



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

Domaine aviation

Rapport final n° 2261 du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'accident du ballon
à air chaud Cameron Z-120, HB-QOW,
survenu le 6 août 2013

à la Comba d'Avau
au nord de Montbovon
commune de Haut-Intyamou / FR

Ursache

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass ein Ballon infolge einer unzweckmässigen Flugtaktik mit einer Hochspannungsleitung kollidierte, weil diese während des Anfluges in Vergessenheit geriet. Das späte Bemerkens des Hindernisses ermöglichte kein Ausweichmanöver mehr.

Ein lokaler Wind im Anflugsektor hat zur Entstehung des Unfalls beigetragen.

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.

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue française.

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	Cameron Z-120	HB-QOW
Exploitant	Gstaad Fly S.à r.l., Wispilenstrasse 29, 3780 Gstaad	
Propriétaire	Gstaad Fly S.à r.l., Wispilenstrasse 29, 3780 Gstaad	
Pilote	Citoyen suisse, né en 1948	
Licence	Pilote de ballon à air chaud (<i>hot-air balloon</i>), selon l' <i>International Civil Aviation Organisation</i> (ICAO), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)	
Certificat médical	Classe 2 pour pilote de ballon, établi le 29 avril 2004, avec limitation VNL (<i>shall have available corrective lenses</i>), doit emporter des lunettes de lecture	
Heures de vol	total 240:25 h	au cours des 90 derniers jours 8:30 h
	sur le type en cause 160:15 h	au cours des 90 derniers jours 8:30 h
Lieu	Comba d'Avau, environ 500 m au nord de Montbovon, commune de Haut-Intyamou / FR	
Coordonnées	569 655 / 149 092 (Swiss Grid 1903) N 46° 29' 32.83" / E 007° 02' 36.21" (WGS 84)	Altitude 853 m/M 2798 ft AMSL ¹
Date et heure	6 août 2013, 8 h 38 min	
Type de vol	VFR de jour	
Phase de vol	Atterrissage	
Nature de l'accident	Collision avec une ligne électrique à haute tension	

Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	1	1	0
Graves	1	3	4	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	0	0	0	Sans objet
Total	1	4	5	0

Dommmages à l'aéronef Enveloppe, brûleurs et nacelle

Dommmages à des tiers Conducteurs électriques d'une ligne à haute tension

¹ AMSL : *above mean sea level*, au-dessus du niveau moyen de la mer.

1 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Généralités

Les informations contenues dans ce rapport sont basées sur les déclarations du pilote, des passagers et d'observateurs ainsi que sur des enregistrements vidéo et photographiques.

1.1.2 Informations préalables

En avril 2013, une famille de nationalité étrangère a contacté une agence de voyage de son pays afin d'organiser un séjour en Suisse. Cette dernière a mandaté un bureau de voyage helvétique pour la mise sur pied d'un séjour touristique pour le couple et leurs deux enfants.

Du 4 au 6 août 2013, ces derniers ont résidé à Interlaken avant de poursuivre leur excursion touristique à Lausanne.

Dans le cadre de ce séjour, l'agence de voyage helvétique a mandaté une société de Gstaad, dans le canton de Berne, avec laquelle elle collaborait régulièrement, pour organiser un vol en ballon à air chaud² dans la région. La date du 6 août 2013 a été retenue. Ce jour-là, tôt le matin, les estivants ont quitté leur hôtel d'Interlaken pour rejoindre Gstaad en voiture, avec un chauffeur mis à disposition par l'agence.

1.1.3 Préparation du vol

Vers 6 h 30 min, la famille est arrivée à Gstaad, où l'attendaient le pilote du ballon HB-QOW et son équipier. Le pilote a fait remarquer au chauffeur de l'agence qu'il était en retard d'un quart d'heure sur l'horaire prévu. Selon les déclarations du chauffeur, le pilote semblait quelque peu stressé. Il lui a précisé qu'en raison du développement possible d'ascendances de nature thermique, il était préférable de ne pas trop tarder, le lieu de décollage étant prévu à Château-d'Oex. Selon les déclarations du pilote, le vol devait durer une heure environ et son intention était de monter à 3000 m/M pour profiter de l'inversion des vents. Il prévoyait ainsi de se déplacer en direction du nord-est pour se poser dans les environs de Boltigen.

Le véhicule, avec à son bord les passagers, et celui de l'équipage se sont dirigés de Gstaad vers la place de décollage de Château-d'Oex. En cours de route, ils se sont arrêtés au domicile du pilote pour récupérer le téléphone portable oublié par ce dernier. Avant d'arriver à Château-d'Oex, l'aérostier a pris contact par radio avec un pilote de ballon qui avait décollé du même endroit à 6 h 37 min. Ce dernier l'a informé de son altitude, de sa vitesse de déplacement et de son cap. Ce pilote a précisé plus tard que le vol et l'atterrissage s'étaient déroulés sans problème.

Arrivés sur la place de décollage de Château-d'Oex vers 7 h, le pilote du HB-QOW a informé ses passagers du fait qu'il lui fallait environ trente minutes de préparation avant l'envol. Pendant ce laps de temps, les passagers sont allés se restaurer au village.

L'équipier conduisant le véhicule avec la remorque était chargé de suivre le parcours du ballon jusqu'à l'atterrissage afin de récupérer le pilote et le matériel de la montgolfière. La tâche du chauffeur de l'agence consistait à récupérer les passagers après l'atterrissage et à les emmener ensuite à Lausanne.

² Ballon à air chaud : dans ce rapport le terme de ballon à air chaud est remplacé par celui de ballon ou montgolfière.

1.1.4 Le vol au cours duquel s'est produit l'accident

Sur la place de décollage de Château-d'Oex, le pilote du ballon Cameron Z-120, immatriculé HB-QOW, procède aux préparatifs de départ. Il installe les brûleurs et divers appareils dans la nacelle dont un altimètre-variomètre. Cet instrument émet entre autres un signal sonore lorsque le ballon est en phase descendante. Quatre bonbonnes³ remplies de gaz propane sont placées et fixées verticalement dans la nacelle. L'enveloppe est d'abord gonflée avec de l'air ambiant au moyen d'un ventilateur, puis dressée au moyen de l'air chauffé par un brûleur. Le pilote procède aux vérifications d'usage avant le décollage et enclenche les instruments embarqués. Selon ses déclarations tout fonctionne normalement.

Vers 7 h 45 min, par vent calme, le ballon quitte la place de décollage de Château-d'Oex située à une altitude de 928 m/M. A bord de la nacelle, la famille de quatre personnes, qui s'exprime en anglais, se trouve en compagnie du pilote dont les connaissances de cette langue sont limitées. Aucune instruction particulière concernant les consignes de sécurité pour le vol n'est dispensée aux passagers. Le début du vol se déroule normalement et le ballon prend de l'altitude en direction du sud-ouest. Après dix à douze minutes de vol, le ballon atteint une altitude d'environ 2100 m/M. Comme l'une des passagères manifeste de l'anxiété et reste accroupie au fond de la nacelle, le père demande au pilote d'interrompre la montée. A ce propos, le pilote confirme que son but était de monter à 3000 m/M et de partir en direction de Schönried mais que, suite à la demande d'un passager, il a interrompu l'ascension à une altitude d'environ 2100 m/M.

Le pilote décide alors d'effectuer une descente dans la vallée en direction de Montbovon-Albeuve. Vers 8 h, le pilote appelle par radio son équipier resté à Château-d'Oex pour lui demander de se mettre en route en direction de Montbovon. Ce dernier s'exécute, suivi par le véhicule de l'agence de voyage.

Après le survol de Rossinière, le vol se poursuit au-dessus du lac du Vernex et de La Tine, jusqu'au coude de la vallée (voir annexe). Au-dessus de La Tine, le pilote change la connexion d'alimentation d'un brûleur pour le connecter sur un cylindre de gaz plein. Après le survol du goulet de La Tine, le ballon se dirige vers le nord. La montgolfière décrit un léger virage à droite pour passer à basse hauteur sur au-dessus du lieu-dit Les Rafforts, situé à environ 1 km au sud-ouest de la gare de Montbovon. Depuis Les Rafforts, le vol se poursuit en direction du nord. Le pilote précise dans sa déclaration qu'il n'a pas rencontré de turbulence durant le vol et que la descente de la vallée s'est effectuée à une vitesse moyenne d'environ 9 km/h.

Peu avant son arrivée à Montbovon, l'équipier aperçoit la montgolfière et s'arrête aux abords de la gare du village vers 8 h 35 min. Au même moment, le pilote annonce par radio son intention d'atterrir à la Comba d'Avau, dans un champ situé entre Montbovon et Albeuve. L'équipier accuse réception du message par un « OK ». Dès cet instant, il n'aperçoit plus le ballon en raison de la colline qui sépare la Comba d'Avau de Montbovon. Ne connaissant pas exactement le lieu d'atterrissage prévu, l'équipier tente à nouveau d'établir un contact radiotéléphonique avec le pilote afin d'obtenir davantage de précisions mais n'obtient pas de réponse.

Une personne se trouvant sur le balcon d'un chalet situé à la Comba d'Amont (voir annexe) observe que le ballon survole des habitations à basse hauteur, à une vitesse constante, en légère descente et sans l'activation d'un brûleur. Au passage de la forêt qui longe la rivière de L'Hongrin séparant la Comba d'Amont de la

³ Bonbonnes : le manuel de vol utilise le terme « cylindres » pour désigner les bouteilles métalliques de forme cylindrique.

Comba d'Avau, le ballon accélère sensiblement. Le pilote actionne un brûleur à plusieurs reprises, mais le ballon ne s'élève pas. A ce moment-là, la ligne à haute tension franchissant la vallée n'est plus qu'à une distance d'environ 250 m. Le ballon survole une petite étable, un pâturage occupé par du bétail puis les premières habitations de la Comba d'Avau. La nacelle se trouve alors plus bas que la ligne électrique. Alors que le pilote actionne un brûleur, des passagers saluent quelques habitants se trouvant devant leurs habitations puis se mettent soudainement à crier en réalisant la proximité de la ligne à haute tension. Malgré l'activation des deux brûleurs, le ballon heurte la ligne électrique à 8 h 38 min. Les câbles qui relient l'enveloppe au cadre de charge de la nacelle (figures 1 et 10) entrent en contact avec les conducteurs électriques inférieurs de la ligne qui se situent à environ 46 m du sol. Des arcs électriques sont observés par les passagers et par des personnes se trouvant au sol. Ces arcs électriques provoquent la rupture de plusieurs câbles qui relient l'enveloppe au cadre de charge de la nacelle.

La partie supérieure de l'enveloppe se glisse momentanément entre le conducteur supérieur de 60 kV et le câble conducteur de terre de la ligne électrique (figures 7 et 8). Elle se vide rapidement de son air chaud. La nacelle fortement inclinée, reliée aux quelques câbles de l'enveloppe encore en place au niveau du compartiment pilote, chute violemment dans un jardin situé à proximité d'une habitation et se renverse sur le côté. Aucun occupant n'est éjecté de la nacelle. L'enveloppe complètement dégonflée se pose devant la nacelle, en partie sur la route d'accès au hameau et en partie dans le jardin de la propriété. Lors de l'impact de la nacelle, une fuite de gaz se produit. Un observateur arrivé sur les lieux peu après l'accident ferme les vannes de gaz des cylindres restées ouvertes selon les consignes du pilote. Cette personne, une connaissance du pilote, recueille les déclarations spontanées de ce dernier qui lui dit n'avoir pas vu les lignes électriques à haute tension.

Plusieurs habitants de la Comba d'Avau, témoins de l'accident, donnent l'alarme par téléphone et tentent de porter secours aux occupants de la montgolfière. Pour faciliter l'accès et l'intervention des secours, l'enveloppe est détachée de la nacelle et déplacée sur le côté de la maison. Les secours et la police arrivent rapidement sur les lieux.

Un passager est mortellement blessé et les quatre autres occupants sont gravement blessés. Ils sont évacués par hélicoptère et par ambulance dans les différents centres hospitaliers de la région.

Aucun incendie ne s'est déclaré. Le ballon a subi d'importants dégâts. Des conducteurs de la ligne électrique à haute tension ont subi des dommages mais ont résisté à la collision.

1.1.5 Renseignements fournis par le pilote et par des observateurs

1.1.5.1 Déclarations du pilote

Le pilote précise dans une déclaration que pendant tout le vol, les brûleurs ont fonctionné correctement, qu'il n'a pas rencontré de problème technique et qu'il n'a pas de souvenir des instants précédant la collision.

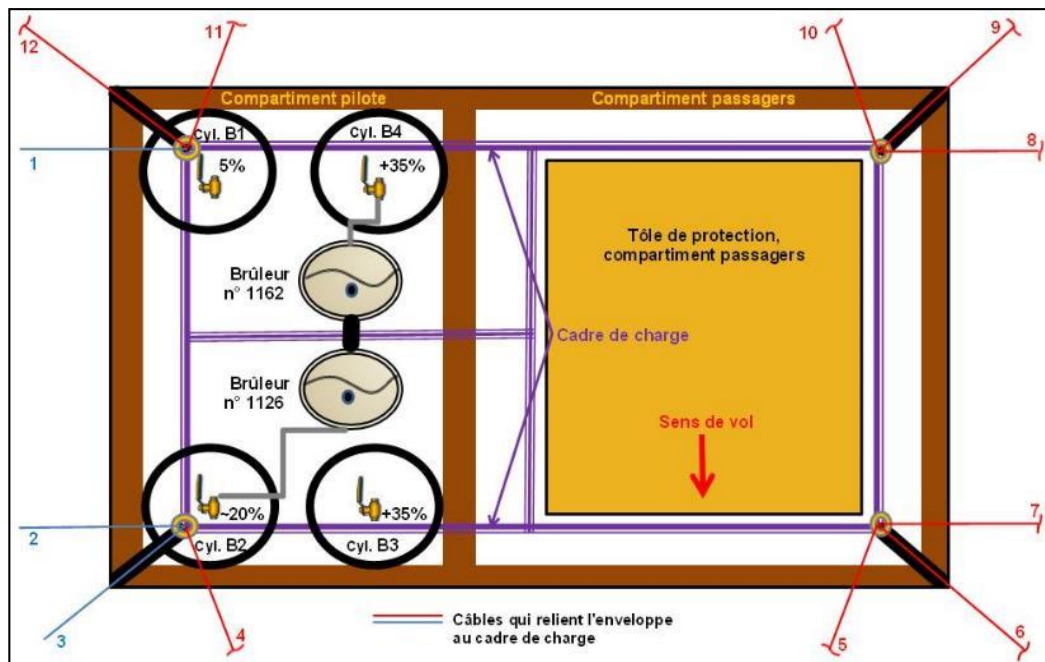


Figure 1 : schéma de la disposition générale de la nacelle, avec la position des câbles qui relient l'enveloppe au cadre de charge. Les câbles bleus sont intacts. Les câbles sectionnés sont reportés en rouge.

1.1.5.2 Observateurs situés dans la Comba d'Amont

Observateur A

« [...] je me trouvais au premier étage de ma maison [...] fenêtre grande ouverte orientée au sud, quand j'ai été réveillé par une conversation (en anglais par ailleurs) perçue juste au-dessus du toit et immédiatement suivie d'un grand coup de tuyère. Ce passage ne m'a pas surpris en lui-même mais le fait que je puisse entendre distinctement les propos des occupants de la nacelle m'a paru anormal. Le ballon est passé à quelques mètres du toit de la maison, donc fort bas! [...] ».

Observateur B

« [...] j'étais sur le balcon, on préparait le petit-déjeuner avec mon épouse. J'ai d'abord entendu le ballon en raison des coups de brûleurs. J'avais l'impression que le ballon était presque arrêté au-dessus du Plan aux Lièvres à une hauteur d'environ 20 m au-dessus des sapins. Puis le ballon est passé devant nous à une hauteur d'environ 50 m sans action de coups de brûleurs sur ce tronçon. Ensuite le ballon a accéléré en direction de la ligne en descendant avec des coups de brûleurs au niveau de L'Hongrin. J'ai eu peur et me suis tourné en disant : « Il va s'envoyer la ligne ! » Nous avons observé la collision du ballon contre la ligne et remarqué que la partie supérieure de l'enveloppe est passée par-dessus le conducteur supérieur de la ligne mais en-dessous des ballonnets du câble de protection. Il y a eu un éclair suivi d'une explosion. L'enveloppe s'est rapidement dégonflée et a glissé sur le conducteur, suivi de la chute du ballon [...] en été, on ne voit pas de ballon passer devant notre balcon, l'accélération du ballon était marquée et nous a impressionnés. On leur a fait signe de la main [...] ».

1.1.5.3 Observateurs situés dans la Comba d'Avau

Observateur C

« [...] j'étais sur l'escalier de l'entrée quand j'ai aperçu le ballon au-dessus de la ferme. J'ai appelé ma fille car sa présence était soudaine, les passagers nous ont

fait bonjour, on voyait bien les visages la couleur blonde des cheveux. Le ballon m'a paru bas au passage de la remise, il allait vite [...] il m'a paru voler à l'horizontale et il chauffait de façon soutenue avec de petits arrêts [...] ». Son mari qui était dans la remise attenante précise: « [...] j'ai entendu d'abord le bruit des brûleurs puis vu le ballon à environ 30 m au-dessus du toit. J'ai fait la réflexion suivante à ma femme : " Tiens il va peut-être passer sous la ligne." Pour moi il allait trop vite pour poser. Le vent local (Ruchio) soufflait fort. Comme il chauffait toujours, j'ai réalisé qu'il tentait de passer par-dessus la ligne [...] ».

Observateur D

« [...] j'étais assise sur l'escalier devant la porte d'entrée, j'ai entendu des coups de brûleur et vu un ballon qui m'a paru bas et j'ai réalisé qu'il ne pouvait pas passer au-dessus de la ligne à haute tension. Le ballon m'a semblé aller vite. J'ai entendu des coups de brûleur rapprochés et je pense que le ballon montait légèrement avant la collision [...] ».

Observateur E

« [...] j'étais dans ma cuisine quand j'ai entendu un bruit de brûleur sans voir de ballon. Je me suis alors déplacée vers ma terrasse dont la porte était ouverte et j'ai aperçu un ballon très bas venant de la Comba d'Amont. Je me souviens d'avoir entendu plusieurs coups de brûleur. J'étais inquiète, car j'ai pensé qu'il était trop bas pour passer la ligne et trop haut pour poser avant. Pour moi le ballon venait vite contre moi sans s'élever. J'ai vu les passagers faire bonjour avec des signes de la main. Puis j'ai observé la collision du ballon et vu que l'enveloppe se trouvait au-dessus des fils alors que la nacelle était sous les fils. Il me semble que j'ai entendu deux déflagrations. J'ai entendu des cris et des jurons du pilote [...] ».

1.2 Renseignements météorologiques

1.2.1 Situation générale

La Suisse se trouvait à l'avant d'un thalweg⁴ dont l'axe s'étendait du nord de l'Espagne à la mer du Nord.

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

Le ciel était sans nuage. Un faible vent de montagne soufflait à proximité du sol.

Nuages	Aucun
Visibilité	60 km
Vent	De 170° à 210° / 3 kt
Température / Point de rosée	18 °C / 14 °C
Pression atmosphérique QNH	1021 hPa
Dangers	Aucun

1.2.3 Données astronomiques

Position du soleil	Azimut 88°	Hauteur 22°
Conditions d'éclairage	Jour	

⁴ Thalweg : creux barométrique entre deux zones de hautes pressions.

1.2.4 Informations météorologiques de Château-d'Oex

La station MétéoSuisse de Château-d'Oex située à 1029 m/M a permis de relever les valeurs de vent, température et pression atmosphérique du 6 août 2013.

Heure	Direction du vent degré	Vitesse du vent kt	Rafales kt	Température °C	Point de rosée °C	QNH hPa
08:00	165	0	2	15.9	14.2	1021.4
08:10	304	1	2	16.0	14.4	1021.4
08:20	341	1	3	17.2	14.9	1021.3
08:30	128	1	3	16.7	14.5	1021.3
08:40	125	1	2	17.4	14.8	1021.3

Tableau des enregistrements météorologiques relevés entre 8 h et 8 h 40 min.

1.2.5 Observations météorologiques locales

Au moment où s'est produit l'accident, les habitants de la Comba d'Amont et de la Comba d'Avau ont constaté un vent provenant du goulet de La Tine et de L'Hongrin. Ce vent, léger pour certains d'entre eux, a été estimé par d'autres à une vitesse comprise entre 20 et 25 km/h. Il s'agit en l'occurrence d'un vent local appelé *Ruchio* qui apparaît par beau temps. Ce courant froid se lève en début de soirée, souffle toute la nuit et s'arrête entre 10 h et 11 h. Sa vitesse maximale est généralement atteinte en début de matinée.

1.3 Renseignements sur l'aéronef

Immatriculation	HB-QOW
Type d'aéronef	Cameron Z-120
Caractéristiques	Ballon à air chaud Hauteur totale : 23.2 m Enveloppe : <ul style="list-style-type: none"> • diamètre maximal : 19.5 m • volume : 3398 m³ • équipée d'un RDS⁵ • équipée de vantaux permettant la rotation de l'enveloppe
Constructeur	Cameron Balloons Limited, Bristol, Grande-Bretagne
Année de construction	2010
Brûleurs	Constructeur : Cameron Balloons Limited, Bristol, Grande-Bretagne Caractéristiques : Stratus double brûleurs Puissance totale : 5880 kW avec une pression du propane à 6.9 bar Type et n° de série : CB 8720, 1126 et 1162

⁵ RDS : *rapid deflation system*, système de dégonflement rapide.

Nacelle	Constructeur : Cameron Balloons Limited, Bristol, Grande-Bretagne Caractéristiques : compartimentée en deux parties Type et n° de série : CB 3238, BH 1710
Masses	Masse maximale au décollage à 0 m/M : 1088 kg Masse maximale autorisée au décollage à l'altitude de Château-d'Oex (928 m/M) : 882 kg Masse estimée au décollage : 880 kg Masse estimée au moment de l'accident : 825 kg La masse était dans les limites prescrites au moment de l'accident.
Certificat d'immatriculation	Etabli par l'OFAC le 10 décembre 2012 / Nr. 2
Certificat d'examen de navigabilité	Délivré par l'OFAC le 14 janvier 2013 Date d'expiration : 16 janvier 2014
Heures d'exploitation	Enveloppe : 157:28 h TSN ⁶ et 94 remplissages Brûleurs et nacelle : 157:28 h TSN
Entretien	Contrôle annuel effectué le 9 janvier 2013 à 141:20 h TSN et 77 remplissages pour l'enveloppe
Carburant	Propane, gaz liquide
Quantité de carburant embarqué	Au total, environ 110 kg de gaz propane se trouvaient à bord de la nacelle au moment du décollage. La quantité de carburant mesurée après l'accident était de 54.7 kg. La quantité était suffisante pour le vol projeté.

1.4 Renseignements sur le lieu où s'est produit l'accident, sur l'impact et sur l'épave

1.4.1 Lieu où s'est produit l'accident

L'accident s'est produit dans le vallon de la Comba d'Avau situé derrière une colline, environ 500 m au nord de Montbovon, à l'altitude de 807 m/M. Cette petite vallée est située dans le prolongement de la Comba d'Amont à une altitude de 840 m/M. Le hameau de la Comba d'Avau est composé d'une ferme et de quelques bâtisses, entourées à l'ouest par des pâturages et au sud par des prés. Une ligne à haute tension pourvue de six conducteurs et d'un câble conducteur de terre muni de sphères orange de signalisation, traverse perpendiculairement la Comba d'Avau, peu avant la dernière maison située en aval du hameau. L'accident a eu lieu approximativement au centre de la vallée (figure 2).

⁶ TSN : *time since new*, temps d'utilisation depuis neuf.

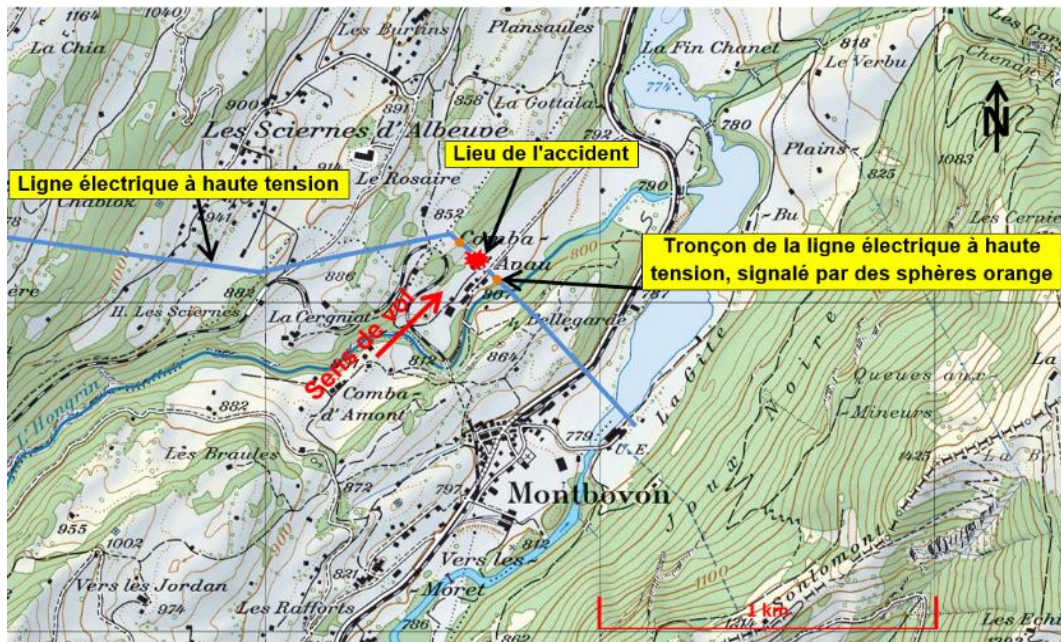


Figure 2 : situation générale du site de l'accident (carte reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie Swisstopo (JA150149)).

1.4.2 Impact

La collision s'est produite à 8 h 37 min 56 s entre les conducteurs inférieurs de la ligne électrique à haute tension et les câbles de l'enveloppe reliés au cadre de charge (figures 9 et 10).

La toile dénommée *scoop*⁷ était orientée vers l'avant dans le sens du vol. Le compartiment du pilote avec les cylindres de propane était à droite et les passagers se trouvaient dans le compartiment de gauche (figure 1).

Les différents arcs électriques ont provoqué la rupture de neuf des douze câbles reliant l'enveloppe au cadre de charge. La partie supérieure de l'équateur de l'enveloppe s'est glissée entre le conducteur supérieur de 60 kV et le câble conducteur de terre (figure 8).

Lors de la collision, l'enveloppe s'est vidée rapidement de son contenu d'air chaud, alors qu'elle était encore accrochée à la ligne électrique. La nacelle a chuté d'une hauteur d'une quarantaine de mètres dans un jardin, dans une position très inclinée car seuls trois câbles la reliaient encore à l'enveloppe.

Suite à l'impact la nacelle s'est renversée sur le côté puis s'est appuyée contre un petit arbre fruitier. L'enveloppe entraînée par la chute de la nacelle a glissé sur les conducteurs. Elle s'est posée dans le sens du vol, complètement dégonflée, devant la nacelle, en partie sur la route d'accès au hameau et en partie dans le jardin de la propriété.

⁷ Scoop : toile installée partiellement sur la base de l'enveloppe pour améliorer les performances du ballon en vol, lors de vents turbulents (figure 10).



Figure 3 : enveloppe déplacée avant l'intervention des secours.



Figure 4 : position finale de la nacelle avec le cadre de charge.

1.4.3 Epave

Pour permettre aux secours d'intervenir aisément, les cordes de commandes du ballon ont été sectionnées et leurs extrémités sont restées attachées au manchon (figure 4) avant droit de la nacelle. L'enveloppe a été déplacée sur le côté de la maison (figure 3). Les positions du RDS et de la soupape-parachute (figures 5 et 6) n'ont pas pu être relevées avec certitude.

La fuite de gaz provoquée lors de l'impact par la rupture d'un tuyau flexible d'alimentation entre le brûleur n° 1162 (figure 1) et le cylindre B4 a été rapidement maîtrisée. Les vannes de gaz liquide des cylindres restées ouvertes ont été fermées par une tierce personne connue du pilote.

Quatre cylindres de propane étaient fixés verticalement dans la nacelle, deux d'une capacité de 23.8 kg (B1 et B2) et deux d'une capacité de 31.5 kg (B3 et B4). Chaque cylindre était équipé d'une jauge dont la graduation n'indique que les derniers 35 % disponibles.

Le cylindre B2 était connecté sur le brûleur n° 1126, la jauge indiquait une capacité disponible d'environ 20 %. Le cylindre B4 était branché sur le brûleur n° 1162, la jauge indiquait une quantité de propane disponible supérieure à 35 %. Les jauges des deux cylindres non connectés indiquaient moins de 5 % pour le cylindre B1 et plus de 35 % pour le cylindre B3.

Un transmetteur de mesure de la température interne de l'enveloppe (chapitre 1.5.1.3) a été retrouvé à côté de la nacelle. L'instrument multifonction était posé sur le sol devant celle-ci. Dans la nacelle était entreposé un coffret comprenant un appareil de communication (*very high frequency* – VHF) sélectionné sur *OFF* et un *transponder* enclenché sur le mode *ALT*. Une radio VHF portative, un récepteur portable GPS⁸ et des cartes aéronautiques faisaient partie de l'équipement emporté par le pilote.

⁸ GPS : *global positioning system*, système de navigation par satellite.

1.5 Informations supplémentaires

1.5.1 Enveloppe

1.5.1.1 Généralités

L'enveloppe du ballon HB-QOW, composée de 24 fuseaux, était équipée de vantaux de rotation et d'un système de dégonflement (*rapid deflation system* – RDS). Elle était également munie d'une sonde et de témoins de température.

1.5.1.2 Système de dégonflement

Le ballon est équipé d'une soupape de dégonflement qui peut être activée soit au moyen d'une corde rouge et blanche soit au moyen d'une corde rouge (figures 5 et 6).

Si, durant le vol, on exerce une traction sur la corde rouge et blanche, la soupape-parachute s'ouvre et libère de l'air chaud de manière conventionnelle. Elle se referme sous la pression de l'air chaud dès que l'on relâche la traction sur la corde rouge et blanche.

Si l'on tire sur la corde rouge, le RDS s'active. Le parachute se rassemble en une colonne au milieu de l'ouverture en forme de tulipe et provoque un dégonflement rapide. Cette action de dégonflement peut être stoppée par une traction sur la corde rouge et blanche de fermeture de la soupape-parachute.

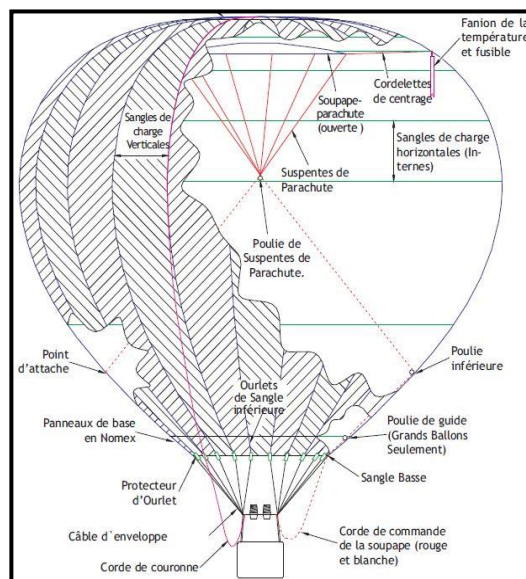


Figure 5 : description d'une enveloppe sans système RDS.

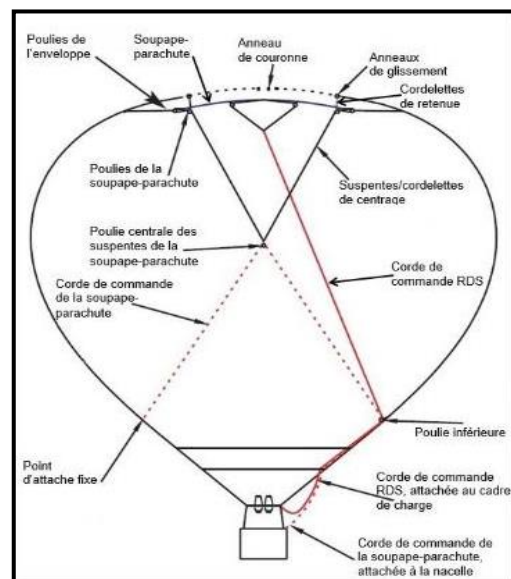


Figure 6 : description d'une enveloppe avec un système RDS.

1.5.1.3 Sonde et témoins de température

Un lien fusible attaché à un fanion est fixé à l'intérieur de l'enveloppe, en général près du sommet (figure 5). Si la température à l'intérieur de l'enveloppe atteint 127 °C (261 °F), le fanion fixé sur une plaquette bilame tombe dans la nacelle à travers la bouche de l'enveloppe, ce qui avertit le pilote du danger de surchauffe.

Une plaquette témoin est cousue sur l'enveloppe, près du sommet, sur une sangle de charge. Elle comprend des points de peinture thermosensible qui changent de couleur de façon irréversible après une exposition à des températures comprises entre 90 °C et 150 °C (200 °F et 300 °F). Ces points donnent un enregistrement permanent de la température maximum atteinte par le tissu (figure 11). Selon le manuel du constructeur, celle-ci ne doit pas dépasser 120 °C (250 °F).

Un transmetteur de température muni d'une sonde est fixé au sommet de l'enveloppe. Cet appareil transmet par ondes la température interne du ballon sur l'instrument multifonctions, ce dernier fait également office de variomètre et d'altimètre.

1.5.2 Nacelle

La nacelle, tressée en osier et en rotin, est composée de deux compartiments, un pour le pilote et un pour les passagers (figure 1). Elle mesure 1.85 m de long, 1.20 m de large et 1.37 m de haut. Le plancher est également tressé et recouvert d'un panneau de bois en contre-plaqué. Dix-huit poignées en corde sont réparties sur les côtés afin que les occupants puissent se tenir lors des atterrissages. Les rebords sont capitonnés de mousse et garnis de peau de daim. Le poids de la structure est soutenu par quatre câbles en acier inoxydable passant sous le plancher de la nacelle et reliés au cadre de charge.

1.6 Renseignements sur la ligne électrique

1.6.1 Conducteurs et pylônes

La ligne électrique à haute tension endommagée lors de l'accident est constituée sur le terne nord de trois conducteurs de 18 kV qui alimentent Montbovon jusqu'à Prés d'Albeuve et de trois conducteurs de 60 kV sur le terne sud qui alimentent Montbovon jusqu'à Châtel-Saint-Denis. Un câble conducteur de terre équipé de sphères orange de signalisation est fixé au sommet des pylônes (figure 8). Dans le tronçon de la ligne électrique endommagée, les conducteurs sont supportés par deux pylônes en béton armé distants de 332 m, ayant une hauteur d'environ 26 m. Sur le câble de protection de terre, dix sphères orange de signalisation (chapitre 1.6.3) sont disposées entre les deux pylônes. Celles-ci ont été remplacées en septembre 2000.

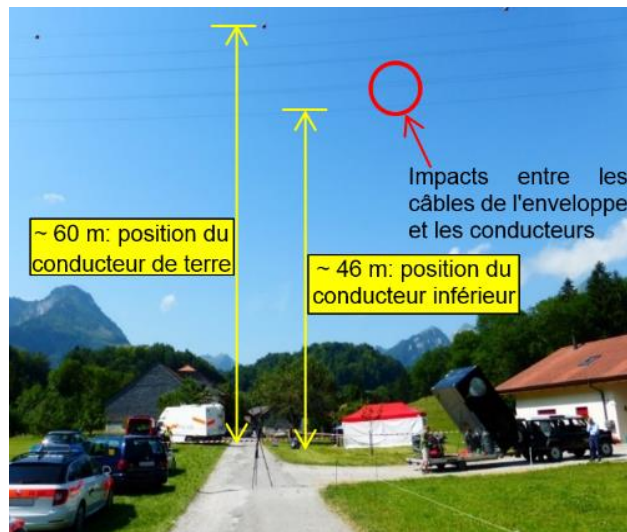


Figure 7 : vue en direction de la Comba d'Amont depuis le lieu où s'est produit l'accident avec la position des conducteurs de la ligne électrique.

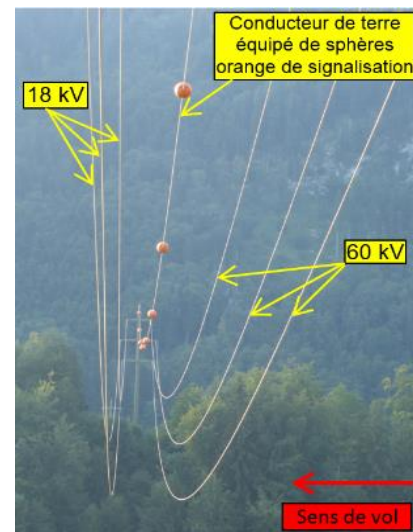


Figure 8 : vue des conducteurs en direction de Montbovon.

Les conducteurs inférieurs sont situés à environ 46 m du sol. Le câble de protection de terre se situe à environ 60 m du sol (figure 7).

Une inspection visuelle par des techniciens a permis de constater que les six phases sont marquées et noircies. Ces conducteurs sont en aldrey⁹, ils ont une

⁹ Aldrey : l'aldrey est un alliage d'aluminium (99 %), de magnésium (0.5 %) et de silicium (0.5 %).

section de 300 mm². Les conducteurs ont été altérés mais ils ont résisté à la collision. Les pylônes n'ont pas été endommagés.

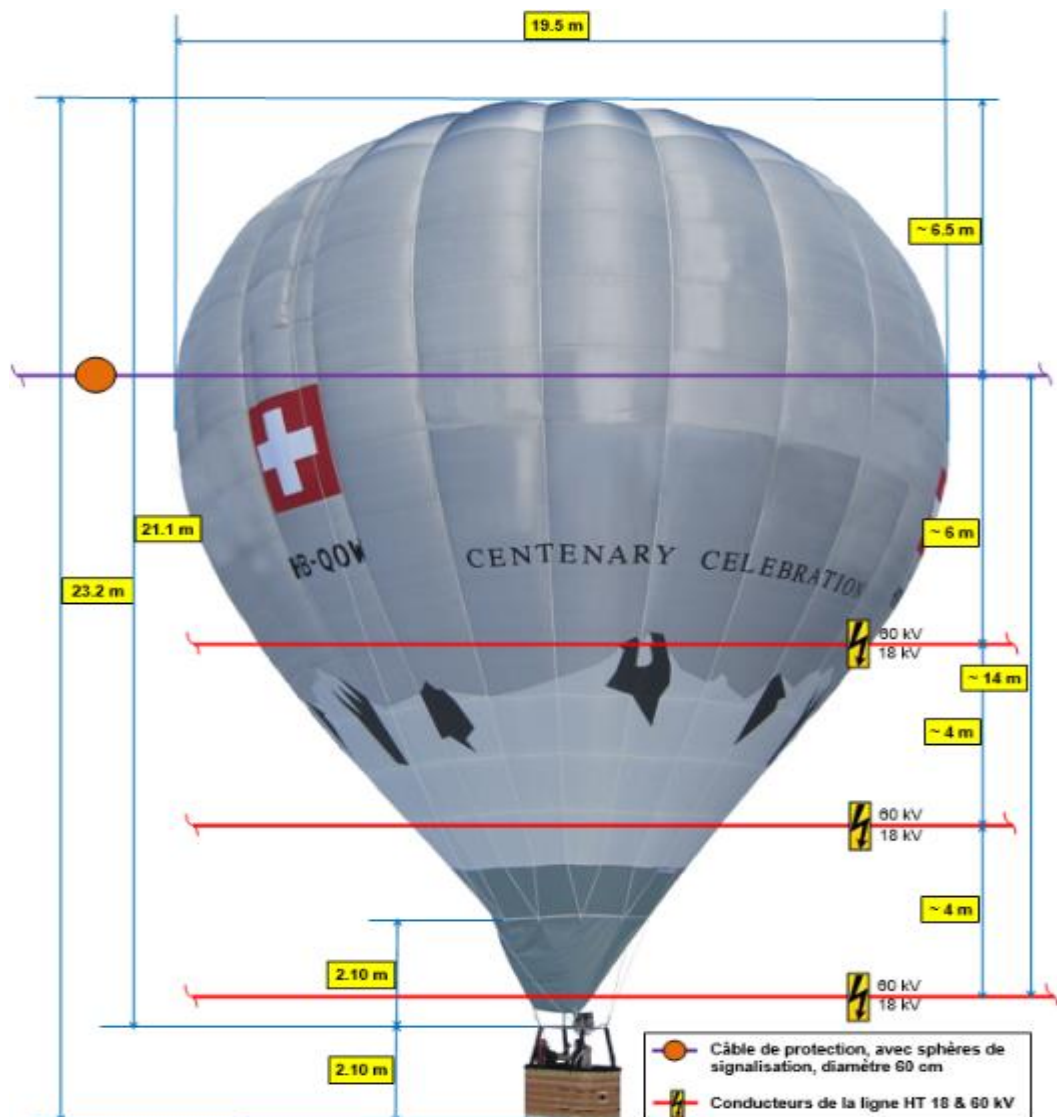


Figure 9 : dimensions du ballon et positions reportées des conducteurs en rouge et du câble conducteur de terre en violet, lors de la collision.

1.6.2 Disjoncteurs

Un disjoncteur est un dispositif de protection des lignes électriques. En cas de court-circuit, il interrompt le courant et tente de le rétablir environ 300 millisecondes plus tard. Si le court-circuit persiste, le courant est interrompu.

Les relevés de surveillance de la ligne électrique de 18 kV attestent d'une coupure de courant à 8 h 37 min 56 s, déterminant ainsi l'heure exacte de l'accident. Le courant a été rétabli vers 11 h 30 min.

L'ouverture et la fermeture automatique du disjoncteur sur la ligne électrique de 60 kV n'ont entraîné qu'une brève interruption de l'alimentation.

1.6.3 Obstacle à la navigation aérienne

Le tronçon de la ligne électrique impliquée dans la collision est répertorié dans la base de données des obstacles à la navigation aérienne. Celui-ci est enregistré sous le numéro 262-HL-20 figurant sur la carte n° 41 à l'échelle 1 : 100 000 avec une hauteur maximale de 60 m AGL¹⁰ et une longueur de 332 m.

1.6.4 Visibilité de l'obstacle

Des reconnaissances aériennes et pédestres ont montré que le tronçon de la ligne électrique signalée par dix sphères orange (RAL 2009) est visible depuis le lieu-dit Les Rafforts, soit environ 1 km en amont.

1.7 Expérience du pilote

Le pilote a débuté sa formation pratique en mai 2004 pour la terminer en mai 2007. Son expérience de vol était de 240:25 h, dont 35 h de vols captifs¹¹. Sur un total de 150 vols réalisés, le plus grand nombre a été effectué dans la région du Pays-d'Enhaut.

Selon ses déclarations, il connaissait l'existence de la ligne électrique à haute tension de la Comba d'Avau pour l'avoir survolée à de nombreuses reprises. Ses carnets de vols ne mentionnent aucun atterrissage à la Comba d'Avau. Un vol effectué en août 2012 fait état d'un atterrissage à Montbovon et onze atterrissages ont été inscrits dans la région d'Albeuve, Les Sciernes et Lessoc. Le vent local dénommé *Ruchio* était connu du pilote. Toutefois, il n'a pas senti son influence avant l'accident.

1.8 Renseignements en matière d'organisation et de gestion

Basée à Gstaad, la société Gstaad Fly S.à r.l. était propriétaire et exploitait un seul ballon. Elle avait entre autres pour but l'achat, la vente et la location d'articles de sport et de loisirs, en particulier des ballons à air chaud, ainsi que l'organisation d'événements sportifs, de divertissements et de vols touristiques en montgolfière. L'unique pilote de la société en était le directeur.

Aucun titre de transport n'a été établi au nom des passagers pour le vol du 6 août 2013. La société Gstaad Fly S.à r.l. ne possédait pas d'autorisation pour effectuer des vols commerciaux. L'agence de voyage avait établi le 14 mai 2013 un programme de la journée précisant le nombre de personnes qui devaient participer au vol, l'heure de départ et l'heure d'atterrissage du ballon de façon à prévoir une arrivée à Lausanne pour 10 h.

1.9 Renseignements médicaux et pathologiques

1.9.1 Pilote

Le pilote a fait l'objet d'un examen médical initial en vue de l'obtention de la licence de pilote de ballon à air chaud en Suisse le 29 avril 2004. Depuis cette date il n'a plus effectué d'examen médical. Le renouvellement du certificat médical n'est pas obligatoire pour les pilotes de ballons.

¹⁰ AGL : *above ground level*, au-dessus du niveau du sol.

¹¹ Vols captifs : retenu au sol par des cordes, le ballon monte de 20 à 30 m dans les airs. Après quelques minutes au sommet, le ballon redescend pour changer de passagers avant de répéter l'exercice à plusieurs reprises.

Le médecin de famille a attesté qu'il était en bonne santé. Selon lui, le pilote ne souffrait pas de maladie chronique qui aurait pu influencer sa performance physique et mentale ou provoquer une incapacité soudaine le jour de l'accident.

Le pilote a subi de graves blessures et traumatismes divers. Aucune trace d'électrocution n'a été relevée. Les analyses toxicologiques n'ont pas relevé la présence d'une substance susceptible de diminuer les capacités psychomotrices, de réaction et de décision.

1.9.2 Passagers

Les blessures graves décelées sur les trois passagères survivantes sont des fractures diverses et des lésions internes.

Aucune trace d'électrocution n'a été relevée sur les passagers.

Le décès du passager est dû à des lésions graves multiples sur des organes vitaux, qui étaient incompatibles avec la survie.

1.10 Essais et recherches

1.10.1 Généralités

Les composants du ballon, c'est-à-dire l'enveloppe, la nacelle, les brûleurs et les cylindres ont été expertisés.

Par ailleurs, un *transponder* Mode S, un GPS portable de type *Garmin GPSmap 60CSx* et un instrument multifonction de type *Flytec 3040* se trouvaient à bord de la nacelle. Aucune donnée concernant ces appareils n'est exploitable en vue d'établir avec précision la trajectoire, l'altitude et la vitesse de déplacement du ballon.

1.10.2 Examen de l'enveloppe

L'enveloppe a été gonflée avec de l'air ambiant. Les cordes de commandes ainsi que les poulies de rappel, les cordelettes de centrage de la soupape-parachute et du RDS étaient toutes en place.

Mis à part les câbles sectionnés lors de l'impact, l'enveloppe n'a pas subi de gros dégâts. Plusieurs petites déchirures et des traces de frottement ont été observées dans la partie inférieure et sur la partie supérieure de l'enveloppe.

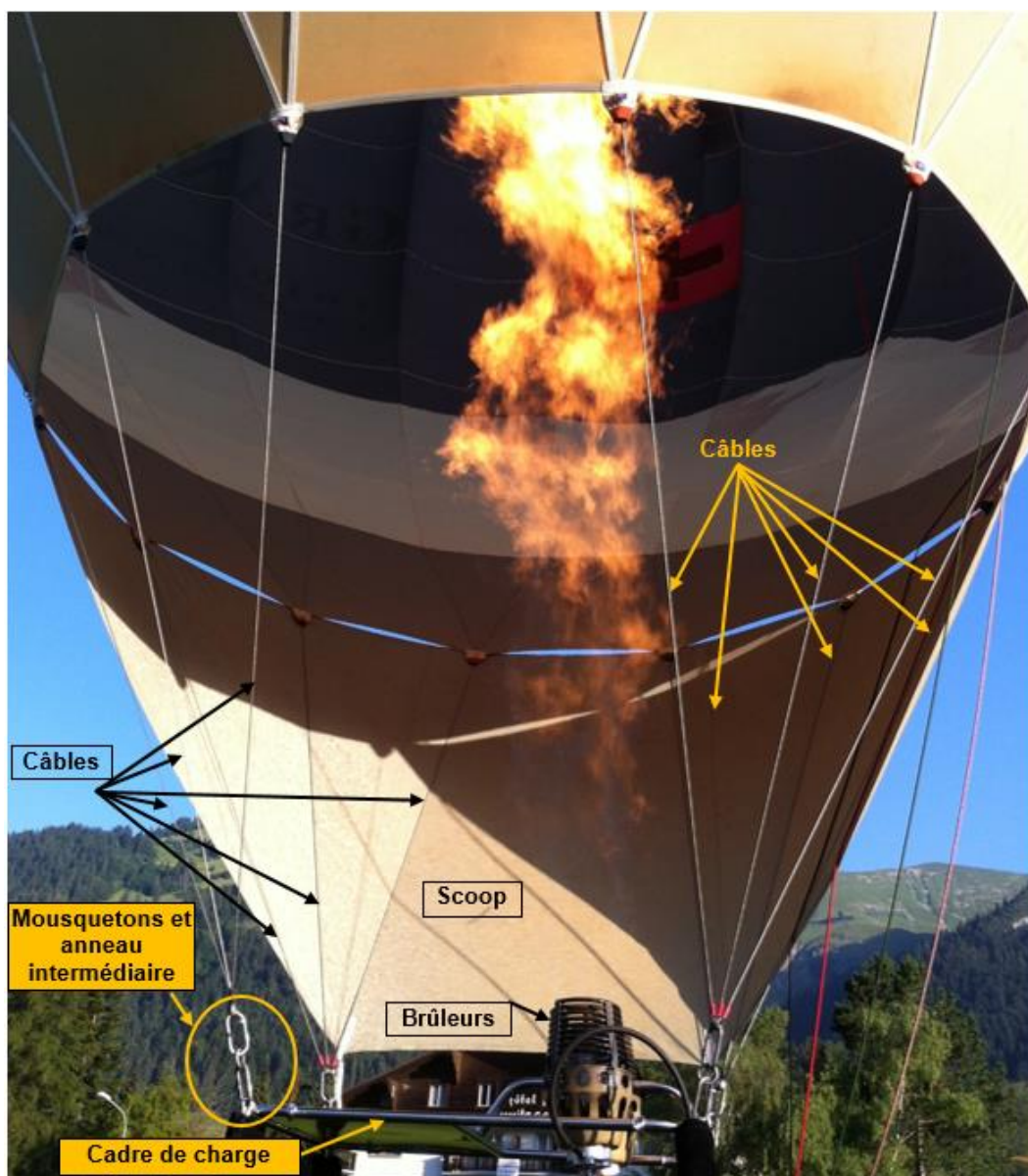


Figure 10 : image prise avant le décollage du ballon le jour de l'accident, qui montre le scoop, les brûleurs ainsi que les câbles de l'enveloppe reliés au cadre de charge.

Des particules d'aldrey provenant des conducteurs de la ligne électrique à haute tension ont été retrouvées sur tous les câbles qui relient l'enveloppe au cadre de charge. Sur un total de douze câbles d'un diamètre de 4 mm (figure 10), seuls trois d'entre eux, situés dans les deux angles du compartiment du pilote, ont résisté à la collision (figure 1). Les trois autres câbles se trouvant du côté du compartiment du pilote ainsi que les six câbles situés du côté du compartiment des passagers ont été sectionnés. Parmi ceux-ci, cinq l'ont été à deux endroits différents. Les ruptures mécaniques ou par fusion se situent entre 0.33 m et 1.68 m au-dessus des mousquetons de fixation de l'enveloppe sur le cadre de charge. Le *scoop* (figure 10), fixé à la base de l'enveloppe, a été fortement endommagé. Les deux attaches de la partie inférieure, fixées sur les mousquetons du cadre de charge, ont été arrachées. Des déchirures, des segments de tissu brûlés et des traces d'aldrey ont été constatés sur le côté extérieur du *scoop*. Il n'a pas été possible de déterminer l'origine de ces traces de brûlures à savoir d'établir si elles provenaient du court-circuit ou des flammes des brûleurs. Les fixations de la partie supérieure n'ont pas été endommagées.

Le fusible de température interne, attaché à un fanion de couleur, fixé au sommet de l'enveloppe s'est détaché de sa plaquette bilame (figure 12). La partie détachée du fanion n'a pas été retrouvée sur le site de l'accident. Les plaquettes thermosensibles cousues sur une sangle au sommet du ballon, indiquaient 149 °C pour la plaquette originale et 121 °C pour la seconde plaquette ajoutée (figure 11).

Selon les documents techniques, la deuxième plaquette thermosensible a été ajoutée lors du contrôle annuel effectué le 7 décembre 2010 à 31:40 h TSN alors que la plaquette originale affichait 121 °C noir. Lors du contrôle annuel effectué le 9 janvier 2013 à 141:20 h TSN, les deux plaquettes affichaient une température de 121 °C.

De plus, le fusible de température interne a été remplacé lors du contrôle annuel effectué le 9 janvier 2013.



Figure 11 : plaquettes thermosensibles.

Figure 12 : partie de la plaquette bilame du fusible, restée fixée à l'enveloppe.

1.10.3 Examen de la nacelle

La structure et la séparation du compartiment de la nacelle ont été déformées par le choc. Les patins en bois fixés sous la nacelle ainsi que les planchers se sont cassés à plusieurs endroits. Les poignées en corde fixées à l'intérieur de la nacelle n'ont pas été endommagées. Des traces de court-circuit sont visibles sur certains mousquetons et sur les anneaux intermédiaires en acier forgé installés entre les mousquetons du cadre de charge et ceux des câbles de l'enveloppe.

1.10.4 Examen des brûleurs

La rupture du tuyau flexible d'alimentation entre le brûleur n° 1162 et le cylindre B4 s'est produite à la jonction du raccord vissé sur le cylindre.

Le cadre de charge ainsi que le support des brûleurs ont été déformés par l'impact. Les parties chromées de la tôle de protection côté passagers portent de nombreuses traces de particules chaudes projetées par les arcs électriques.

L'indication des manomètres de pression du propane n'était pas sur zéro. Après qu'on eut purgé le circuit de gaz, le manomètre du brûleur n° 1126 indiquait 1.5 bar, le verre de ce dernier était noirci cachant le secteur vert de l'indication. Le manomètre du brûleur n° 1162 indiquait 6.6 bar.

Un test de fonction des brûleurs n'a pas mis en évidence de défektivité, mis à part l'indication des manomètres.

1.10.5 Examen des cylindres

Les quatre cylindres en acier inoxydable étaient protégés sur leur partie cylindrique par une housse en mousse entourée de tissu. Les vannes d'ouverture et de fermeture des cylindres étaient activées par un système de levier. L'inspection des cylindres, des vannes de purge et des jauges n'a pas révélé de défektivité. Les anneaux de protection en acier inoxydable, soudés sur la partie inférieure des quatre cylindres, ont été déformés par le choc.

1.11 Reconstitution de la dernière phase de vol

1.11.1 Généralités

La reconstitution de la dernière phase de vol est basée sur des photos prises par les passagers. L'expertise s'appuie sur huit d'entre elles afin de déterminer par photogrammétrie les différentes positions du ballon par rapport à la ligne électrique. La position neuf correspond au lieu de la collision, celui-ci étant connu avec précision.

1.11.2 Résumé des positions du ballon

La table n° 1 représente les positions du ballon avec l'heure, la hauteur, l'altitude et leur tolérance ainsi que les coordonnées métriques.

Position	Heure	Hauteur AGL [m]	Tolérance verticale [m]	Altitude AMSL [m]	Coordonnées (Swiss Grid 1903)
Pos. 1, Les Rafforts	08:34:12	~ 67	± 1.5	~ 926	~ 569 106 / 148 080
Pos. 2	08:35:52	~ 91	pas définie	~ 948	~ 569 233 / 148 542
Pos. 3, Comba d'Amont	08:36:34	~ 118	± 6	~ 937	~ 569 303 / 148 712
Pos. 4	08:36:52	~ 99	± 1.5	~ 916	~ 569 350 / 148 799
Pos. 5, Comba d'Avau	08:37:28	~ 28	± 3	~ 838	~ 569 507 / 148 980
Pos. 6	08:37:32	~ 27	± 3	~ 835	~ 569 524 / 148 994
Pos. 7	08:37:34	~ 25	± 3	~ 828	~ 569 536 / 149 002
Pos. 8	08:37:38	~ 23	± 3	~ 824	~ 569 557 / 149 020
Pos. 9, collision ligne HT	08:37:56	~ 43	± 1.5	~ 845	~ 569 655 / 149 092

Table n° 1

La table n° 2 présente les valeurs moyennes établies sur la base des données figurant dans la table n° 1. Les paramètres entre les positions n° 8 et 9 ont été estimés à partir de l'heure de la première coupure de la ligne électrique.

Position du ballon	Différence de temps [s]	Distance parcourues [m]	Tolérance horizontale [m]	Différence de hauteur AGL [m]	Vitesse de déplacement [km/h]	Vitesse ascendante et descendante [m/s]
Pos. 1 - 2	100	~ 479	± 1.5	+ 24	~ 17.3	~ + 0.22
Pos. 2 - 3	42	~ 183	pas définie	+ 27	~ 15.7	~ - 0.26
Pos. 3 - 4	18	~ 102	± 6	- 19	~ 20.4	~ - 1.17
Pos. 4 - 5	36	~ 251	± 1.5	- 71	~ 25.1	~ - 2.15
Pos. 5 - 6	4	~ 24	± 3	- 1	~ 21.6	~ - 1.5
Pos. 6 - 7	2	~ 14	± 3	- 2	~ 26.1	~ - 2
Pos. 7 - 8	4	~ 28	± 3	- 2	~ 25.2	~ - 1.12
Pos. 8 - 9	18	~ 123	± 3	+ 20	~ 24.6	~ + 1.19

Table n° 2

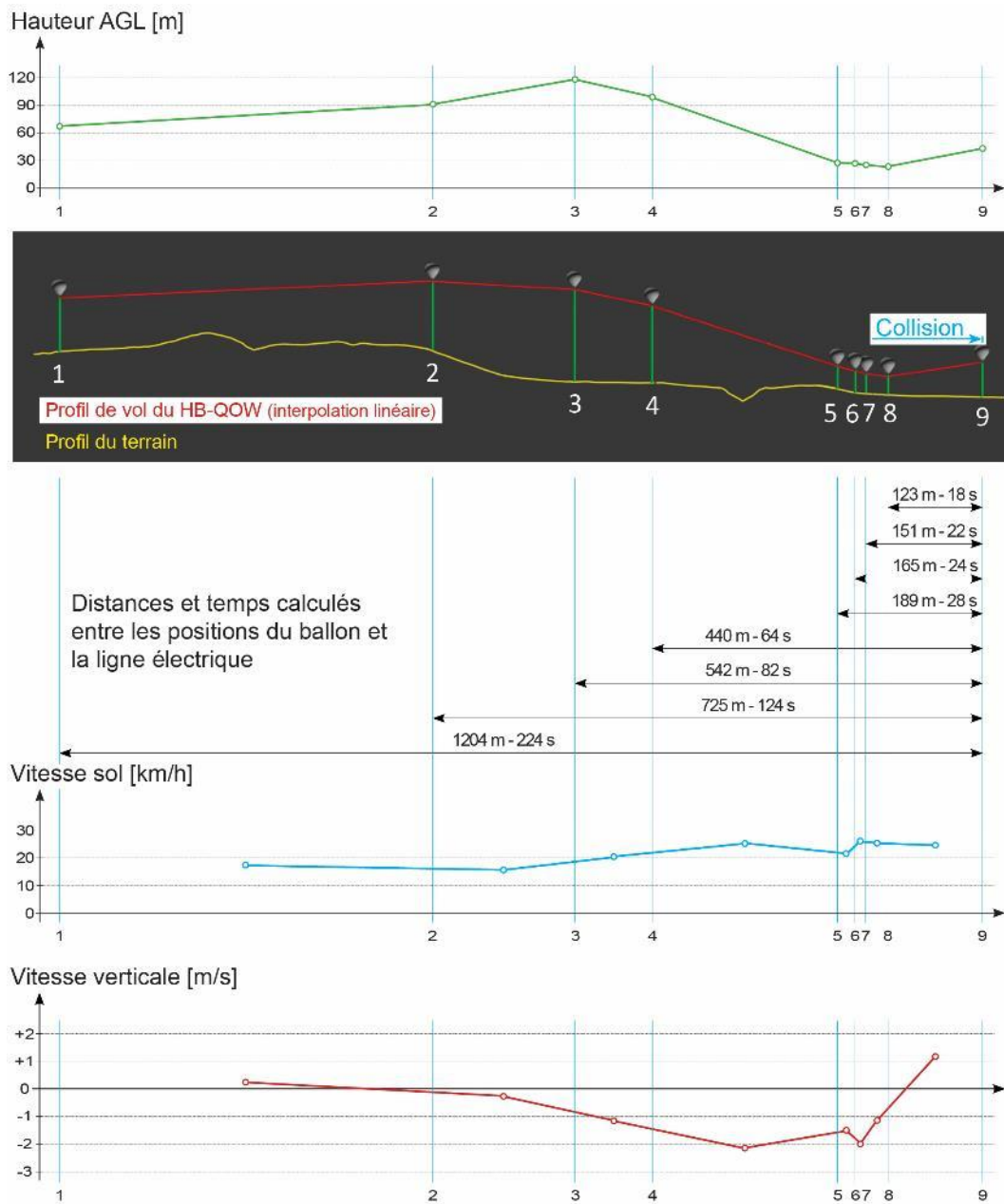
1.11.3 Représentation de la dernière phase de vol

Les différentes positions du ballon de la table n° 1 ont été reportées sur la carte tridimensionnelle modélisée ci-dessous.



Figure 13 : positions successives n° 1 à 8 du ballon. La position n° 9 correspond à la collision avec la ligne électrique.

1.11.4 Profils et graphiques de la dernière phase de vol



Profils et graphiques des valeurs de hauteur, vitesse sol et vitesse verticale pour les positions n° 1 à 9.

1.12 Renseignements supplémentaires

1.12.1 Extraits du manuel de vol

Parmi les limitations et les procédures liées à l'exploitation d'un ballon Cameron Z-120, le manuel de vol du constructeur préconise ce qui suit :

1.12.2 Section 2 - Limitations

« [...] »

2.8 Température et charge de l'enveloppe

1. La température de l'enveloppe ne doit pas dépasser 120 °C (250 °F).

2. *La température intérieure de l'enveloppe doit être contrôlée, soit par l'utilisation d'une sonde de température, soit en effectuant le chargement en fonction de la courbe de charge de la Section 5.*

[...]

2.12 *Système de dégonflement rapide*

1. *L'ouverture du système de dégonflement rapide en cours de vol ne doit pas excéder 3 secondes. L'enveloppe doit pouvoir se regonfler complètement entre chaque coup de soupape.*
2. *L'utilisation de la corde rouge de déchirure n'est pas permise à des hauteurs supérieures à 2 mètres au-dessus du sol, sauf en cas d'urgence. »*

1.12.3 Section 3 - Procédures d'urgences

« [...]

3.2 *Evitement d'obstacle dangereux à basse altitude*

Le pilote doit décider de monter ou de faire un atterrissage d'urgence. »

3.2.1 *Montée d'urgence*

[...]

Les montées d'urgence devraient être faites en actionnant les vannes principales de chaque brûleur simultanément.

Note: Le fonctionnement de deux brûleurs sur une seule alimentation à l'aide de la vanne de couplage ne donnera pas la puissance maximum.

3.2.2 *Atterrissage d'urgence*

Un atterrissage d'urgence peut se faire en ouvrant partiellement le système de dégonflement rapide, le panneau velcro ou la soupape-parachute à une hauteur de 15 m (50 ft) ou moins.

3.3 *Contact avec les lignes électriques*

Le contact avec les lignes électriques est extrêmement dangereux et peut avoir comme conséquence des dommages sérieux ou mortels. Il doit être évité à tout prix.

Si le contact devient inévitable, descendre le plus vite possible, de façon à ce que ce contact se fasse sur l'enveloppe et non pas sur la nacelle.

Fermer les vannes des cylindres de carburant et vider les tuyaux avant le contact.

Si le ballon est pris dans les lignes électriques, ne toucher aucune partie métallique.

[...]»

1.12.4 Section 4 - Procédures normales

« [...]

4.5.2.1 *Soupape-parachute*

Pour libérer l'air chaud pendant le vol, seule la corde de commande de la soupape doit être tirée.

[...]

4.6 Atterrissage

Vérifications avant l'atterrissage

Lignes électriques Ni dans l'approche, ni dans la trajectoire de poursuite du vol.

Consignes aux passagers Silence pendant l'atterrissage. Répéter les consignes d'atterrissage.

[...]

Carburant Suffisamment de carburant dans le(s) cylindres(s) pour l'atterrissage.

[...]

Alimentation Vérifiez le contenu des cylindres en service.

[...] »

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête n'a pas mis en évidence d'élément technique ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à sa survenue. Par ailleurs le pilote n'a pas fait état de défec-tuosité technique durant ce vol.

Les dégâts constatés sur le tuyau d'alimentation et les manomètres des brûleurs sont probablement dus à l'impact de la nacelle avec le sol.

Le fait que le fanion du fusible de température, fixé au sommet de l'enveloppe se soit détaché, laisse penser que le pilote a certainement fait un usage soutenu des deux brûleurs juste avant la collision. La différence d'indication entre les deux pla-quettes thermosensibles peut s'expliquer par la fiabilité relative de ces dispositifs.

2.2 Aspects opérationnels

2.2.1 Site où a eu lieu l'atterrissage

Le vol devait être relativement court et l'option d'un atterrissage après une heure de vol était une décision logique par rapport au programme établi par l'agence de voyage. Après le survol du lieu-dit Les Rafforts, le pilote a décidé d'atterrir à la Comba d'Avau et en a logiquement informé son équipier suiveur.

La présence de la ligne électrique à haute tension était connue du pilote et figurait sur la carte des obstacles de la navigation aérienne. Sa signalisation au moyen de dix sphères orange la rendait visible à plus d'1 km. En se basant sur les vitesses calculées aux différentes positions, le pilote disposait de plus de trois minutes pour le franchissement de cet obstacle. Ce laps de temps permettait aisément d'adapter la tactique de vol pour éviter la collision.

2.2.2 Tactique de vol

Les différentes valeurs déterminées lors du passage des positions n° 1 à 4 (voir chapitre 1.11.4) permettent d'affirmer que le franchissement de la ligne élec-trique était possible jusque-là. En effet, le ballon se trouvait à une distance d'envi-ron 440 m de l'obstacle et à une hauteur encore supérieure à la ligne électrique. Le maintien de l'altitude de vol permettait le franchissement de celle-ci.

Après le passage de la position n° 4 qui correspond au survol de la Comba d'Amont, le profil reconstitué montre une phase descendante qui s'est stabilisée à environ 25 m du sol. Cette situation s'est aggravée par la présence du vent local *Ruchio* soufflant dans les basses couches qui a provoqué une accélération du bal-lon en direction de l'obstacle. A ce moment-là, c'est-à-dire dans la zone des posi-tions n° 5 et 6, le ballon se trouvait à une hauteur nettement inférieure à celle du conducteur de terre de la ligne électrique et dans une phase d'accélération, ce qui constituait une situation dangereuse. Cette tactique de vol inadéquate peut s'ex-pliquer par un oubli momentané de la position de l'obstacle de la part du pilote dont l'origine est difficilement explicable. Il se peut que cet oubli ait été causé par la préoccupation du pilote d'atterrir à cet endroit afin de terminer le vol dans les meil-leurs délais pour respecter le programme des passagers. Cette préoccupation a pu provoquer un « effet tunnel », soit la focalisation sur un seul élément ou objectif, aboutissant dans ce cas à une manœuvre d'atterrissage omettant d'intégrer la pré-sence de l'obstacle.

Lorsque le pilote a réalisé la présence de la ligne électrique, vraisemblablement aux environs de la position n° 7, sa décision a été de tenter de la franchir en acti-vant les deux brûleurs de façon soutenue. Cette manœuvre d'urgence ne pouvait

réussir dans ce contexte. En effet, le ballon ne se trouvait alors plus qu'à une distance d'environ 150 m de la ligne électrique, à une hauteur estimée à 25 m, avec une vitesse calculée de 25 km/h, accompagnée d'un taux de chute de l'ordre de 2 m/s.

Au cours de cette dernière phase de vol, l'activation tardive des brûleurs a permis l'établissement d'une phase de vol ascendante, toutefois les facteurs suivants ont réduit les performances ascensionnelles du ballon :

- masse proche de la valeur maximale autorisée;
- température extérieure de 18 °C ;
- utilisation de deux brûleurs dont l'un était alimenté par un cylindre ne contenant qu'environ 20 % de propane.

Dès lors, la collision avec les conducteurs de la ligne électrique était inévitable. Le manuel de vol mentionne dans la section 3 « 3.3 *Contact avec les lignes électriques* » de descendre le plus rapidement possible de façon à ce que le contact avec la ligne électrique se fasse au niveau de l'enveloppe et non de la nacelle. De plus il préconise de fermer les vannes des cylindres.

Compte tenu du fait que pilote n'a aucun souvenir de ce qui s'est passé juste avant la collision, il n'est pas possible d'analyser les manœuvres qu'il a effectuées à ce moment-là.

Le fait que l'enveloppe se soit dégonflée immédiatement après la collision démontre que le pilote a dû probablement manœuvrer la corde du RDS. En effet l'enveloppe n'a été que légèrement endommagée par la collision et par conséquent n'a pu se dégonfler si rapidement et complètement que parce que le RDS avait été activé.

2.3 Aspects humains

2.3.1 Oubli de la ligne électrique

Le fait que le pilote ait oublié de prendre en compte la proximité de l'obstacle peut s'expliquer par un stress lié aux facteurs suivants :

- la modification de la trajectoire de vol prévue en raison de l'anxiété de l'une des passagères ;
- l'intention du pilote de raccourcir le vol pour répondre à la volonté des passagers ;
- une mauvaise communication due au fait que pilote et passagers ne parlaient pas la même langue.

Ces éléments de stress ont probablement créé un « effet tunnel » qui a provoqué cet oubli. Bien qu'il ait eu connaissance de l'existence de cette ligne électrique, le pilote ne l'a vue que très tardivement. C'est ce que confirme la déclaration du pilote, qui a affirmé à l'un des premiers intervenants sur le lieu de l'accident qu'il n'avait pas vu les lignes électriques.

2.3.2 Aspects liés à la survie

La chute de la nacelle en position inclinée, résultant de la rupture par fusion de neuf câbles sur douze et du fait que l'enveloppe était dégonflée, a engendré des forces élevées de réaction lors de l'impact au sol. Les occupants se sont vraisemblablement tenus aux poignées internes de la nacelle évitant ainsi d'être éjectés. En revanche, le contact avec le sol a été très violent et a engendré de graves

blessures aux occupants et le décès de l'un des passagers sur le lieu de l'accident. Aucun moyen de protection n'aurait pu empêcher cette issue fatale.

La présence de nombreux intervenants a contribué à l'efficacité des secours et empêché le déclenchement d'un incendie voire d'une explosion.

2.4 Aspects météorologiques

Les conditions météorologiques étaient adéquates pour effectuer un vol en ballon. Le temps était clair et le vent faible en altitude. Aucune turbulence ni thermique n'ont été ressenties par le pilote. Malgré le fait qu'il connaissait le vent local *Ruchio* dans le secteur de la Comba d'Avau, le pilote a vraisemblablement été surpris par la présence de ce dernier.

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 sa survenue.
- Les composants du ballon et les cylindres de propane ont été endommagés.
- Aucune donnée des appareils embarqués concernant la trajectoire de vol, l'altitude et la vitesse de déplacement du ballon n'était exploitable.
- Neuf câbles de l'enveloppe sur un total de douze ont été sectionnés par fusion ou par rupture mécanique lors de la collision avec les conducteurs de la ligne électrique.
- Le fusible de température interne, fixé au sommet de l'enveloppe s'est détaché de sa plaquette bilame et n'a pas été retrouvé.
- Les conducteurs de la ligne électrique à haute tension ont été altérés mais ont résisté à la collision.
- Les disjoncteurs de protection de la ligne électrique ont fonctionné correctement.

3.1.2 Aspects opérationnels

- Le pilote possédait une licence adéquate.
- La quantité de gaz propane emporté dans la nacelle était suffisante pour le vol prévu.
- La majorité des vols effectués par le pilote l'ont été dans la région du Pays-d'Enhaut.
- Au moment de l'accident la masse de l'aérostat se trouvait dans les limites prescrites.
- Le ballon était admis au vol VFR de jour.
- Aucun titre de transport pour les passagers n'a été établi.
- La société Gstaad Fly S.à r.l. ne possédait pas d'autorisation pour les vols commerciaux.
- Le tronçon de la ligne électrique à haute tension est signalé par dix sphères orange d'un diamètre de 60 cm.
- Le tronçon de la ligne électrique figure sur la carte des obstacles à la navigation aérienne n° 41, avec une hauteur maximale de 60 m AGL et une longueur de 332 m.

3.1.3 Aspects humains

- Le pilote connaissait l'existence de la ligne électrique à haute tension pour l'avoir survolée à de nombreuses reprises.
- Les analyses toxicologiques du pilote n'ont pas relevé la présence d'une substance susceptible de diminuer les capacités psychomotrices, de réaction et de décision.
- La communication entre le pilote et les passagers était réduite en raison de la différence linguistique.
- L'anxiété de l'une des passagères a contraint le pilote à modifier l'altitude du vol et par conséquent sa trajectoire.

3.1.4 Déroulement de la dernière phase de vol

- A environ 8 h 35 min, le pilote a informé son équipier par radio qu'il prévoyait d'atterrir à la Comba d'Avau.
- Le profil de vol reconstitué démontre que la hauteur maintenue jusqu'à la Comba d'Amont permettait le franchissement de la ligne électrique à haute tension distante d'environ 440 m.
- L'altitude du ballon à la position n° 5 était inférieure à celle nécessaire pour le franchissement de la ligne électrique.
- Les brûleurs étaient connectés à deux cylindres, dont l'un contenait 20 % de propane.
- Le ballon est entré en collision avec les conducteurs de la ligne électrique à haute tension à 8 h 38 min.
- L'enveloppe s'est dégonflée rapidement après la collision avec la ligne électrique à haute tension.
- La nacelle a chuté avec ses occupants d'une hauteur d'environ 40 m.
- Une fuite de gaz s'est produite suite au choc de la nacelle contre le sol, elle a été maîtrisée par une tierce personne qui a fermé les vannes des cylindres.
- Aucun incendie ne s'est déclaré.

3.1.5 Conditions-cadres

- Les conditions météorologiques permettaient le déroulement du vol.
- Aucune turbulence ni thermique n'ont été ressenties au cours du vol par le pilote.
- Des observateurs situés à la Comba d'Amont et à la Comba d'Avau ont relevé qu'un vent local appelé *Ruchio* soufflait à une vitesse estimée entre 20 et 25 km/h au moment où s'est produit l'accident.

3.2 Cause

L'accident est dû à la collision du ballon avec une ligne électrique à haute tension en raison d'une tactique de vol inappropriée consécutive à un oubli de la présence de cet obstacle en phase d'approche. La visualisation tardive de l'obstacle n'a pas permis son franchissement.

Un vent local soufflant dans le secteur d'approche a joué un rôle dans le déroulement de l'accident.

- 4** **Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident**
- 4.1** **Recommandations de sécurité**
Sans objet
- 4.2** **Avis concernant la sécurité**
Sans objet
- 4.3** **Mesures prises après l'accident**
Sans objet

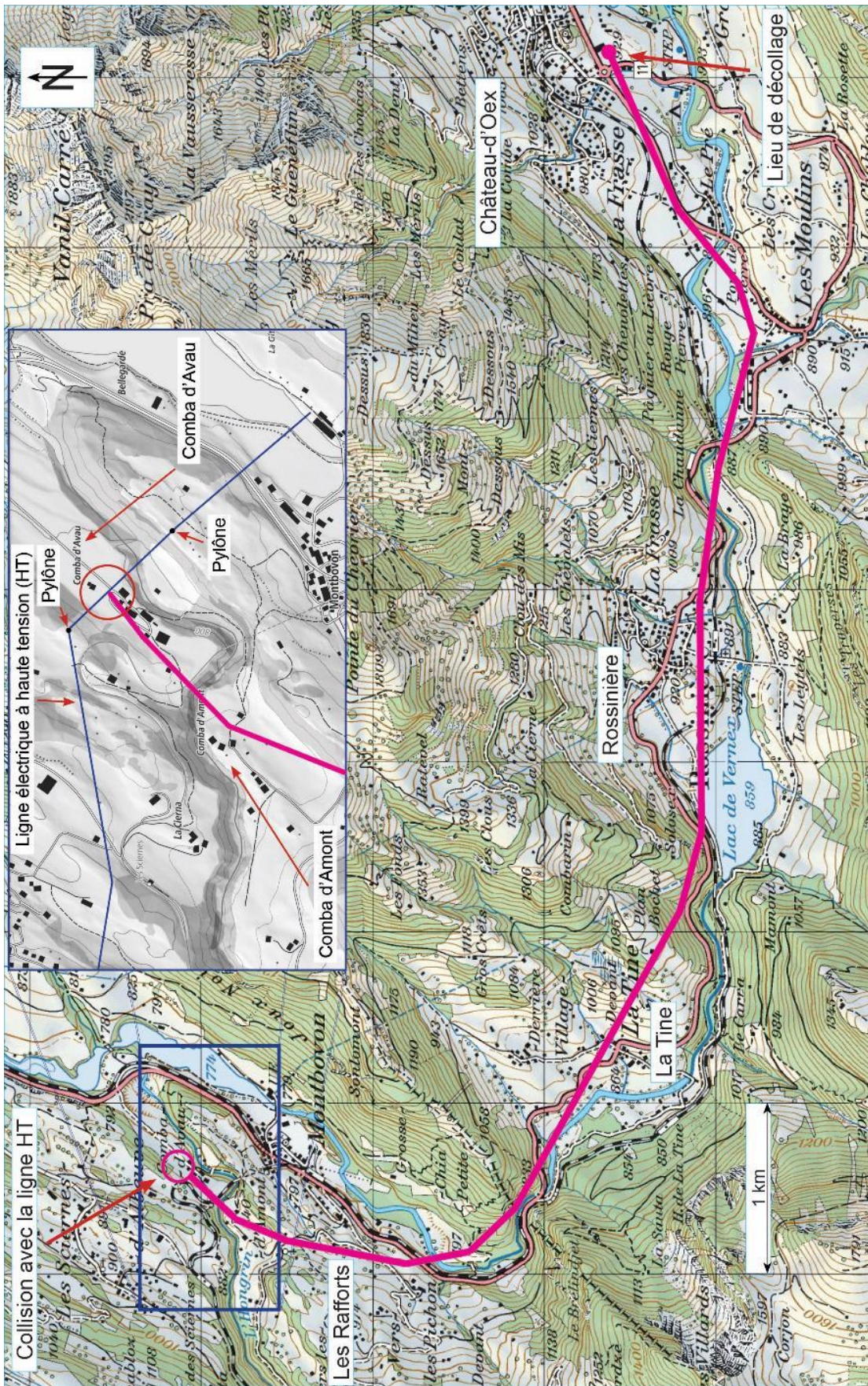
Payerne, 21 mars 2016

Bureau d'enquête du SESE

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, 7 avril 2016

Annexe : vue en plan de la trajectoire estimée du ballon



Carte reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie Swisstopo (JA150149)