



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 SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapport final n° 2282

du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'accident de l'hélicoptère
Cabri G2, HB-ZOA,

survenu le 9 juin 2015

au lieu-dit Confrin des Praz,
Commune de Semsales / FR

Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass die Hauptrotorblätter mit dem Heckausleger kollidierten, weil der Fluglehrer am Schluss einer vorgängig nicht besprochenen Autorotationsübung bis zum Boden mit dem Motor in Leerlaufstellung zu spät eingriff.

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	Cabri G2	HB-ZOA		
Exploitant	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Propriétaire	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Instructeur	Citoyen belge, né en 1980			
Licence	de pilote professionnel d'hélicoptères (<i>commercial pilot licence helicopter</i> – CPL(H)) 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)			
Heures de vol	Total	3107 h	au cours des 90 derniers jours	76 h
	sur le type en cause	176 h	au cours des 90 derniers jours	38 h
	total en tant qu'instructeur	1754 h	au cours des 90 derniers jours	55 h
Elève	Citoyen suisse, né en 1974			
Licence	Aucune			
Heures de vol	total	61:48 h	au cours des 90 derniers jours	10:04 h
	sur le type en cause	56:23 h	au cours des 90 derniers jours	9:24 h
Lieu	Confrin des Praz, commune de Semsales / FR			
Coordonnées	559 820 / 157 950 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 47° 27' 14" / E 008° 37' 37" (WGS 84)	Altitude	828 m/M	
Date et heure	9 juin 2015, 9 h 50 min			
Type de vol	Règles de vol à vue (<i>visual flight rules</i> – VFR), instruction			
Phase de vol	Atterrissage			
Nature de l'accident	Collision du rotor principal avec la poutre de queue			
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	2	0	2	Sans objet
Total	2	0	2	0
Dommages à l'aéronef	Gravement endommagé			
Autres dommages	Aucun			

1 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

1.1.1 Généralités

Les informations contenues dans ce rapport sont basées sur les déclarations de l'équipage et sur les paramètres enregistrés à bord de l'hélicoptère.

1.1.2 Vol au cours duquel s'est produit l'accident

L'élève et l'instructeur se rencontrent à la base de Gruyères pour une leçon prévue de 8 h à 10 h. Il s'agit du premier vol qu'ils effectuent ensemble. Le programme de la leçon est défini lors d'un briefing.

L'élève arrivant au terme de sa formation de pilote privé pour hélicoptères, le but de la leçon est d'améliorer la précision du point d'aboutissement de la manœuvre d'autorotation. L'exercice d'autorotation doit se terminer par une mise à plat de l'hélicoptère à proximité du sol.

Après avoir consulté le dossier météo, l'élève et l'instructeur procèdent à un ajout de carburant et effectuent les contrôles prévol. Le démarrage et le décollage de l'hélicoptère se déroulent normalement. Après une sortie par le secteur W, un premier lieu est choisi, en campagne, dans la région de Vaulruz, pour effectuer trois à quatre exercices d'autorotation. Puis l'instructeur décide de changer d'endroit et dirige l'élève vers un terrain situé au nord du village de Semsales où deux à trois exercices d'autorotation sont effectués. Selon l'instructeur, l'élève analyse correctement les situations, mais réagit un peu trop tardivement. L'instructeur décide de changer une fois encore de terrain d'entraînement et choisit un grand pré situé à l'ouest du village de Semsales.

Une première autorotation est effectuée sur ce terrain. Lors de cette dernière, l'élève effectue trop tardivement les corrections nécessaires, ce qui oblige l'instructeur à exécuter une manœuvre de remise de puissance. Une deuxième autorotation est réalisée correctement et l'instructeur décide alors de ne pas ouvrir la poignée des gaz et de poursuivre la manœuvre jusqu'au sol.

Dans le but de répéter l'exercice, une troisième autorotation est effectuée sur ce terrain (voir chapitre 1.7). En positionnant la poignée des gaz sur « *idle* », l'instructeur initie l'autorotation à une altitude de 3700 ft QNH¹, soit environ 1000 ft au-dessus du sol. L'élève réagit correctement en abaissant le levier du pas collectif et rétablit le régime du rotor principal. Les paramètres de vitesse et du régime du rotor sont maîtrisés. L'instructeur décide à nouveau de poursuivre l'autorotation jusqu'au sol. L'élève effectue un *flare* visant à réduire la vitesse ainsi que le taux de chute. S'ensuit une remise à plat de l'appareil, alors proche du sol. L'élève tire sur la commande du pas collectif afin de diminuer le taux de descente pour préparer le contact avec le sol. L'instructeur qui a les mains sur les commandes, accompagne cette manœuvre.

Le patin gauche puis, immédiatement après, le patin droit du train d'atterrissage touchent le sol. L'hélicoptère rebondit tout en avançant, il est déstabilisé. Afin de contrôler la situation, l'instructeur intervient sur les commandes. Ensuite, l'appareil heurte une seconde fois le sol et l'équipage entend un bruit suspect. L'hélicoptère s'immobilise sur ses deux patins (voir figure 1). L'instructeur constate que la poutre reliant la cellule au rotor anticouple est endommagée et que l'arbre de transmission du rotor anticouple a été arraché. Il arrête le moteur, freine le rotor et coupe la batterie. L'équipage est indemne.

¹ QNH : altitude basée sur la pression réduite au niveau de la mer.



Figure 1 : position finale de l'hélicoptère HB-ZOA.

1.2 Conditions météorologiques

1.2.1 Situation générale

La Suisse se trouvait en bordure d'une zone de forte haute pression au-dessus des îles Britanniques.

1.2.2 Conditions météorologiques au moment où s'est produit l'accident

Une couche compacte recouvrait tout le nord des Alpes. Une bise soutenue soufflait sur le plateau. La base principale des nuages se situait au-dessus du Seeland et de la partie nord de la Broye, à environ 1000 m/M. Dans la région de Gruyères la base se situait à environ 1100 m/M.

Temps	Stratus bas
Nuages	3300 ft AMSL ²
Visibilité	Environ 6 km
Vent	360 degrés, 5 kt
Température/point de rosée	14 °C / 11 °C
Pression QNH	1019 hPa
Dangers	Base des nuages basse et turbulences de bise

1.3 Renseignements sur l'aéronef

Immatriculation	HB-ZOA
Type d'aéronef	Cabri G2
Caractéristiques	Hélicoptère biplace doté d'un train d'atterrissage à patins avec un rotor principal tripale et un rotor anticouple de type Fenestron
Constructeur	Hélicoptères Guimbal, Aix-en-Provence/F
Année de construction	2013

² AMSL : *above mean sea level*, altitude au-dessus du niveau moyen de la mer.

Type de moteur	Lycoming 0-360-J2A Puissance nominale de 108 kW (145 HP) au régime de 2650 RPM
Masse maximale	Masse maximale au décollage : 700 kg
Masse et centre de gravité	La masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites par le constructeur
Entretien	Le dernier contrôle de 50 heures a été effectué le 29 mai 2015
Quantité de carburant	La quantité de carburant au décollage était de 58 l et de 34 l au moment de l'accident
Champ d'utilisation	VFR privé de jour et de nuit

1.4 Renseignements relatifs au lieu de l'impact et aux dégâts à l'hélicoptère

1.4.1 Renseignements sur le site

Le champ choisi par l'instructeur était plat et dégagé de tout obstacle. La surface du champ était constituée d'herbe rase.

La profondeur du premier impact laissé par le train d'atterrissage était d'environ 5 cm. Les traces suivantes ont laissé apparaître de la terre meuble.

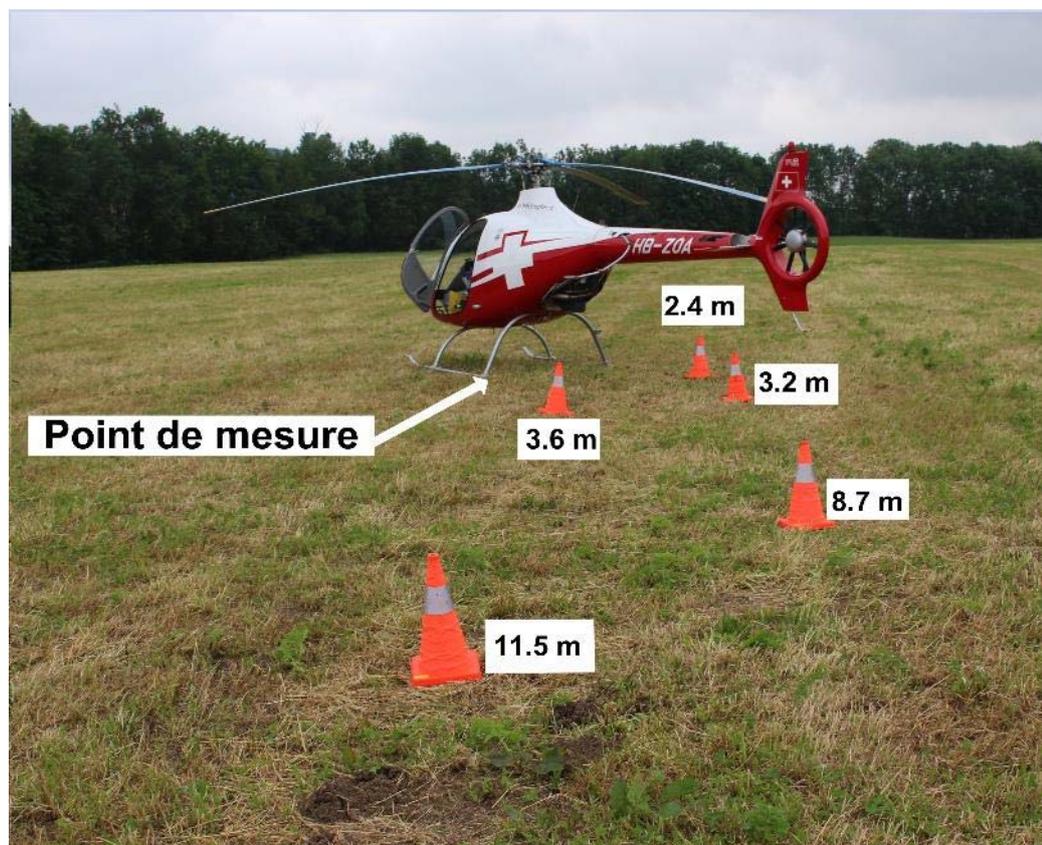


Figure 2 : distances entre l'arrière du train d'atterrissage gauche et les différentes traces laissées au sol par les patins.

1.4.2 Renseignements relatifs aux dégâts à l'hélicoptère

La partie droite du stabilisateur horizontal et la poutre de queue reliant la cellule au rotor anticouple ont subi l'impact des pales du rotor principal. La partie supérieure de la poutre de queue a été sectionnée et l'arbre de transmission du rotor anticouple de type Fenestron a été sectionné et arraché.

La partie inférieure de la cellule présente un impact provoqué par le contact avec le tube du support du train d'atterrissage.

Les extrémités des pales du rotor principal présentent des marques dues aux impacts avec la poutre de queue.



Figure 3 : détail des dégâts à la poutre de queue.

1.5 Renseignements sur la procédure d'autorotation

L'autorotation est une procédure d'urgence permettant à un hélicoptère d'atterrir sans l'aide du moteur.

L'entraînement à ce type de manœuvre peut se faire en campagne. Généralement, l'instructeur désolidarise le lien mécanique entre le moteur et le rotor en mettant le régime moteur au ralenti (*idle*). Dans le cas d'un moteur à piston, l'instructeur tourne la poignée des gaz sur la position du ralenti. Une roue libre permet au rotor de tourner sans entrave. Le pilote doit veiller à restaurer et conserver un régime rotor et une vitesse horizontale suffisante pour pouvoir effectuer un atterrissage. A proximité du sol, le pilote effectue un arrondi (*flare*) afin de réduire la vitesse horizontale et le taux de chute. L'hélicoptère est mis à plat à une hauteur proche du sol avec une vitesse horizontale réduite. Le pilote tire ensuite sur la commande du pas collectif afin que le rotor produise une portance suffisante pour que le contact avec le sol soit amorti, la génération de la portance du rotor se faisant au détriment du régime rotor.

1.6 Balise de détresse

La balise de détresse (*emergency locator transmitter – ELT*) ne s'est pas déclenchée.

1.7 Reconstruction de la trajectoire

L'enregistrement des paramètres par le système d'avertissement anticollision a permis de reconstituer la trajectoire du vol de l'exercice d'autorotation en cause.

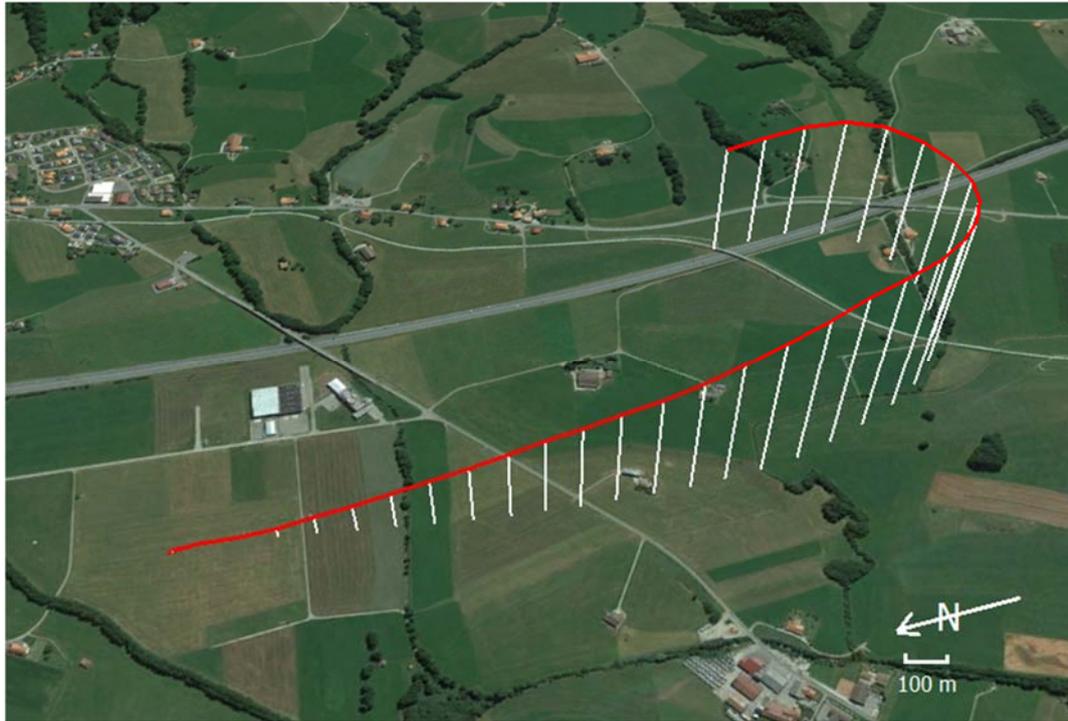


Figure 4 : trajectoire en 3D de l'exercice d'autorotation.

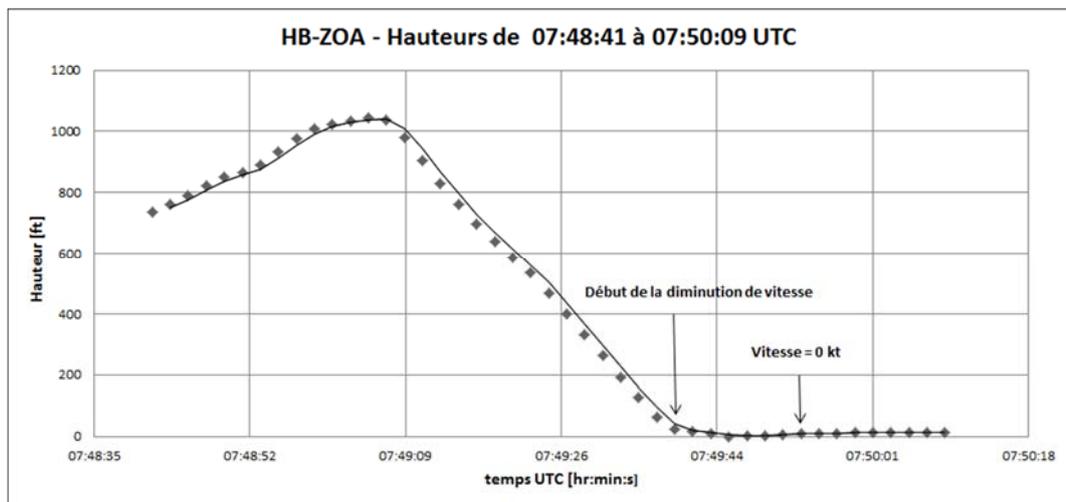


Tableau 1 : profil de l'exercice d'autorotation.

Le tableau ci-dessus permet de constater que le déclenchement de l'autorotation a débuté à environ 1000 ft AGL³ et que sa durée a été de l'ordre de trente secondes.

³ AGL : *above ground level*, au-dessus du sol.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête n'a pas mis en évidence de problèmes techniques ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à son déclenchement.

2.2 Aspects opérationnels et humains

L'instructeur volait pour la première fois avec cet élève. Le but de la leçon était d'améliorer la capacité de jugement et la précision de l'élève lors de l'exécution des procédures d'autorotation.

La hauteur du plafond nuageux permettait de débiter l'exercice d'autorotation à environ 1000 ft AGL. A cette hauteur, le pilote disposait d'environ trente secondes pour effectuer la manœuvre jusqu'au sol. Il avait donc très peu de temps pour stabiliser les paramètres de vol et parfaire son jugement.

Le terrain choisi par l'instructeur était adéquat pour ce type d'entraînement. Les dimensions du terrain ainsi que l'éloignement par rapport aux obstacles environnants étaient suffisants.

La mise en autorotation s'est déroulée normalement. L'élève a montré qu'il maîtrisait bien les paramètres de vol.

Conformément à la procédure, l'élève a effectué un arrondi (*flare*) afin de réduire le taux de descente et la vitesse horizontale avant la remise à plat de l'hélicoptère. L'instructeur a jugé que les paramètres de vol permettaient de poursuivre la manœuvre jusqu'au sol.

Cette décision de poursuivre l'autorotation jusqu'au sol n'avait pas été prévue lors du briefing et comportait des risques en raison de la nature du terrain. En effet, le frottement des patins sur un terrain herbeux peut varier considérablement d'un endroit à l'autre, ce qui n'est pas le cas sur un sol recouvert de béton ou de goudron, qui offre une meilleure homogénéité de frottement.

Lors du premier contact avec le sol, l'instructeur a maintenu la poignée des gaz dans la position « *idle* ». Dans ces conditions, il ne lui était plus possible de solliciter le moteur pour rétablir un vol stationnaire avec puissance.

Le premier contact avec le patin gauche a déstabilisé l'hélicoptère. L'instructeur a alors repris les commandes afin de stabiliser l'assiette de vol. L'élève ayant déjà tiré sur la commande du pas collectif, le régime du rotor principal a diminué rapidement. L'intervention de l'instructeur a été trop tardive.

Durant le rebond, le pas collectif a été maintenu à une valeur positive alors que, pendant ce temps, le régime du rotor a continué à décroître.

Lors du second contact avec le sol, le régime du rotor était d'une valeur plus faible que celle requise pour permettre d'effectuer un atterrissage maîtrisé. La diminution du régime du rotor a considérablement affaibli l'effet centrifuge qui tend à maintenir les pales du rotor sur le plan horizontal.

Le vecteur vertical exercé lors du second impact a été suffisant pour permettre la flexion des pales du rotor principal vers le bas. Ce dernier a heurté le stabilisateur arrière droit et la poutre de queue, sectionnant et arrachant au passage l'arbre de transmission du rotor anticouple.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'enquête n'a pas mis en évidence de défectuosité ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à son déclenchement.
- La balise de détresse (*emergency locator transmitter* – ELT) ne s'est pas déclenchée.
- L'appareil était admis à la circulation VFR de jour.

3.1.2 Aspects humains

- L'élève et l'instructeur volaient pour la première fois ensemble.
- Le briefing ne prévoyait pas d'effectuer des autorotations jusqu'au sol.
- L'instructeur a décidé de poursuivre l'exercice d'autorotation jusqu'au sol en gardant la poignée des gaz sur « *idle* ».
- La reprise du contrôle de l'hélicoptère par l'instructeur est intervenue après le 1^{er} contact avec le sol.
- Aucun élément n'indique que l'équipage ait été affecté dans son état de santé lors de la survenue de l'accident.

3.1.3 Aspects opérationnels

- Les documents fournis indiquent que l'instructeur était titulaire d'une licence adéquate.
- La masse et le centrage de l'hélicoptère se trouvaient dans les limites prescrites.
- Le dernier exercice d'autorotation a débuté à environ 1000 ft AGL et a duré environ trente secondes.
- Le terrain d'exercice était dégagé de tout obstacle et recouvert d'herbe rase.

3.1.4 Conditions météorologiques

- La hauteur de la couverture nuageuse se trouvait à environ 1100 ft AGL.
- L'exercice d'autorotation s'est déroulé face au vent.

3.2 Causes

L'accident est dû à la collision des pales du rotor principal avec la poutre de queue en raison de l'intervention tardive de l'instructeur lors d'un exercice d'autorotation improvisé jusqu'au sol sur un terrain herbeux en maintenant le régime moteur au ralenti.

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 prises après l'accident**

A la suite de cet évènement, la compagnie Swiss Helicopter a ajouté dans le manuel des opérations l'amendement suivant (en caractères gras dans l'original):

“Full down AR training

Since full down AR⁴ training generates comparatively high risk for crew and the helicopter in relation to the effectiveness of training, full down AR are not allowed on training flights.

Exceptions may only be approved in written form by the HT⁵ for special training flights involving test pilots or similar.”

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, 17 août 2017

Service suisse d'enquête de sécurité

⁴ AR: *autorotation*, autorotation.

⁵ HT: *head of training*, responsable de la formation.