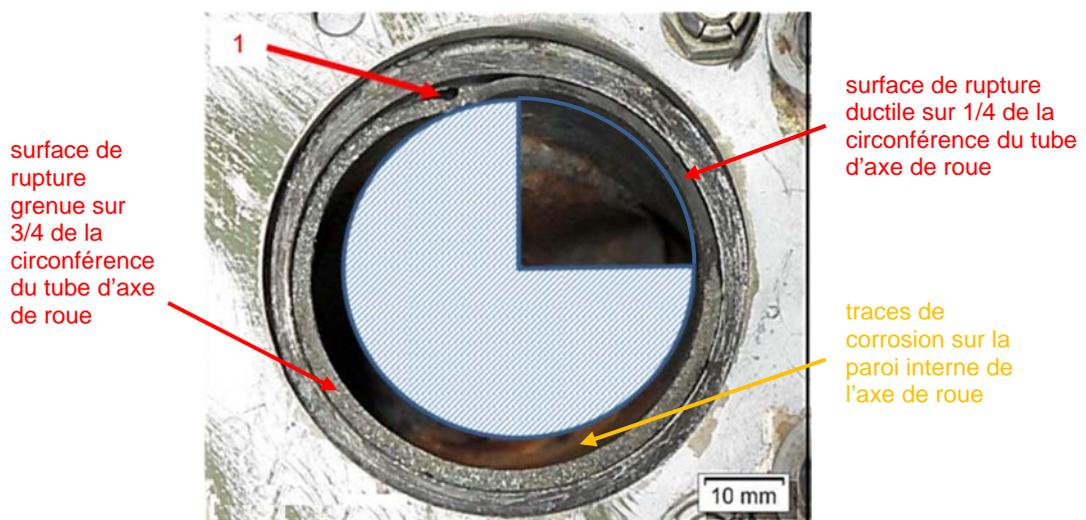


Figure 8 : visualisation de l'axe de la roue avec les deux types de ruptures ; rupture fragile (partie hachurée) et rupture ductile (non-hachurée). La position n° 1 indique l'endroit de l'initiation de la fragilisation. La surface de rupture ne présente pas de trace de corrosion.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

Le rapport d'expertise du train d'atterrissage gauche met en évidence la présence d'une fragilisation de l'axe de la roue sur les trois quarts de la circonférence avant l'accident (voir figure 8). Son origine est liée au processus de soudure.

Les éléments recueillis lors de l'enquête démontrent que la rupture totale est liée à une contrainte trop élevée par rapport à la résistance de l'axe fragilisé.

La fragilisation préexistante n'était pas décelable lors de la visite prévol.

2.2 Aspects opérationnels

La première prise de contact, au tout début de la place d'atterrissage, à forte pente lors du troisième atterrissage n'était sûrement pas prévue à cet endroit. Pour autant, la prise de contact n'a pas forcément été violente mais a suffi à rompre l'axe de la roue gauche, fortement fragilisé. Cette rupture se serait vraisemblablement produite tôt ou tard.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'appareil était admis à la circulation VFR.
- La masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites.
- Le dernier contrôle de 100 h de l'avion a été effectué le 1 mars 2016 à 1824:49 h TSN cellule.
- L'axe de la roue du train d'atterrissage gauche était fragilisé sur trois quarts de sa circonférence à l'endroit du cordon de soudure de la flasque de fixation du support de l'étrier de frein.

3.1.2 Aspects opérationnels et humains

- Les documents fournis indiquent que le pilote était titulaire d'une licence adéquate.
- Aucun élément n'indique que le pilote ait été affecté dans son état de santé lors de la survenue de l'accident.

3.1.3 Déroulement du vol

- Après une approche normale, l'avion se pose au tout début de la place d'atterrissage de la Croix de Cœur.
- Le train d'atterrissage gauche s'affaisse à la suite de la rupture de l'axe de la roue gauche.
- L'avion vire progressivement à gauche et effectue une rotation de 120° autour de son axe de lacet.
- L'avion parcourt une distance totale de 54 m entre le premier contact avec le sol et sa position finale.
- Aucun incendie ne se déclare.
- Les deux occupants indemnes quittent l'avion par leurs propres moyens.

3.1.4 Aspects environnementaux

- Les conditions météorologiques permettaient l'exécution d'atterrissages sur la place de la Croix de Cœur.

3.2 Cause

L'accident est dû à une fragilisation préalable de l'axe de la roue, ce qui a provoqué la rupture du train d'atterrissage gauche lors de la prise de contact, suivie d'un glissement incontrôlé de l'avion.

- 4 Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident**
- 4.1 Recommandations de sécurité**
Aucune
- 4.2 Avis concernant la sécurité**
Aucun
- 4.3 Mesures adoptées depuis l'accident pour améliorer la sécurité**
Aucune

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

Berne, 19 september 2017

Service suisse d'enquête de sécurité