

**RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE**
sur la chute d'un siège vide
du télésiège des Granges
survenue le 4 avril 2016
aux Menuires (73)

Juillet 2017

**Bureau d'Enquêtes sur les Accidents
de Transport Terrestre**

Affaire n° BEATT-2016-005

**Rapport d'enquête technique
sur la chute d'un siège vide
du télésiège des Granges
survenue le 4 avril 2016 aux Menuires (73)**

Bordereau documentaire

Organisme commanditaire : Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES)

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT)

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur la chute d'un siège vide du télésiège des Granges survenue le 4 avril 2016 aux Menuires (73)

N° ISRN : EQ-BEAT--17-5--FR

Proposition de mots-clés : télésiège débrayable, bulle, vent, pylône

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 1621-1 à 1622-2 et R. 1621-1 à 1621-26 du code des transports relatifs, notamment, aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents, en déterminant les circonstances et les causes de l'événement analysé et en établissant les recommandations de sécurité utiles. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - L'accident.....	13
1.2 - Le bilan de l'accident.....	14
1.3 - Les mesures prises après l'accident.....	14
1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	15
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	17
2.1 - La station des Menuires.....	17
2.2 - La société d'exploitation.....	17
2.3 - Le télésiège des <i>Granges</i>	17
2.3.1 -Situation dans la station.....	17
2.3.2 -Autorisations administratives.....	19
2.3.3 -Caractéristiques techniques générales.....	19
2.3.4 -Les bulles de protection.....	20
2.3.5 -Les systèmes de sécurité.....	21
2.3.6 -L'exploitation de l'appareil.....	22
3 - COMPTE RENDU DES PREMIÈRES INVESTIGATIONS.....	23
3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages.....	23
3.1.1 -Les déclarations du conducteur de l'installation.....	23
3.2 - L'exploitation des données enregistrées.....	24
3.3 - Les investigations sur le véhicule accidenté.....	26
3.3.1 -Les constats sur la pince débrayable.....	26
3.3.2 -Les constats sur le siège.....	27
3.3.3 -Les constats sur les autres véhicules.....	28
3.4 - Les constats sur le pylône P10.....	29
3.5 - Les constats sur le câble.....	30
3.6 - Conclusions partielles.....	30
4 - APPROFONDISSEMENT DES INVESTIGATIONS.....	31
4.1 - L'identification des conditions du choc.....	31
4.2 - La vérification du respect des règles de gabarit.....	32
4.2.1 -Les règles et normes de gabarit.....	32
4.2.2 -La vérification du respect des règles.....	34
4.3 - La prise en compte des paramètres météorologiques en conception.....	34
4.3.1 -Prise en compte des effets du vent sur les véhicules.....	34

4.3.2 -Mesure et affichage des vitesses de vent.....	34
4.4 - La prise en compte des paramètres météorologiques en exploitation.....	35
4.5 - La fiabilité du système de verrouillage des bulles.....	36
4.6 - L'amortissement des oscillations longitudinales.....	37
4.7 - Retour d'expérience d'événements similaires.....	38
5 - RESTITUTION DU DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....	39
6 - ANALYSE DES CAUSES ET ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	41
6.1 - L'arbre des causes.....	41
6.2 - Les causes de l'événement.....	42
6.3 - Les règles relatives à l'exploitation de l'installation par grand vent.....	42
6.4 - Les informations anémométriques données au conducteur.....	43
6.5 - La maintenance du système de verrouillage des bulles.....	43
6.6 - La prise en compte du risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent dans la réglementation et les normes.....	44
7 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	47
7.1 - Conclusions.....	47
7.2 - Recommandations.....	47
ANNEXES.....	49
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	51
Annexe 2 : Mesures décidées après l'accident.....	52

Glossaire

- **SEVABEL** : Société d'Exploitation de la VAllée des BELleville
- **STRMTG** : Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés
- **TSD** : Télé-Siège à attache Débrayable

Résumé

L'événement concerne le télésiège des *Granges* situé sur le domaine skiable des Menuires.

Le 4 avril 2016 à 12 h 21, alors que le temps était couvert et venteux, et que les anémomètres de l'installation avaient déclenché plusieurs alarmes « vent fort » dans la matinée, un siège vide, oscillant sous l'effet d'une rafale de vent, accroche la passerelle du pylône P10 et tombe au sol.

L'installation s'immobilise après le déclenchement du détecteur de déraillement du pylône concerné.

Après constatation que le câble n'était pas déraillé et que les avaries du câble et du balancier du pylône étaient limitées, une surveillance visuelle a été mise en place et l'appareil a été remis en marche à vitesse réduite pour acheminer en gare les clients présents sur les autres sièges. L'immobilisation puis la récupération des clients ont nécessité une durée totale d'une heure environ.

L'exploitation de l'installation a ensuite été arrêtée dans l'attente des conclusions des enquêtes immédiates et des contrôles.

Elle a repris le 9 avril jusqu'à la fin de la saison avec l'accord du STRMTG, service technique de l'État en charge du contrôle de la sécurité des remontées mécaniques, avec des restrictions en lien avec la vitesse du vent et sous réserve de contrôles hebdomadaires de l'état du câble.

L'enquête a montré que la chute du siège n° 13 est due au choc et à l'accrochage de ce dernier avec l'extrémité de la poutre support des marchepieds du pylône P10. Le choc est la conséquence des oscillations de grande amplitude du siège sous l'effet d'un vent violent et de l'ouverture intempestive de sa bulle de protection. L'accrochage est dû à l'absence de guide anti-engagement à l'extrémité de la poutre du pylône.

L'analyse des causes a conduit à formuler quatre recommandations dans les domaines suivants :

- les règles relatives à l'exploitation de l'installation par grand vent ;
- les informations sur la force et la direction du vent données au conducteur ;
- la maintenance du système de verrouillage des bulles ;
- la prise en compte du risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent dans la réglementation et les normes de gabarit.

1 - Les constats immédiats et l'engagement de l'enquête

1.1 - L'accident

L'événement concerne le télésiège des *Granges* situé sur le domaine skiable des Menuires.

Le 4 avril 2016 à 12 h 21, alors que le temps était couvert et venteux, et que les anémomètres de l'installation avaient déclenché plusieurs alarmes « vent fort » dans la matinée, un siège vide, oscillant sous l'effet d'une rafale de vent, accroche la passerelle du pylône P10 et tombe au sol.

L'installation s'immobilise après le déclenchement du détecteur de déraillement du pylône concerné.

Après constatation que le câble n'était pas déraillé et que les avaries du câble et du balancier du pylône étaient limitées, une surveillance visuelle a été mise en place et l'appareil a été remis en marche à vitesse réduite pour acheminer en gare les clients présents sur les autres sièges. L'immobilisation puis la récupération des clients ont nécessité une durée totale d'une heure environ.

L'exploitation de l'installation a ensuite été arrêtée en attente des conclusions des enquêtes immédiates et des contrôles.



Figure 1 : Vue de l'installation avec le siège tombé au sol

1.2 - Le bilan de l'accident

L'événement n'a fait aucune victime le siège concerné étant vide et l'évacuation des usagers s'étant déroulée sans problème notable.

Outre au siège n° 13 qui est tombé, les dégâts matériels apparents sont limités au balancier du pylône n° 10 dont deux passerelles sont tordues et les quatre galets aval sont marqués ainsi qu'au câble dont les fils extérieurs ont été marqués sur 75 cm par le glissement de l'attache du siège concerné.

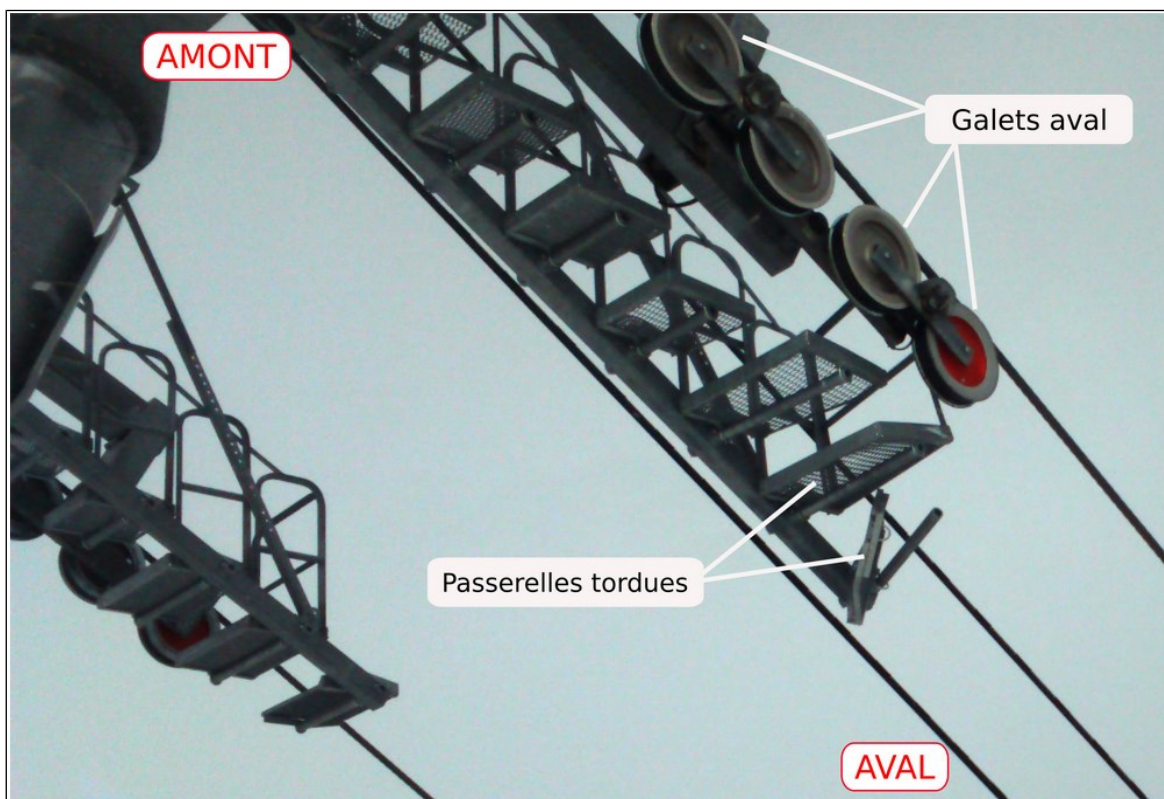


Figure 2 : Avaries du balancier du pylône n° 10

1.3 - Les mesures prises après l'accident

Après l'évacuation des usagers, l'exploitant SEVABEL a arrêté l'installation en attente des conclusions des enquêtes et des contrôles.

L'enquête immédiate de l'exploitant et celle du STRMTG réalisée au lendemain de l'accident ont conclu que la chute du siège était très probablement due aux oscillations excessives du siège sous l'effet du vent et de l'ouverture intempestive de la bulle de protection. Ces oscillations ont provoqué l'engagement du gabarit de la passerelle du pylône, puis le choc du siège contre la passerelle qui a conduit à l'arrachement de l'attache du siège au câble.

L'exploitation de l'installation a repris le 9 avril jusqu'à la fin de la saison en accord avec le STRMTG, avec des restrictions en lien avec la vitesse du vent et sous réserve de contrôles hebdomadaires de l'état du câble.

1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances et du contexte de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 8 avril 2016 une enquête technique en application de l'article L 342-8 du code du tourisme et des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 du code des transports.

Les enquêteurs techniques du BEA-TT se sont rendus sur place. Ils ont rencontré notamment les représentants de l'exploitant, du constructeur, du maître d'œuvre du télésiège des Granges ainsi que ceux du STRMTG.

Ils ont eu communication de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à leur enquête, notamment les rapports d'enquête de l'exploitant, du STRMTG et de la commune Les Belleville.

Ils ont entendu le conducteur de l'installation en service le jour de l'accident.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - La station des Menuires

La station des Menuires est située sur le territoire de la commune de Saint-Martin-de-Belleville à une altitude de 1850 m environ.

Son domaine skiable qui intègre celui de Saint-Martin-de-Belleville se situe entre 1450 m et 2850 m. Il comporte 160 km de pistes et 47 remontées mécaniques.

Elle fait partie du grand domaine des Trois Vallées avec notamment les stations de Courchevel, Méribel et Val-Thorens.

2.2 - La société d'exploitation

Les remontées mécaniques du domaine des Menuires sont exploitées par la société d'exploitation de la vallée des Belleville (SEVABEL) dans le cadre d'une concession de service public de la commune de Saint-Martin-de-Belleville (devenue en 2016 commune nouvelle Les Belleville) valable de 1991 à 2021.

La SEVABEL a débuté son activité en 1989 et fait maintenant partie du groupe Compagnie des Alpes.

Elle est titulaire notamment d'une certification ISO 9001 pour les activités d'exploitation de ses remontées mécaniques.

Elle emploie 78 permanents dont 12 administratifs et, pendant la saison hivernale, son effectif s'élève à 250 personnes environ.

La conduite des appareils est confiée à des personnels permanents ou saisonniers.

La maintenance est réalisée principalement pendant l'été par les personnels permanents. Pendant l'hiver la maintenance se réduit aux opérations de vérification et d'entretien courant.

Son parc de remontées est divisé en quatre secteurs géographiques : Masse, Reberty/Bruyères, les Menuires et Saint-Martin. Chacun est dirigé par un chef de secteur qui gère l'exploitation et la maintenance des installations qui lui sont affectées.

2.3 - Le télésiège des Granges

2.3.1 - Situation dans la station

Ce télésiège permet d'atteindre le sommet du Roc des Trois Marches situé sur la crête entre la vallée des Belleville et la vallée des Allues. Il permet ainsi de rejoindre le domaine de Courchevel depuis les Menuires et Saint-Martin-de-Belleville.

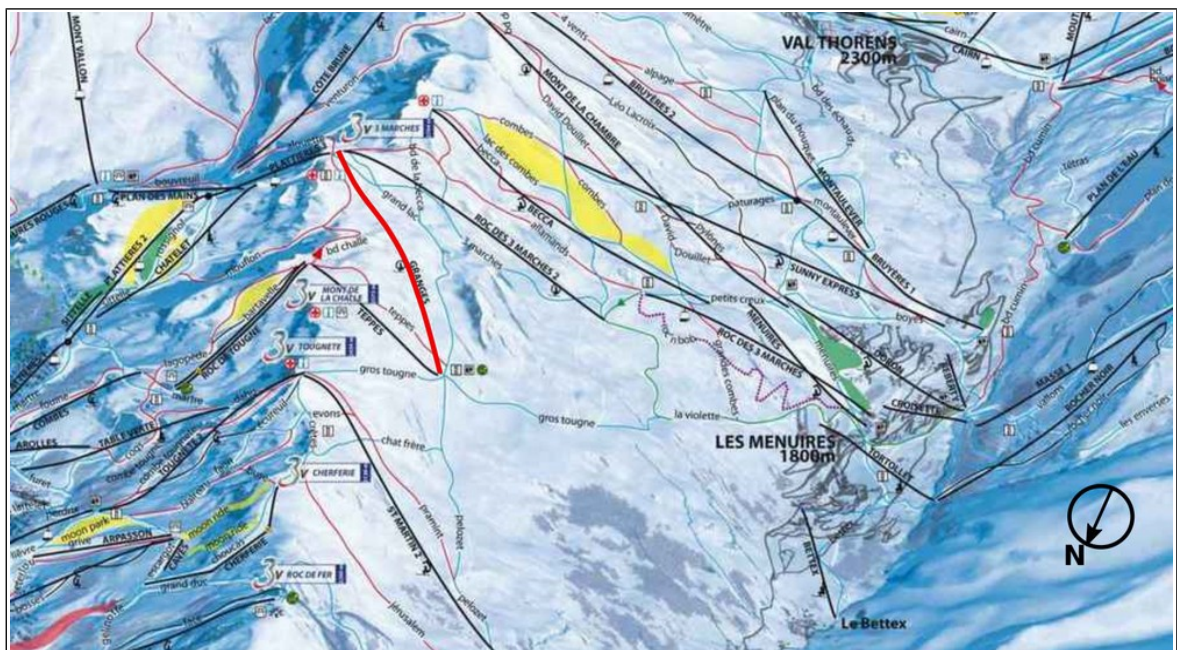


Figure 3 : Situation du télésiège des Granges dans la station des Menuires

Le tracé du télésiège des Granges est orienté du nord-ouest vers le sud-est comme le montre la vue ci-après.

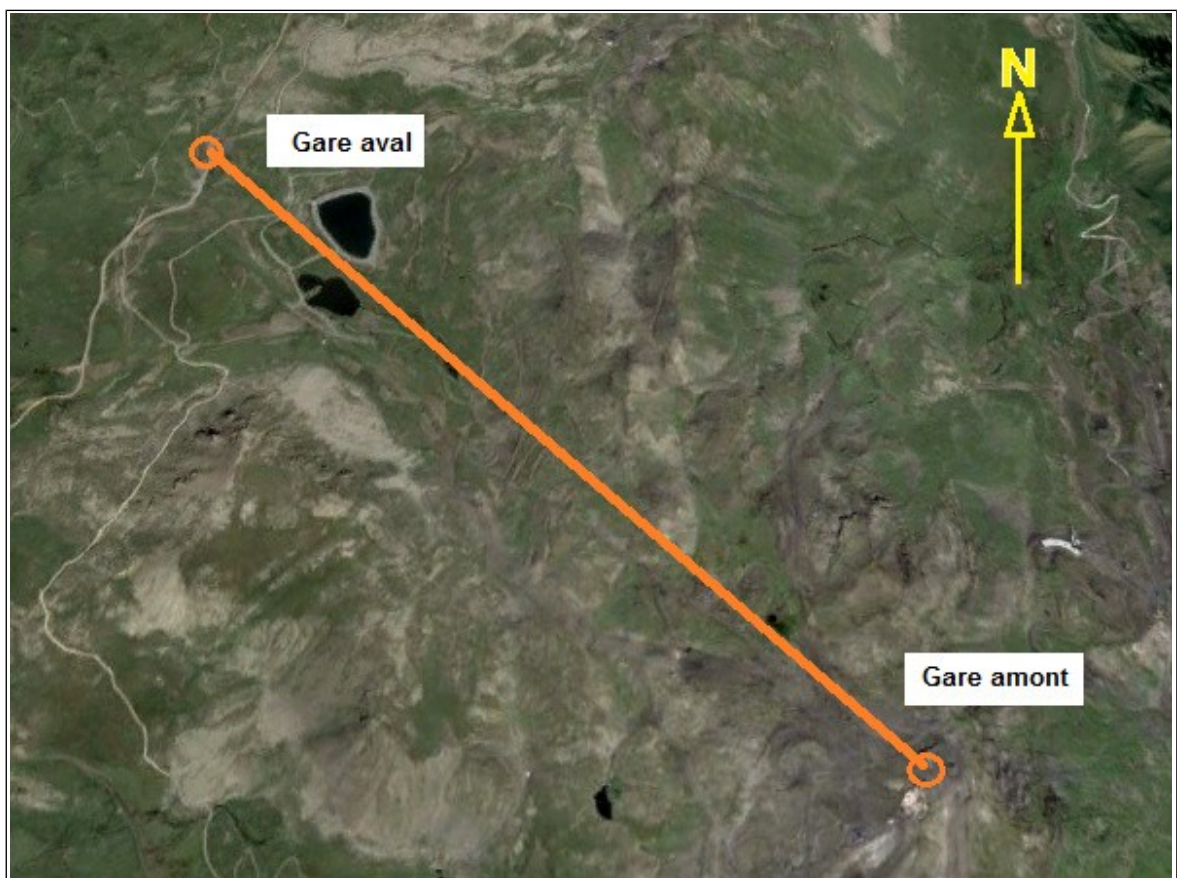


Figure 4 : Orientation du tracé du télésiège des Granges

2.3.2 - Autorisations administratives

Le règlement d'exploitation particulier du TSD des Granges, son règlement de police particulier¹ et son plan de sauvetage ont été approuvés par le préfet de Savoie le 16 décembre 2004.

Son autorisation d'exploitation a été délivrée par le maire de Saint-Martin-de-Belleville le 17 décembre 2004.

2.3.3 - Caractéristiques techniques générales



Figure 5 : Gare de départ du télésiège des Granges

L'appareil concerné est un télésiège à attaches débrayables (TSD) à 6 places dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

Constructeur : Leitner	Mise en service : décembre 2004
Longueur : 2328 m	Débit : 1800 p/h
Altitude départ : 2252 m	Altitude arrivée : 2702 m
Pente moyenne : 19,81 %	Pente maximale : 63 %
Vitesse nominale en ligne : 5 m/s	Nombre de pylônes : 20
Sens de la montée : à gauche	Descente interdite

Les principaux éléments d'un véhicule sont explicités sur la figure ci-après.

1 La version du règlement de police en vigueur lors de l'incident date du 12 janvier 2015.

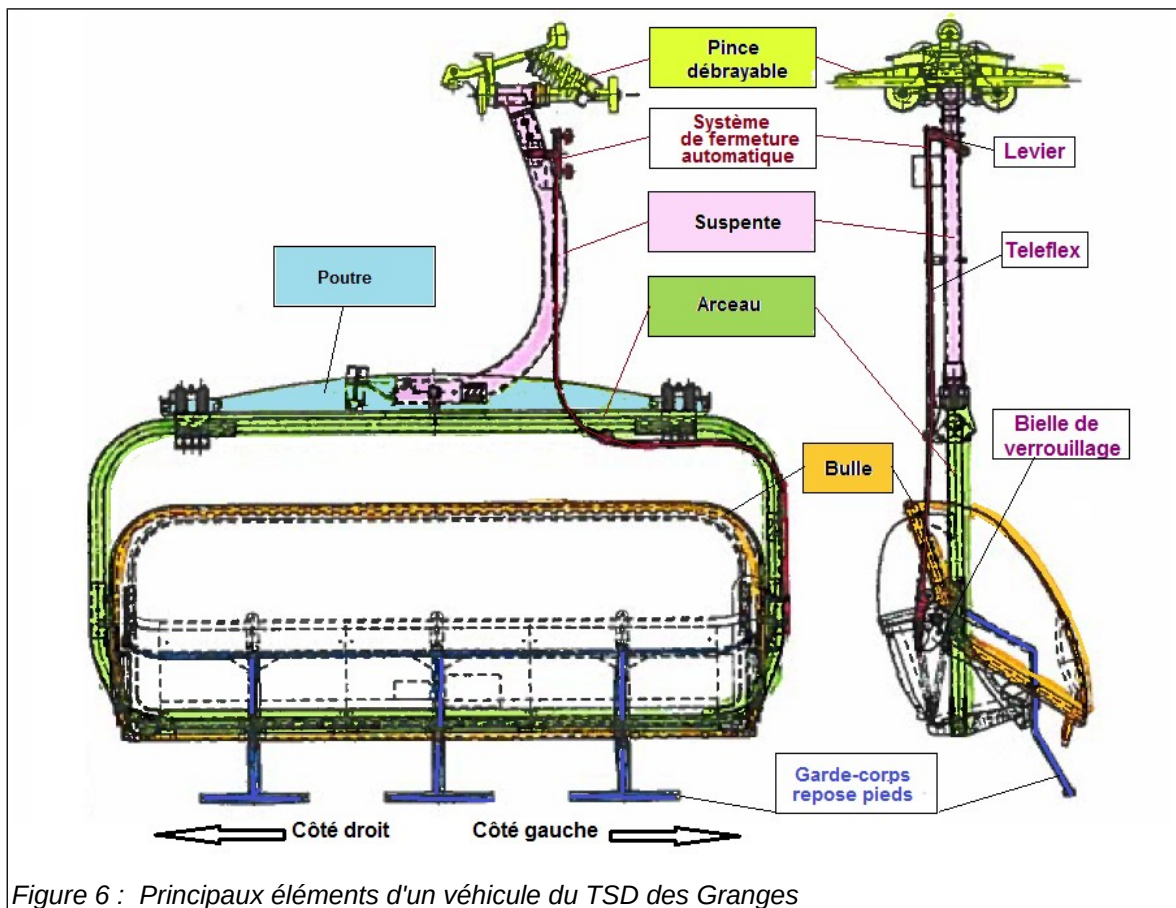


Figure 6 : Principaux éléments d'un véhicule du TSD des Granges

2.3.4 - Les bulles de protection

Les sièges sont équipés de bulles de protection transparentes destinées à protéger les usagers du froid et du vent pendant les trajets.

Ces bulles se ferment soit manuellement, à l'initiative des usagers, soit, pour les sièges vides, automatiquement, par un système de fermeture et de verrouillage automatique. Ce système comporte, en station, un dispositif de contrôle de présence de passager qui provoque la mise en position active des rails de manœuvre.

Au passage d'un siège, ces rails de manœuvre actionnent le levier situé sur la suspente puis la bulle et la bielle de verrouillage située sur le côté gauche du siège par l'intermédiaire d'une transmission souple appelée **Téléflex**.



Figure 7 : Siège complet avec sa bulle de protection fermée

Lorsque le siège n'est pas vide, à tout moment pendant la montée, les passagers ont la possibilité d'ouvrir ou de refermer la bulle.

À l'arrivée en gare haute, la bulle est ouverte par l'action des passagers, avant le garde-corps ou en même temps.

La bulle n'est pas verrouillée en position. Elle a deux positions stables, ouverte ou fermée dans lesquelles elle est maintenue par l'action d'un système de ressorts de rappel.

Le tarage de ces ressorts est relativement faible car il ne doit pas empêcher la manœuvre de la bulle par un usager ayant une force limitée tel qu'un adolescent ou une personne âgée.

Lorsque le siège est vide, après avoir fermé la bulle, le système automatique actionne un levier de verrouillage qui empêche sa réouverture. À l'arrivée en station haute, la bulle est automatiquement ouverte puis refermée et reverrouillée. Elle est ouverte à nouveau à son arrivée en station basse.

Le bon fonctionnement de ce système est important pour la sécurité en cas de vent car les sièges sont plus exposés au risque d'oscillations lorsqu'ils sont vides et les bulles présentent une prise au vent plus importante lorsqu'elles sont ouvertes.

2.3.5 - Les systèmes de sécurité

Le système de surveillance du vent

L'appareil est équipé de trois anémomètres situés sur les pylônes P6, P14 et en gare haute. Les vitesses de vent relevées sont affichées dans le local de commande de l'installation en gare haute et dans la guérite en gare basse. Le seuil d'alarme « vent fort » est réglé à 15 m/s. En cas de dépassement de ce seuil, une alarme sonore de type « klaxon » avertit le conducteur.

Autre système impliqué dans l'événement

Les balanciers des pylônes sont munis de détecteurs de déraillement du câble.

Les différents détecteurs sont reliés par une ligne de sécurité et provoquent l'arrêt automatique de l'installation en cas de déclenchement.

2.3.6 - L'exploitation de l'appareil

Elle se fait sous la responsabilité du conducteur qui a autorité sur les autres personnels d'exploitation.

Les missions à assurer en exploitation sont les suivantes :

- le service du poste de commande (qui inclut la surveillance des paramètres techniques et météorologiques) ;
- la surveillance de l'installation et l'entretien courant des stations, des véhicules et de la ligne ;
- la surveillance de l'embarquement des usagers et l'entretien de l'aire d'embarquement ;
- la surveillance du débarquement des usagers et l'entretien de l'aire de débarquement.

L'équipement minimal en personnel est constitué par le conducteur en gare haute, où se trouvent le local de commande et la motorisation, et le responsable de la gare basse.

Il peut s'y ajouter un ou deux employés supplémentaires en gare basse selon les conditions d'affluence.

L'exploitation est régie par un règlement d'exploitation particulier élaboré par l'exploitant et approuvé par le préfet.

L'article 15 de ce règlement est consacré à l'exploitation en cas de vent ou d'orage.

ARTICLE 15 - Exploitation en cas de vent, d'orage

S'il y a menace de vent, la surveillance de la ligne doit être accrue et une attention particulière doit être apportée aux indications de l'anémomètre.

L'exploitation normale cessera dès que le vent atteindra une vitesse de 20 m/s.

En tout état de cause, l'exploitation devra cesser lorsque l'inclinaison des sièges risquera d'entraîner des situations dangereuses.

L'exploitation cessera par temps d'orage ou s'il y a menace manifeste de coup de vent, d'orage ou de tempête. Si ces circonstances atmosphériques apparaissent en cours d'exploitation, les passagers seront amenés en stations avec le maximum de précautions (vitesse réduite, surveillance accrue de la ligne, etc.).

Figure 8 : Extrait du règlement d'exploitation particulier

3 - Compte rendu des premières investigations

3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages

Les résumés présentés ci-dessous sont établis par les enquêteurs techniques sur la base des déclarations, orales ou écrites, dont ils ont eu connaissance. Ils ne retiennent que les éléments qui paraissent utiles pour éclairer la compréhension et l'analyse des événements et pour formuler des recommandations. Il peut exister des divergences entre les différents témoignages recueillis ou avec les constats ou les analyses présentés par ailleurs.

3.1.1 - Les déclarations du conducteur de l'installation

Le conducteur en poste au moment de la chute du siège a été entendu par le BEA-TT le 16 juin 2016.

Sur son parcours professionnel

Il est entré en 1974 à la SEVABEL où il est conducteur de télésièges débrayables depuis 2006.

Il est employé permanent (non-saisonnier) et s'occupe également de la maintenance du télésiège des Granges.

Sur sa formation

S'agissant de la conduite, il a appris sur le tas en double avec un autre conducteur.

S'agissant de la maintenance, il a été formé essentiellement par compagnonnage et a suivi une formation de maintenance des pinces délivrée par POMA.

Sur la maintenance des bulles et des téléflex

Il a été en double pendant 1 mois avec « un ancien ».

Il n'y a pas vraiment de cote à vérifier.

Son chef de secteur passe parfois pour vérifier le travail de maintenance.

Sur le télésiège des Granges

Le site est sensible au vent.

Au niveau du pylône P10 et du lac, le vent y est plus fort à cause du profil horizontal du tracé à cet endroit.

Comparé aux autres télésièges, celui-ci est plus sensible au vent.

Une à deux fois par jour, le conducteur constate un siège vide qui arrive ouvert.

Sur la surveillance du vent

Elle est laissée à l'appréciation des conducteurs. Il baisse la vitesse quand les oscillations des sièges sont trop fortes.

Il ne peut cependant pas voir toute la ligne, en particulier, il ne voit pas la partie horizontale (au niveau du lac et du P10).

Il se base aussi sur ce que peuvent lui dire les clients quand ils descendent des télésièges.

Il arrête l'installation quand le vent longitudinal est de l'ordre de 17-18 m/s, ou le vent latéral de 13-14 m/s après avoir téléphoné au chef d'exploitation pour prendre son avis.

Il n'y a pas de pression hiérarchique l'incitant à continuer l'exploitation malgré le vent. Il n'y a pas non plus de contrainte de massif sur cet appareil (pour ne pas laisser des clients sans moyen de retour en station).

Sur l'évènement

Il y avait un vent du sud tourbillonnant ce jour-là, ce qui arrive parfois mais qui n'est pas le plus habituel.

Il a réduit la vitesse à 4 m/s vers 10 h-10 h 30 à cause du vent, et il a acquitté l'alarme « vent » environ 6 fois dans la matinée.

Au moment de la chute du siège, il était dehors à surveiller le débarquement.

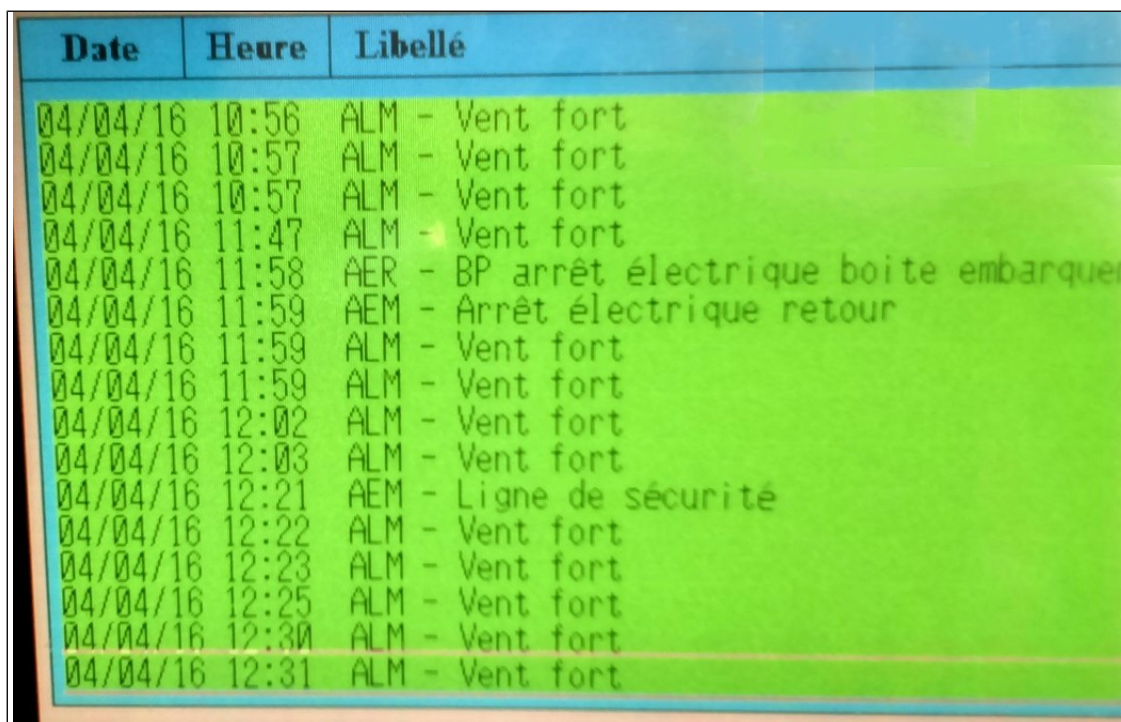
Il a eu une alarme « ligne de sécurité » (ouverture de la ligne de sécurité détectant les déraillements de câble). Il a envoyé un de ses agents voir ce qui était arrivé.

Après avoir eu l'information du siège tombé, ils ont rapatrié les clients bloqués en ligne en shuntant la sécurité du pylône P10, avec un agent sur place pour surveiller.

3.2 - L'exploitation des données enregistrées

La visualisation de la mémoire du système de contrôle commande du TSD des Granges montre que de nombreuses alarmes « vent fort » indiquant des rafales à plus de 15 m/s ont été enregistrées depuis la mise en service de l'installation le matin à 9 heures.

L'arrêt par déclenchement de la ligne de sécurité apparaît à 12 h 21.



Date	Heure	Libellé
04/04/16	10:56	ALM - Vent fort
04/04/16	10:57	ALM - Vent fort
04/04/16	10:57	ALM - Vent fort
04/04/16	11:47	ALM - Vent fort
04/04/16	11:58	AER - BP arrêt électrique boîte embarquer
04/04/16	11:59	AEM - Arrêt électrique retour
04/04/16	11:59	ALM - Vent fort
04/04/16	11:59	ALM - Vent fort
04/04/16	12:02	ALM - Vent fort
04/04/16	12:03	ALM - Vent fort
04/04/16	12:21	AEM - Ligne de sécurité
04/04/16	12:22	ALM - Vent fort
04/04/16	12:23	ALM - Vent fort
04/04/16	12:25	ALM - Vent fort
04/04/16	12:30	ALM - Vent fort
04/04/16	12:31	ALM - Vent fort

Figure 9 : Visualisation des événements enregistrés

Un des trois anémomètres de l'installation, celui du P6 était hors service comme il apparaît sur la figure suivante.

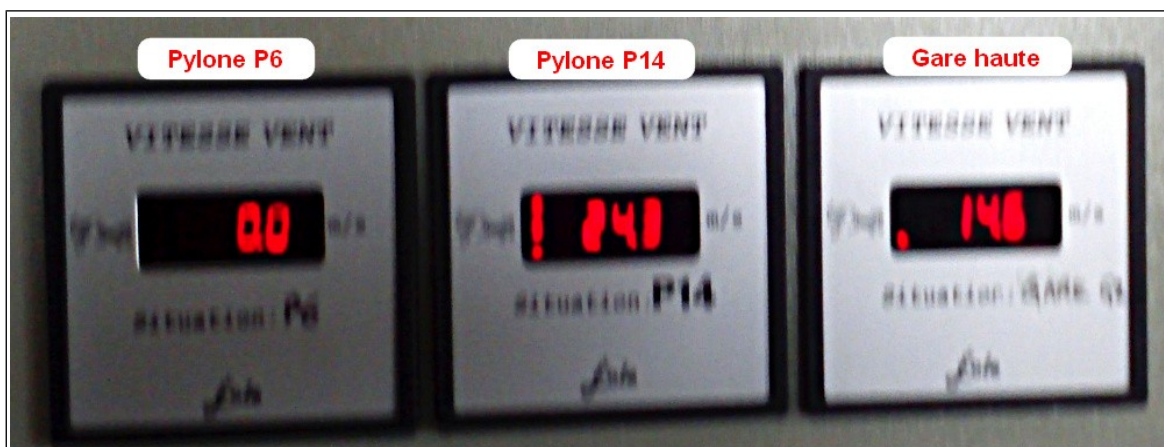


Figure 10 : Indicateurs anémométriques sur le tableau de contrôle de l'installation, photographiés le lendemain de l'accident

La vitesse du vent n'est pas enregistrée sur cette installation mais le télésiège Roc 2 dont la gare d'arrivée est située à proximité immédiate de celle du TSD des Granges possède un enregistrement des données anémométriques. Pour la matinée du 4 avril 2016, les vitesses de vent enregistrées en gare haute et sur le pylône P5 apparaissent sur la figure suivante.

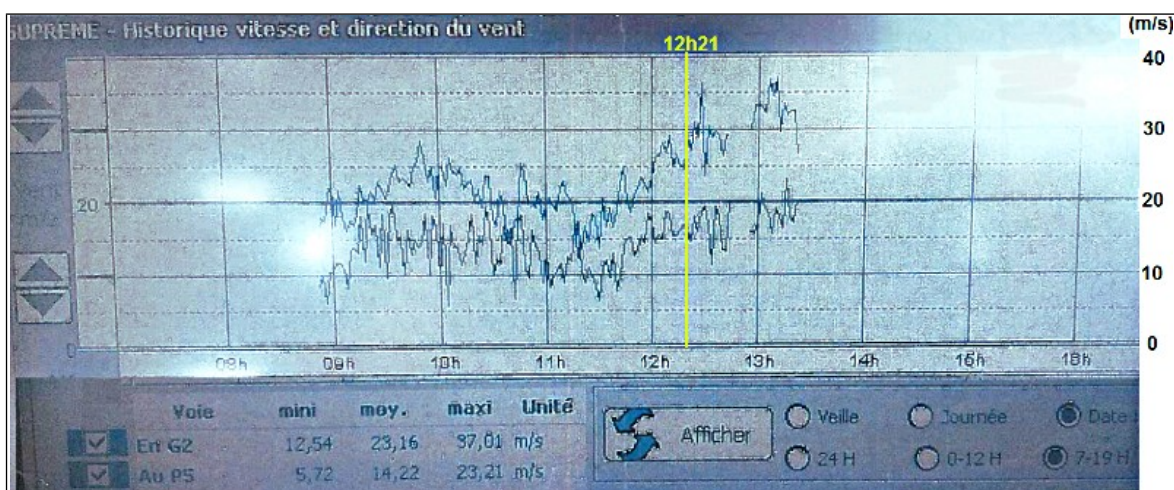


Figure 11 : Vitesse du vent sur le TSD Roc 2

On voit qu'à partir de 11 h 45, la vitesse du vent est constamment supérieure à 20 m/s en gare haute et supérieure à 25 m/s depuis 12 h. On peut penser que les conditions n'étaient pas très différentes pour le TSD des Granges.

Par ailleurs, la figure 10 montre que la vitesse du vent en gare haute peut être notablement inférieure à celle relevée au niveau du pylône 14. Il n'est donc pas impossible que le vent ait dépassé les 25 m/s au droit de certains pylônes intermédiaires.

3.3 - Les investigations sur le véhicule accidenté

Le siège n° 13 repose sur sa bulle en position d'ouverture et se trouve tourné vers l'aval. Il a donc pivoté de 180° par rapport à sa position initiale, tournée vers l'amont pour un parcours de montée. La pince et la suspente sont enfoncées dans la neige.



Figure 12 : Siège retourné vers l'aval

3.3.1 - Les constats sur la pince débrayable

Après dégagement, on constate que la pince ne présente que des détériorations superficielles sur le galet amont et sur l'extrémité aval du mors.



Figure 13 : Vue des dégâts superficiels de la pince

Le ressort qui assure le serrage du mors sur le câble est bien en place et en bon état.

3.3.2 - Les constats sur le siège

La bulle présente divers dommages. Notamment, la fixation d'un des deux ressorts de rappel de la bulle situé du côté gauche du siège est cassée.

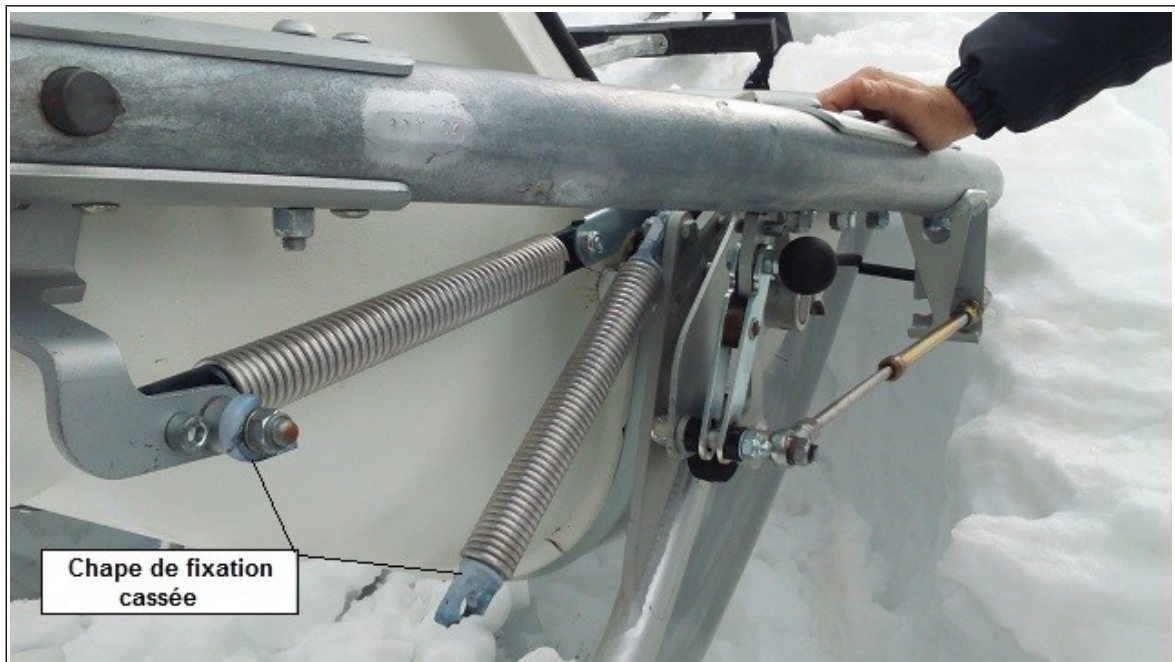


Figure 14 : Vue des dégâts sur le dispositif d'actionnement de la bulle du siège

Au vu de l'aspect du faciès de rupture, il apparaît que cette avarie est très probablement une conséquence de la chute du siège.

Sur la partie droite de la poutre, on observe une trace de choc sur le bord supérieur et, à proximité, une forte éraflure sur l'arceau.

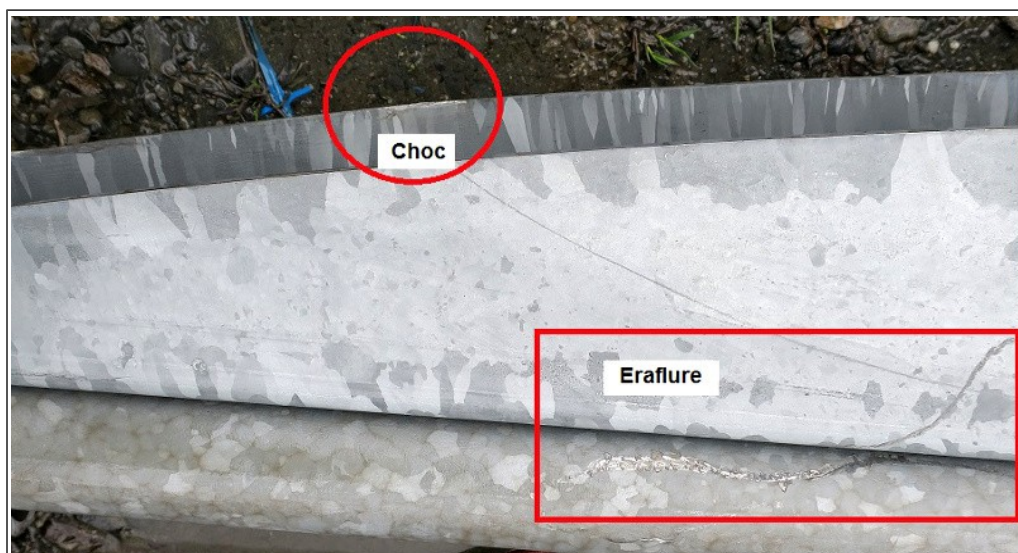


Figure 15 : Traces sur la poutre et arceau du siège

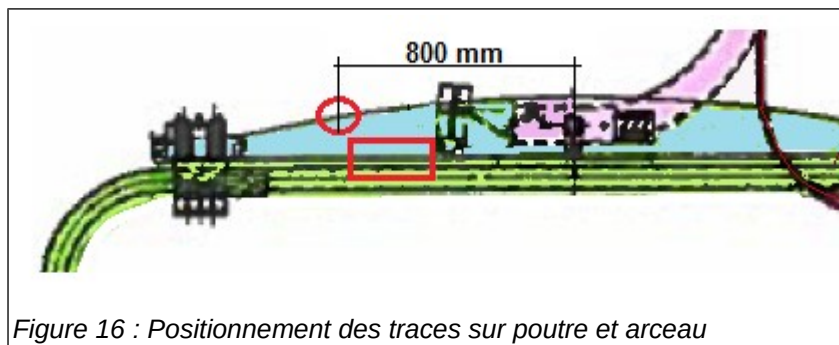


Figure 16 : Positionnement des traces sur poutre et arceau

3.3.3 - Les constats sur les autres véhicules

Deux véhicules vides arrêtés entre les pylônes P9 et P10 ont leur bulle en position ouverte.

Cette situation est anormale, les bulles des sièges vides étant normalement fermées et verrouillées par le système automatique situé en station.



Figure 17 : Siège vide avec sa bulle ouverte

Sur le véhicule n° 72 présent en station, le STRMTG a constaté le mauvais positionnement de la transmission téléflex sur la bielle de verrouillage de la bulle.

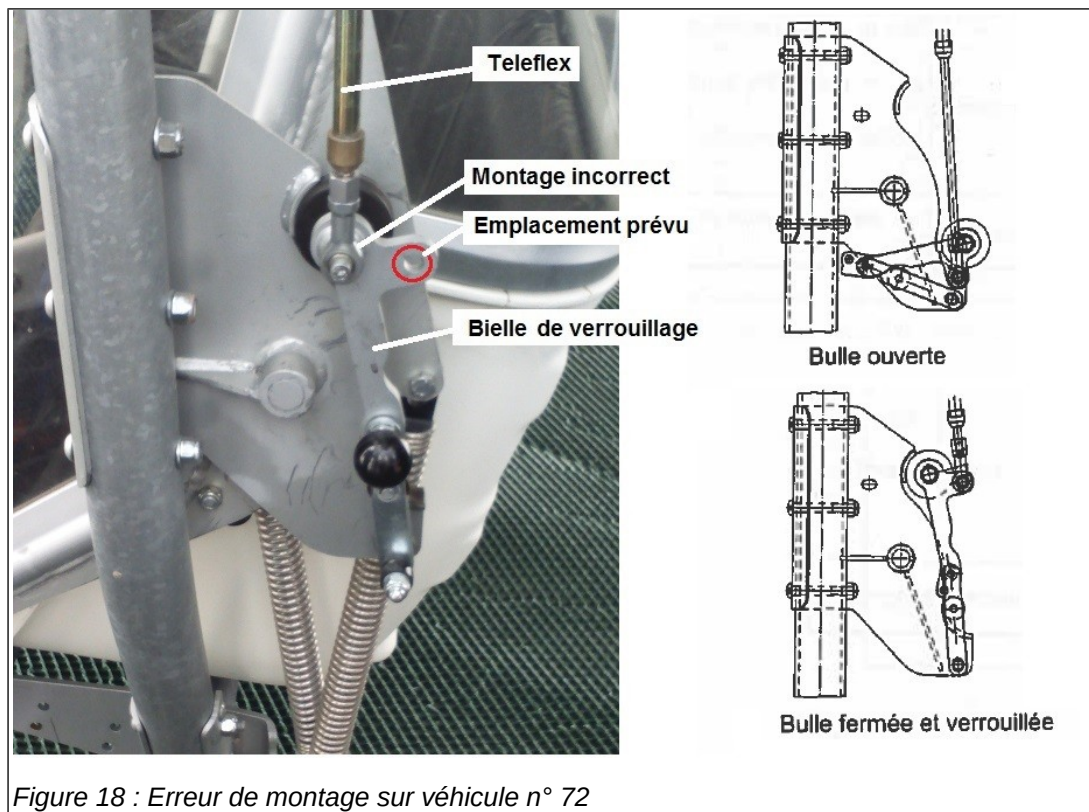


Figure 18 : Erreur de montage sur véhicule n° 72

Ce montage ne permet pas le verrouillage de la bulle en position fermée. Toutefois cette erreur n'a pas été retrouvée par l'exploitant sur d'autres véhicules et notamment pas sur le véhicule n° 13 accidenté.

3.4 - Les constats sur le pylône P10

À l'entrée du balancier du pylône P10, le premier marche-pied est tordu et partiellement arraché de son support.

Le deuxième marche-pied ainsi que le garde-corps qu'il supporte sont également touchés mais plus légèrement. (voir figure 2).

Le premier galet d'entrée du balancier est fortement marqué. Les trois galets suivants sont plus légèrement marqués.

Aucune trace n'est relevée sur le fût du pylône.



Figure 19 : Galet d'entrée fortement marqué

3.5 - Les constats sur le câble

À l'endroit où le siège n° 13 était attaché, on observe des traces de glissement des mors et une usure superficielle des fils extérieurs du câble sur une longueur de 75 cm.

Le contrôle effectué par la société Alpes-Verif le lendemain de l'accident conclut que ces détériorations ne s'opposent pas au maintien en service du câble sous réserve d'un contrôle visuel hebdomadaire de la zone concernée par l'exploitant et d'un contrôle magnétoscopique annuel.

3.6 - Conclusions partielles

À ce stade de l'enquête, il apparaît de façon sûre que :

- la chute du siège n° 13 est la conséquence d'un choc de celui-ci contre un élément du pylône P10 ;
- la vitesse du vent dépassait, en gare haute, depuis plus d'une demi-heure, les 20 m/s au-delà desquels l'installation devait être arrêtée ;
- le système de verrouillage des bulles ne garantissait pas de façon fiable leur maintien en position fermée.

Dans ces conditions, le scénario le plus probable est que l'ouverture de la bulle ayant augmenté la prise au vent du siège, ses oscillations ont été assez fortes pour qu'il vienne heurter le balancier du pylône.

4 - Approfondissement des investigations

4.1 - L'identification des conditions du choc

Les premières investigations ont permis de localiser précisément le premier impact sur l'extrémité de la poutre supportant les marchepieds du balancier.



Figure 20 : Localisation du point d'impact initial

Les épures réalisées par le constructeur permettent de mettre en correspondance le point d'impact identifié sur la poutre du balancier et celui situé sur le siège.

Le schéma ci-après montre que les deux points d'impact sont à la verticale l'un de l'autre pour un angle d'oscillation transversale de 0,34 radian.

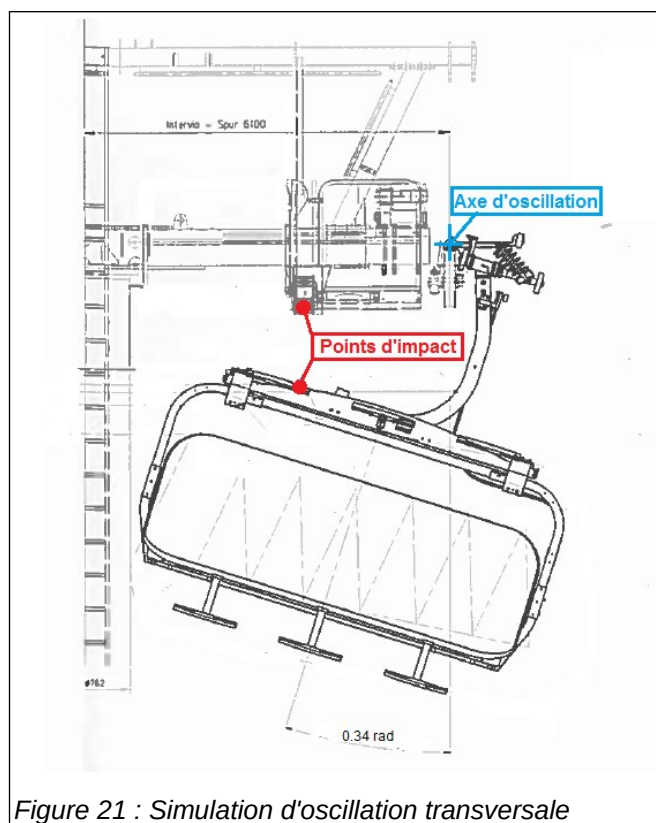
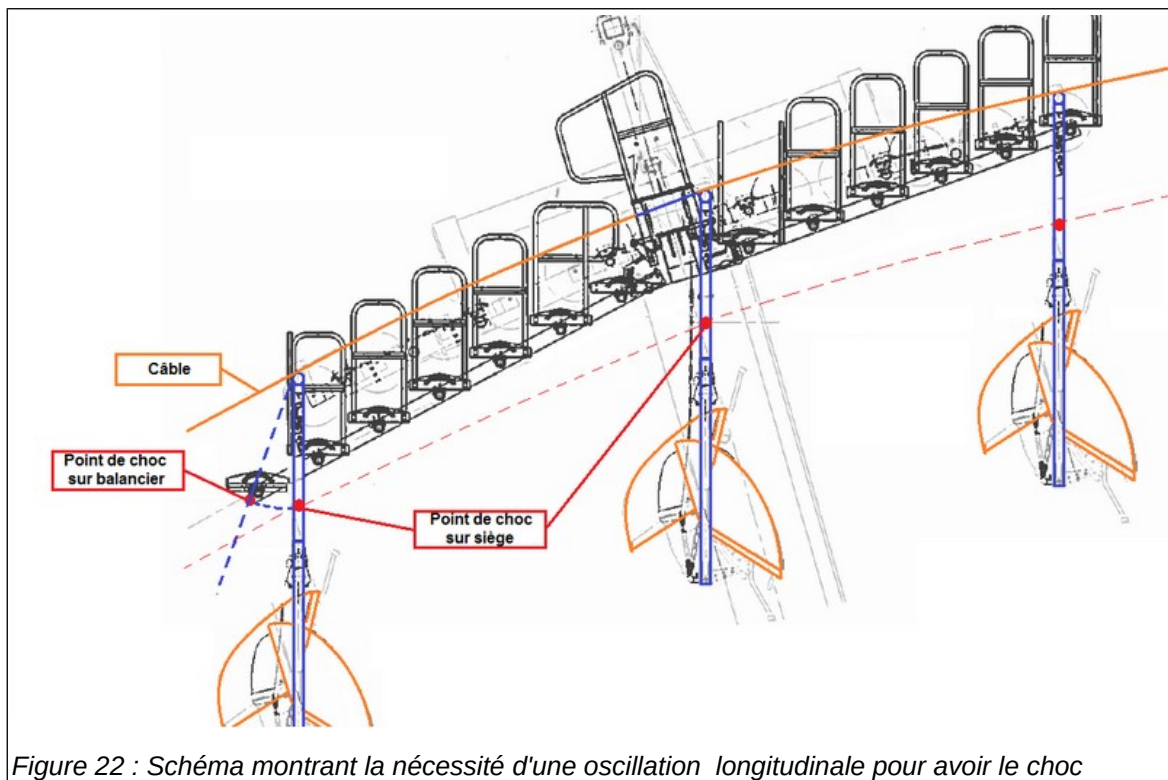


Figure 21 : Simulation d'oscillation transversale

Le report du schéma ci-dessus (avec le siège incliné transversalement de 0,34 radian) sur le profil du balancier du pylône n° 10 montre également qu'en l'absence d'oscillation longitudinale, les points d'impact du siège et du balancier ne peuvent pas coïncider.



En revanche, le schéma montre que l'entrée aval est le point où le siège est le plus proche du gabarit du balancier, et qu'en cas d'oscillation longitudinale s'ajoutant à l'oscillation transversale, le choc peut avoir lieu.

Avec les cotes théoriques du balancier et du siège, on détermine qu'avec un angle d'oscillation longitudinale de 0,34 radian, les points de choc du balancier et du siège sont en correspondance.

Cependant, la vérification sur le terrain a permis de constater qu'une inclinaison longitudinale du siège de 0,34 rad ne suffisait à mettre en contact les points de choc.

À partir des cotes du balancier mesurées sur le terrain, le constructeur a déterminé que l'angle d'inclinaison longitudinale du siège devait être de 0,42 rad.

À ce stade, il apparaît donc que le choc du siège contre l'extrémité du balancier du pylône n° 10 a été causé par la concomitance d'une oscillation transversale du siège de 0,34 rad et d'une oscillation longitudinale d'environ 0,42 rad.

4.2 - La vérification du respect des règles de gabarit

4.2.1 - Les règles et normes de gabarit

Lors de la conception et de la mise en service du TSD des Granges, les règles en vigueur étaient contenues dans **l'instruction ministérielle du 17 mai 1989** concernant la construction et l'exploitation des téléphériques à voyageurs.

Dans son article 2.1212 relatif au gabarit de passage transversal, elle impose d'abord de calculer le déplacement angulaire α d'un véhicule dans le cas le plus défavorable de charge et de vent admis en exploitation. Ensuite le dégagement du gabarit est vérifié avec un angle $\alpha' = 0,30$ rad si $\alpha \leq 0,20$ rad ou avec un angle $\alpha' = \alpha + 0,10$ rad si $\alpha > 0,20$ rad.

Dans son article 2.1215 relatif au gabarit de passage longitudinal, l'instruction stipule qu'une oscillation longitudinale de 0,35 rad doit pouvoir être atteinte sans contact avec les câbles ou leurs supports. Contrairement au cas des oscillations transversales, l'instruction n'impose pas de déterminer, par le calcul ou par des essais, l'amplitude maximale des oscillations longitudinales du siège en exploitation.

L'instruction ne précise pas, non plus, si la superposition des oscillations transversales et longitudinales est à prendre en compte.

D'autres documents sont parus après la mise en service du TSD des Granges.

La norme NF EN 12929-1² « Prescriptions de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes » est parue en décembre 2004. Elle précise dans son article 6.2 les prescriptions relatives à « l'espace enveloppe » des téléphériques.

Pour les véhicules ouverts vides, elle prévoit la prise en compte d'oscillation transversales et d'oscillations longitudinales d'au moins 0,34 rad. Elle précise au point 6.2.1 que « les effets transversaux et longitudinaux ne doivent pas être superposés ».

Elle ne demande pas que les amplitudes maximales des oscillations, dans les cas les plus défavorables de charge et de vent, soient évaluées par le calcul ou par des essais.

Sa dernière édition, datée de 2015, n'apporte pas de changement sur ces points.

Le guide technique RM2 « Conception générale et modification substantielle des téléphériques » édité par le STRMTG et dont la première version date de décembre 2004, prévoit, pour la détermination du gabarit de passage aux pylônes, la prise en compte d'oscillations longitudinales de 0,34 rad et d'oscillations transversales identiques à celles prescrites par l'instruction de 1989.

Comme la norme, le guide RM2 stipule clairement qu'il n'y a pas d'obligation de superposer les effets longitudinaux et transversaux.

Au total, ni les règles françaises ni la norme européenne n'imposent de vérifier par le calcul ou par des essais que les oscillations longitudinales ne dépasseront jamais, en exploitation, les 0,34 ou 0,35 rad pris en compte dans les calculs du gabarit de passage³. Or cette limite a bien été dépassée puisque le choc a eu lieu avec un angle d'oscillation longitudinale de 0,42 rad.

Par ailleurs, ni les règles françaises ni la norme européenne ne prescrivent de prendre en compte la superposition des oscillations longitudinales et transversales. Or c'est bien la superposition de ces deux oscillations qui a conduit au choc entre le siège et le balancier.

2 Cette norme fait partie du corpus des normes européennes concernant les installations à câbles transportant des personnes. Sur certains points, les États-membres peuvent édicter des exigences nationales qui s'en écartent au titre du principe de subsidiarité.

3 Ce point avait déjà été souligné par le BEA-TT dans son rapport d'enquête technique sur la chute de cinq cabines de la télécabine « Aup-de-Véran » survenue le 13 octobre 2011 sur le domaine skiable de Flaine (paragraphes 3.8.3 et 5.4).

4.2.2 - La vérification du respect des règles

Le constructeur a fait effectuer des essais en soufflerie en décembre 2000. Dans les conditions les plus défavorables admises en exploitation, l'inclinaison latérale maximale a été d'environ 0,14 rad. Elle a été obtenue dans la configuration siège vide et bulle ouverte.

Avec ces résultats le constructeur était conduit à prendre en compte, pour le dégagement du gabarit :

- d'après l'instruction de 1989, des angles de 0,30 rad dans le sens transversal et de 0,35 rad dans le sens longitudinal ;
- d'après la norme NF EN 12929-1, respectivement 0,34 rad et 0,34 rad ;
- d'après le guide RM2, respectivement 0,30 rad et 0,34 rad.

Les vérifications effectuées après l'accident ont permis de montrer que le gabarit est dégagé pour toutes les valeurs ci-dessus, dès lors qu'on ne superpose pas les oscillations transversales et longitudinales.

Les différentes règles de gabarit sont donc respectées par le télésiège des Granges.

4.3 - La prise en compte des paramètres météorologiques en conception

4.3.1 - Prise en compte des effets du vent sur les véhicules

Les bulles de protection, qui équipent certains appareils comme le TSD des Granges, induisent une sensibilité particulière au vent. En effet, lorsque la bulle est en position ouverte, la surface exposée au vent augmente mais aussi le coefficient de résistance au vent C_w .

La configuration vide et bulle ouverte est la plus critique, notamment par vent de face car la vitesse du véhicule s'ajoute à celle du vent. Aussi longtemps que les systèmes de fermeture et de verrouillage automatique ne permettront pas de garantir que cette configuration est totalement exclue, il est nécessaire qu'elle soit prise en compte.

Ensuite, la configuration vide et bulle fermée est également critique comme l'indiquent les calculs ci-après.

Contractuellement, la vitesse maximale du vent en exploitation est de 20 m/s. Les calculs faits par le constructeur à la demande du BEA-TT ont permis d'établir qu'avec un vent de face de 20 m/s et une vitesse d'exploitation de 5 m/s, l'angle d'oscillation longitudinale peut atteindre 0,53 rad pour un véhicule vide, bulle ouverte et 0,45 rad avec bulle fermée. Ces valeurs sont bien supérieures aux 0,34 ou 0,35 rad pris en compte par les règles de calcul du gabarit.

Il apparaît donc que les effets du vent sur ce type de véhicule sont tels que les règles actuelles de gabarit ne garantissent pas une prise en compte suffisante des risques induits par les vitesses de vent admises en exploitation.

4.3.2 - Mesure et affichage des vitesses de vent

L'instruction ministérielle de 1989 de même que le guide technique RM2 dans sa version de 2016 stipulent que « *L'installation doit être équipée de dispositifs appropriés permettant de mesurer la vitesse du vent et de déclencher une alarme sonore ou lumineuse avant que cette action ne présente un danger pour l'exploitation. Des dispositions doivent être prises pour apprécier la direction du vent. Le type, le réglage et*

l'implantation des dispositifs seront définis cas par cas, en fonction du site et du type d'installation. »

Le nombre et la position des capteurs ne sont pas autrement spécifiés de même que l'ergonomie de l'affichage des paramètres mesurés.

Le TSD des Granges était doté à l'origine de deux anémomètres, en gare haute et sur le pylône P6. Il a, par la suite, été équipé d'un troisième situé sur le pylône P14. Leurs indications sont affichées dans le local de commande situé en gare haute et dans la guérite en gare basse. Elles ne sont pas enregistrées.

Lorsque la vitesse du vent dépasse 15 m/s, le système d'exploitation génère une alarme « vent fort » qui est enregistrée et qui se traduit par l'émission d'un signal sonore que le conducteur peut entendre même s'il est à l'extérieur. L'alarme sonore cesse lorsque le vent redescend sous les 15 m/s ou lorsque le conducteur l'a acquittée en appuyant sur le bouton poussoir situé dans le local de commande.

4.4 - La prise en compte des paramètres météorologiques en exploitation

Les règles d'exploitation de l'installation (voir article 2.3.6) prescrivent qu'en cas de menace de vent, la surveillance de la ligne doit être accrue et une attention particulière apportée aux indications de l'anémomètre.

Toutefois, aucune règle d'exploitation ne demande au conducteur de rester dans le local de commande en cas de vent. Le conducteur se tient généralement à l'extérieur pour surveiller le débarquement des usagers. Tel était d'ailleurs le cas lors de l'incident.



Figure 23 : Position du conducteur en gare haute

Le règlement d'exploitation ne prévoit aucune mesure précise en cas de déclenchement de l'alarme « vent fort » réglée à 15 m/s. Le conducteur dit avoir réduit la vitesse le matin vers 10 h - 10 h 30, mais cette action n'est pas tracée.

Le règlement (article 15) prescrit un arrêt de l'exploitation normale lorsque la vitesse atteint 20 m/s, mais le conducteur n'a aucun moyen fiable pour savoir que le seuil des 20 m/s est atteint, sauf à rester dans le local de commande pour surveiller les indications des anémomètres.

Au paragraphe 3.2, nous avons vu qu'à la gare supérieure du TSD Roc2 la vitesse du vent était constamment supérieure à 20 m/s depuis 11 h 45, et supérieure à 25 m/s depuis 12 h.

Il est très vraisemblable que les conditions n'étaient pas très différentes à la gare du TSD des Granges, située tout à côté et que la prescription de l'article 15 du règlement d'exploitation n'a pas été respectée.

4.5 - La fiabilité du système de verrouillage des bulles

Sur le siège, le mécanisme d'ouverture / fermeture automatique et de verrouillage de la bulle est constitué :

- d'un levier situé en haut de la suspente et destiné à être manœuvré par les dispositifs disposés dans les gares ;
- d'un lien flexible (téléflex) qui transmet le mouvement du levier à la bulle et à son système de verrouillage ;
- d'un système à genouillère qui permet de verrouiller la bulle en position fermée. Ce système peut également être actionné manuellement par un opérateur.

Le principe du verrouillage par genouillère est explicité sur la figure ci-après.

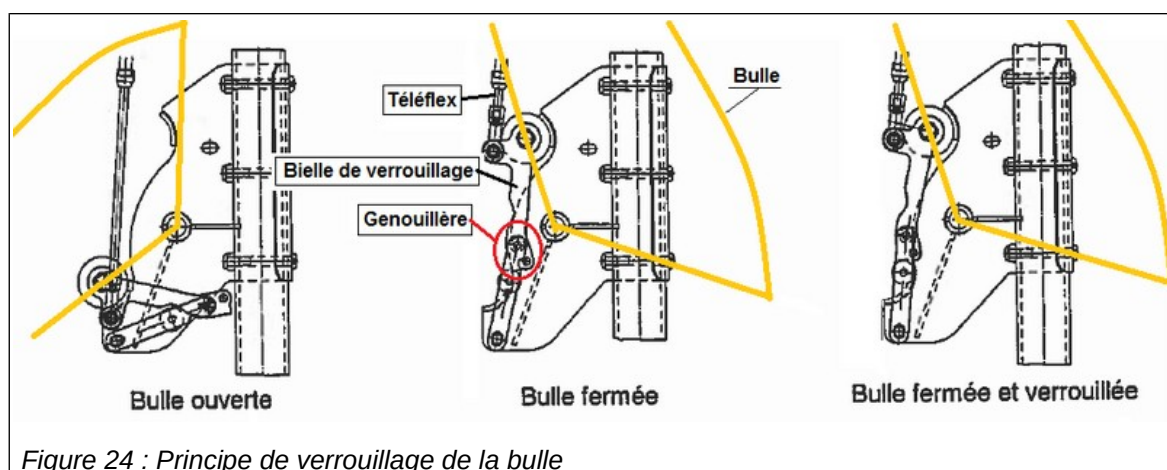


Figure 24 : Principe de verrouillage de la bulle

Comme indiqué au paragraphe 2.3.4, les sièges vides doivent avoir leur bulle fermée et verrouillée, notamment pour des raisons de sécurité en cas de vent.

Après l'incident, les enquêteurs du STRMTG ont constaté que deux sièges vides arrêtés en ligne avaient leur bulle ouverte et le conducteur a confirmé que ce type d'anomalie arrive 1 à 2 fois par jour.

A contrario, dans un cas au moins, la bulle d'un siège s'est indûment verrouillée avec un usager à bord occasionnant un accident avec blessure lorsqu'il a tenté d'en descendre le 22 février 2016.

Au vu de la figure ci-dessus, on comprend que pour que le verrouillage automatique soit effectivement obtenu, il faut que les dispositifs en gare et le système téléflex de chaque siège soient bien réglés car le verrouillage repose sur un mouvement de quelques millimètres de la bielle de verrouillage et de la genouillère.

Par ailleurs, les trépidations du siège, notamment au passage des poulies des balanciers des pylônes, sont susceptibles de provoquer de légers mouvements de celles-ci et donc le déverrouillage ou le verrouillage intempestif de la bulle.

Lors de la vérification effectuée après l'incident sur le télésiège des Granges, le réglage a dû être repris sur 30 sièges environ et sur le véhicule 72, une erreur de montage rendait le système complètement inopérant.

Au total, il apparaît qu'à l'époque de l'incident, l'état de maintenance de ce système n'était pas optimal.

Après la campagne de vérification et de remise à niveau évoquée ci-dessus aucune bulle ouverte sur un siège vide n'a été vue en exploitation. Toutefois, des cas de déverrouillage sont encore détectés par l'exploitant lors des vérifications quotidiennes préalables à l'ouverture au public.

Ce constat nous conduit à penser que ce système ne permet pas d'assurer le verrouillage de façon suffisamment fiable pour dispenser de prendre en compte la configuration « siège vide – bulle ouverte » dans l'évaluation des effets du vent sur les véhicules.

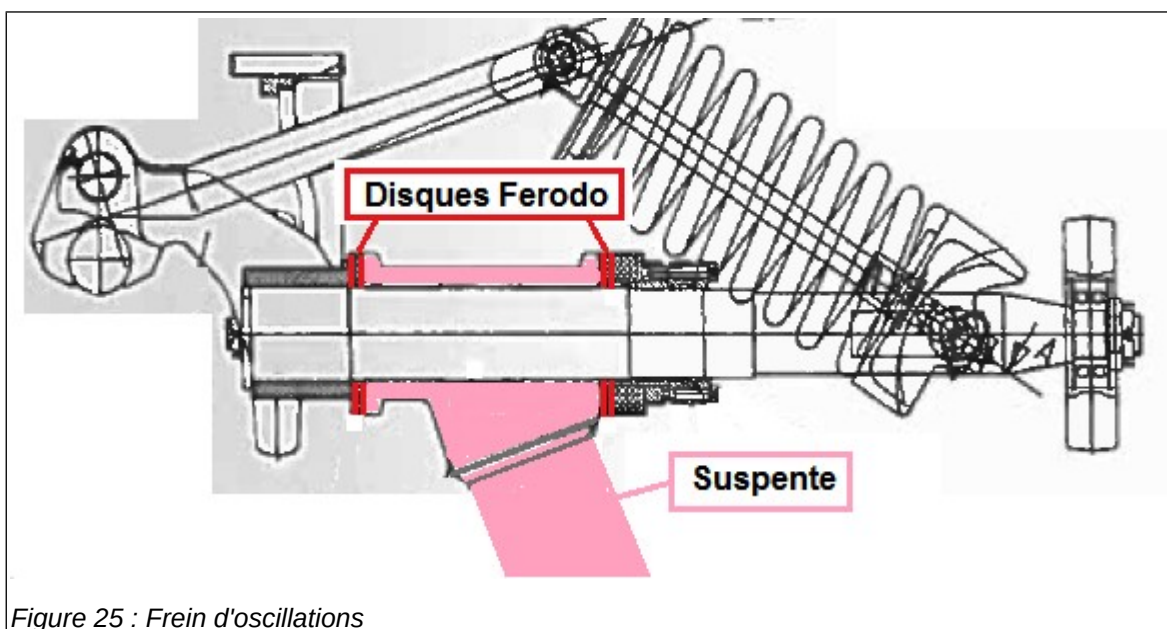
4.6 - L'amortissement des oscillations longitudinales

La liaison entre la suspente et la pince est réalisée par une articulation oscillante munie d'un amortisseur à frottement sec par disques Ferodo.

Cet amortisseur a pour fonction de freiner les oscillations longitudinales du siège ; à ce titre il contribue à limiter l'amplitude des oscillations en cas de rafales de vent.

Le programme de maintenance (DL0002 F/rev.1 Attache débrayable LA612-97) prévu par le constructeur stipule que l'usure des disques Ferodo et l'efficacité du frein doivent être vérifiées annuellement.

Le registre d'entretien montre que lors de l'entretien V1 de novembre 2015, 6 disques Ferodo ont été changés sur l'ensemble de l'installation mais pas sur le siège n° 13. Toutefois, la vérification faite après l'accident indique que ce système était en bon état.



4.7 - Retour d'expérience d'événements similaires

Le constructeur a signalé trois cas d'accrochage, sous l'effet de vents violents, de sièges à bulles contre un pylône, suivis de chute :

- en 2009 à Obertauern (Autriche) ;
- en 2011 à Solda (Italie) ;
- en 2011 à Cervinia (Italie).

Dans les trois cas les sièges étaient vides.

Le STRMTG a consulté ses homologues étrangers sur leur retour d'expérience.

L'organisme autrichien a confirmé le cas de 2009 et a ajouté un cas de déraillement de câble après heurt de siège avec bulle ouverte contre un pylône, sans chute, en 2015.

L'organisme italien a reporté deux cas en 2014. Dans le premier cas, le siège était vide et s'est décroché après avoir heurté un pylône sous l'effet du vent. Dans le deuxième cas le siège transportait un usager avec la bulle ouverte. Suite au choc contre un pylône provoqué par une rafale de vent, le passager est tombé mais le siège ne s'est pas décroché.

Le Japon a signalé un cas en 2006.

L'organisme suisse a signalé un cas en 2003 et un en 2010.

Tous ces événements mettent en évidence les conséquences critiques de l'ouverture d'une bulle en cas de vent fort.

5 - Restitution du déroulement de l'accident

Le matin du 4 avril 2016, le temps est couvert et très venteux ; les deux jours précédents, le TSD des Granges a été fermé pour cause de vent fort.

Un des trois anémomètres de l'installation est hors service.

À 9 h 15, le conducteur met en route son installation à la vitesse nominale de 5 m/s, aussitôt, les premières alarmes « vent fort » retentissent.

Plusieurs fois, les alarmes se prolongent et il est amené à les acquitter.

En milieu de matinée, il réduit la vitesse de l'appareil à 4 m/s.

Vers 11 h, le vent faiblit légèrement puis, vers 11 h 45, il forcit et l'alarme se déclenche à nouveau. À la gare haute du TSD Roc2, située à proximité de celle du TSD des Granges, la vitesse du vent dépasse constamment les 20 m/s puis les 25 m/s à partir de 12 h.

Vers 12 h les alarmes « vent fort » du TSD des Granges se déclenchent quasi continûment.

Le conducteur se tient à l'extérieur du local pour surveiller le débarquement des skieurs ; du fait de ce positionnement, il n'observe pas les indications des anémomètres alors même que le règlement d'exploitation prévoit l'arrêt de l'installation dès que le vent atteint les 20 m/s.

Les skieurs ne sont pas nombreux, beaucoup de sièges montent à vide. Le siège n° 13 est dans ce cas.

Au cours de la montée, sa bulle s'ouvre, augmentant sa prise au vent.

Le vent du sud le frappe de trois quarts avant, provoquant à la fois des oscillations transversales et longitudinales.

À l'approche du pylône P10, la ligne n'est pas visible depuis le poste du conducteur. Celui-ci ne remarque pas les oscillations de ce siège.

Au moment d'aborder le balancier du P10, les oscillations se combinent de telle sorte que la poutre du siège engage le gabarit et heurte l'extrémité de la poutre supportant les marchepieds et accroche la première passerelle.

La pince du siège glisse sur le câble sur une longueur de 75 cm puis se détache de celui-ci. Le siège tombe au sol en se retournant face à la pente.

Le détecteur de déraillement du P10 provoque l'arrêt de l'installation par le déclenchement de la ligne de sécurité.

Le conducteur envoie alors un de ses agents rechercher les causes du déclenchement de la ligne de sécurité. Celui-ci constate la chute du siège au pied du P10.

Après avoir vérifié que le câble n'était pas déraillé et que les passerelles déformées du P10 n'engageaient pas le gabarit, l'installation est remise en service afin d'acheminer les usagers à petite vitesse jusqu'à la gare haute.

L'exploitation est ensuite arrêtée.

6.2 - Les causes de l'événement

La chute du siège n° 13 est due au choc et à l'accrochage de ce dernier avec l'extrémité de la poutre support des marchepieds du pylône P10. Le choc est la conséquence des oscillations de grande amplitude du siège sous l'effet d'un vent violent et de l'ouverture intempestive de sa bulle de protection. L'accrochage est dû à l'absence de guide anti-engagement à l'extrémité de la poutre du pylône.

L'examen de l'arbre des causes conduit à rechercher des voies de progrès dans les domaines suivants :

- les règles relatives à l'exploitation de l'installation par grand vent ;
- les informations sur la force et la direction du vent données au conducteur ;
- la maintenance du système de verrouillage des bulles ;
- la prise en compte du risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent dans la réglementation et les normes de gabarit.

6.3 - Les règles relatives à l'exploitation de l'installation par grand vent

Le règlement d'exploitation particulier du TSD des Granges (voir article 2.3.6) prescrit les mesures suivantes :

- *en cas de menace de vent, la surveillance de la ligne doit être accrue et une attention particulière apportée aux indications de l'anémomètre ;*
- *l'exploitation normale cessera dès que le vent atteindra une vitesse de 20 m/s ;*
- *en tout état de cause, l'exploitation devra cesser lorsque l'inclinaison des sièges risque d'entraîner des situations dangereuses.*

Aucune mesure précise n'est prévue lors du déclenchement de l'alarme vent fort qui est réglée à 15 m/s.

À partir de 20 m/s, il est dit que l'exploitation normale doit cesser. Ceci sous-entend qu'une exploitation peut se poursuivre dans une certaine mesure.

Le conducteur dit avoir réduit la vitesse, le matin vers 10 h et il est vrai qu'une telle mesure est de nature à limiter le risque en cas de vent fort. Or, une telle réduction n'est pas prévue par le règlement particulier. Elle n'est pas tracée sur le registre d'exploitation ni enregistrée dans la mémoire du système de commande de l'installation. Elle n'est donc pas contrôlable.

Lors de l'enquête, l'anémomètre du P6 a été constaté hors service. Le règlement d'exploitation ne prévoit pas les mesures à prendre en cas d'indisponibilité d'un ou plusieurs anémomètres. Le conducteur affirme qu'il est tombé en panne le jour même mais l'absence de traçabilité ne permet pas confirmer ses dires.

Recommandation R1 (SEVABEL) :

Préciser les mesures concrètes à prendre en cas de déclenchement de l'alarme vent fort et énoncer, sans ambiguïté, celles à prendre lorsque la vitesse du vent atteint le maximum prévu lors de la conception de l'installation, en l'occurrence 20 m/s.

Prévoir les mesures à prendre en cas d'indisponibilité d'un ou de plusieurs anémomètres.

Prévoir des règles de traçabilité et d'enregistrement permettant de contrôler la bonne application de ces mesures.

6.4 - Les informations anémométriques données au conducteur

L'instruction ministérielle de 1989 de même que le guide technique RM2 de 2016 stipulent que « *L'installation doit être équipée de dispositifs appropriés permettant de mesurer la vitesse du vent et de déclencher une alarme sonore ou lumineuse avant que cette action ne présente un danger pour l'exploitation. Des dispositions doivent être prises pour apprécier la direction du vent. Le type, le réglage et l'implantation des dispositifs seront définis cas par cas, en fonction du site et du type d'installation.* »

Le nombre et la position des capteurs ne sont pas autrement spécifiés de même que l'ergonomie de l'affichage des paramètres mesurés.

Le TSD des Granges était doté à l'origine de deux anémomètres, en gare haute et sur le pylône P6. Il a, par la suite, été équipé d'un troisième situé sur le P14.

Le pylône P10, dont il s'avère qu'il est situé dans la zone la plus ventée du parcours et peu visible par le conducteur, n'a été équipé qu'après l'incident du 4 avril 2016.

Les indications de ces anémomètres ne sont pas enregistrées ce qui empêche de contrôler a posteriori que les mesures prévues en cas de vent fort ont bien été prises par le conducteur

Ces indications sont affichées dans le local de commande situé en gare haute et dans la guérite en gare basse. Elles ne sont pas visibles par le conducteur depuis son poste de travail normal.

L'alarme sonore « vent fort » se déclenche à 15 m/s alors que le règlement ne prévoit aucune disposition particulière. Une fois acquittée par le conducteur, elle est inhibée tant que le vent reste au-dessus du seuil de 15 m/s. L'atteinte du seuil de 20 m/s où l'installation doit être arrêtée ne se traduit par aucune alarme spécifique.

Recommandation R2 (STRMTG) :

Préciser les exigences réglementaires concernant les dispositifs de mesure de la vitesse du vent et d'alarme, notamment sur les points suivants :

- **la détermination du nombre et du positionnement des anémomètres qui devrait s'appuyer sur une réflexion préalable sur les particularités aérologiques du site et sur la visibilité de la ligne depuis le poste de commande ;**
- **l'enregistrement des mesures anémométriques ;**
- **l'ergonomie de l'affichage et des alarmes par rapport aux tâches du conducteur ;**
- **la matérialisation de la vitesse maximale du vent en exploitation par une alarme spécifique ou par un dispositif d'arrêt automatique.**

6.5 - La maintenance du système de verrouillage des bulles

Pour être aussi fiable que possible, le système de verrouillage des bulles doit être parfaitement entretenu et réglé. Les dérèglages et les avaries doivent être détectés et corrigés rapidement.

Avant l'accident, la documentation de maintenance était constituée uniquement par la spécification technique du constructeur. Elle était peu détaillée et d'une interprétation difficile. La formation des agents concernés reposait essentiellement sur un compagnonnage de courte durée.

Il n'était pas prévu de vérification périodique du bon fonctionnement du système ni de procédure de signalement des véhicules vides avec bulles ouvertes constatés en exploitation. Il s'ensuivait, qu'en moyenne, chaque jour un à deux sièges vides circulaient avec leur bulle ouverte. Immédiatement après l'incident, deux autres sièges vides ont été vus avec leur bulle ouverte. De plus, lors de la vérification effectuée après l'accident sur le télésiège des Granges, le réglage a dû être repris sur 30 sièges environ et sur le véhicule 72, une erreur de montage rendait le système complètement inopérant.

Au cours de l'intersaison 2016, un nouveau document de maintenance provisoire a été élaboré par le constructeur. Les modalités de réglage sont mieux explicitées et de nouvelles vérifications quotidiennes et hebdomadaires sont prévues.

En outre, pour la saison 2016 - 2017, l'exploitant a prévu, quotidiennement avant l'ouverture au public, une vérification du bon fonctionnement de l'ensemble du système, impliquant un parcours complet à vide de tous les sièges.

Le BEA-TT ne formule donc pas de recommandation sur les règles de maintenance mais il invite SEVABEL et Leitner à tirer les enseignements de la mise en œuvre des mesures provisoires ci-dessus et à les faire évoluer vers des documents définitifs.

En revanche, le BEA-TT formule une recommandation sur la formation des agents de maintenance et le contrôle de leurs interventions.

Recommandation R3 (SEVABEL) :

Mettre en place, en lien avec le constructeur Leitner, un stage de formation sur le fonctionnement, les réglages et les vérifications des dispositifs d'actionnement des bulles des télésièges. Faire de la participation à ce stage une condition nécessaire à l'affectation de tout agent à la maintenance de ces dispositifs.

Organiser un contrôle hiérarchique pour s'assurer périodiquement que les procédures de maintenance prévues par le constructeur et les consignes particulières décidées par l'exploitant sont correctement appliquées.

6.6 - La prise en compte du risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent dans la réglementation et les normes

Les oscillations longitudinales

La norme européenne EN 12929-1 comme la règle nationale figurant dans le guide technique RM2 du STRMTG prévoient que le gabarit de passage aux pylônes soit calculé avec des oscillations longitudinales de 0,34 rad.

Ils ne prévoient pas que l'amplitude réelle de ces oscillations sous l'effet du vent admis en exploitation soit déterminée par des essais ou des calculs.

Or l'amplitude de 0,34 rad a bien été dépassée puisque le choc a eu lieu avec un angle d'oscillation longitudinale de 0,42 rad.

Par ailleurs, les calculs faits par le constructeur à la demande du BEA-TT ont permis d'établir qu'avec un vent de face de 20 m/s et une vitesse d'exploitation de 5 m/s, l'angle d'oscillation longitudinale peut atteindre 0,53 rad pour un véhicule vide, bulle ouverte et 0,45 rad avec bulle fermée. Ces valeurs sont bien supérieures à celles prises en compte par les règles de calcul du gabarit.

La combinaison d'oscillations longitudinales et transversales

La norme européenne et la règle nationale ne prévoient pas que la combinaison des oscillations soit prise en compte dans le calcul du gabarit.

Or, dans la réalité, selon l'orientation du vent, les oscillations selon les deux axes se combinent et se superposent.

Dans le cas de l'accident du 4 avril, c'est bien la superposition des oscillations qui a conduit au choc.

Les dispositifs anti-accrochage

L'engagement du gabarit de la poutre du pylône par le siège n'aurait pas eu de conséquence si la forme de l'arceau du siège et celle de l'extrémité de la poutre n'avaient pas conduit à un accrochage.

Pour éviter les accidents de ce type, la meilleure prévention est de dégager un gabarit suffisant pour qu'en exploitation le siège ne vienne jamais heurter un élément fixe de l'infrastructure. Toutefois, dans des cas particuliers où l'engagement du gabarit par un véhicule ne peut être entièrement exclu, la mise en place de guides anti-engagement ou d'autres dispositifs anti-accrochage peut contribuer à limiter le risque.

Recommandation R4 (STRMTG) :

Faire évoluer le guide technique RM2 et contribuer à l'évolution de la norme européenne NF EN 12929-1, afin de mieux prévenir le risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent, notamment :

- **pour le calcul du gabarit de passage, prévoir la détermination préalable, par le calcul ou par des essais, de l'amplitude maximale des oscillations longitudinales en tenant compte des caractéristiques du siège et de la vitesse de vent admise en exploitation ;**
- **dans le calcul du gabarit de passage, prendre en compte la superposition des oscillations longitudinales et transversales ;**
- **dans les cas particuliers où le gabarit de passage calculé avec les nouvelles règles ne peut pas être entièrement dégagé, prévoir des dispositifs permettant de limiter le risque d'accrochage.**

Le modèle de siège SA6H impliqué dans les événements a fait l'objet d'une évaluation « CE » de conformité. Une telle évaluation a vocation à garantir que ce siège, s'il est employé sur une remontée mécanique respectant les normes européennes et s'il est exploité dans son domaine d'utilisation, ne compromet pas la sécurité.

La documentation technique que le constructeur Leitner a établi pour être annexée à la déclaration « CE » de conformité prévoit que celui-ci peut être utilisé à une vitesse d'exploitation de 5 m/s et avec un vent de 20 m/s.

Or, les considérations et les calculs mentionnés ci-avant montrent qu'avec ce domaine d'utilisation, les oscillations longitudinales peuvent atteindre 0,53 rad et ainsi dépasser largement les 0,34 rad généralement pris en compte pour le gabarit de passage aux pylônes.

Ce point conduit le BEA-TT à émettre la recommandation suivante :

Recommandation R5 (Leitner) :

Modifier la documentation technique annexée à la déclaration « CE » de conformité de siège SA6H afin de préciser les amplitudes maximales d'oscillations correspondant à son domaine d'utilisation.

7 - Conclusions et recommandations

7.1 - Conclusions

La chute du siège n° 13 est due au choc et à l'accrochage de ce dernier avec l'extrémité de la poutre support des marchepieds du pylône P10. Le choc est la conséquence des oscillations de grande amplitude du siège sous l'effet d'un vent violent et de l'ouverture intempestive de sa bulle de protection. L'accrochage est dû à l'absence de guide anti-engagement à l'extrémité de la poutre du pylône.

L'analyse des causes a conduit à formuler des recommandations dans les domaines suivants :

- les règles relatives à l'exploitation de l'installation par grand vent ;
- les informations sur la force et la direction du vent données au conducteur ;
- la maintenance du système de verrouillage des bulles ;
- la prise en compte du risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent dans la réglementation et les normes de gabarit.

7.2 - Recommandations

Recommandation R1 (SEVABEL) :

Préciser les mesures concrètes à prendre en cas de déclenchement de l'alarme vent fort et énoncer, sans ambiguïté, celles à prendre lorsque la vitesse du vent atteint le maximum prévu lors de la conception de l'installation, en l'occurrence 20 m/s.

Prévoir les mesures à prendre en cas d'indisponibilité d'un ou de plusieurs anémomètres

Prévoir des règles de traçabilité et d'enregistrement permettant de contrôler la bonne application de ces mesures.

Recommandation R2 (STRMTG) :

Préciser les exigences réglementaires concernant les dispositifs de mesure de la vitesse du vent et d'alarme, notamment sur les points suivants :

- **la détermination du nombre et du positionnement des anémomètres qui devrait s'appuyer sur une réflexion préalable sur les particularités aérologiques du site et sur la visibilité de la ligne depuis le poste de commande ;**
- **l'enregistrement des mesures anémométriques ;**
- **l'ergonomie de l'affichage et des alarmes par rapport aux tâches du conducteur ;**
- **la matérialisation de la vitesse maximale du vent en exploitation par une alarme spécifique ou par un dispositif d'arrêt automatique.**

Recommandation R3 (SEVABEL) :

Mettre en place, en lien avec le constructeur Leitner, un stage de formation sur le fonctionnement, les réglages et les vérifications des dispositifs d'actionnement des bulles des télésièges. Faire de la participation à ce stage une condition nécessaire à l'affectation de tout agent à la maintenance de ces dispositifs.

Organiser un contrôle hiérarchique pour s'assurer périodiquement que les procédures de maintenance prévues par le constructeur et les consignes particulières décidées par l'exploitant sont correctement appliquées.

Recommandation R4 (STRMTG) :

Faire évoluer le guide technique RM2 et contribuer à l'évolution de la norme européenne NF EN 12929-1, afin de mieux prévenir le risque lié aux oscillations des sièges sous l'effet du vent, notamment :

- pour le calcul du gabarit de passage, prévoir la détermination préalable, par le calcul ou par des essais, de l'amplitude maximale des oscillations longitudinales en tenant compte des caractéristiques du siège et de la vitesse de vent admise en exploitation ;
- dans le calcul du gabarit de passage, prendre en compte la superposition des oscillations longitudinales et transversales ;
- dans les cas particuliers où le gabarit de passage calculé avec les nouvelles règles ne peut pas être entièrement dégagé, prévoir des dispositifs permettant de limiter le risque d'accrochage.

Recommandation R5 (Leitner) :

Modifier la documentation technique annexée à la déclaration « CE » de conformité de siège SA6H afin de préciser les amplitudes maximales d'oscillations correspondant à son domaine d'utilisation.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Mesures décidées après l'accident

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER



Le Directeur

La Défense, le 8 avril 2016

DECISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le code du tourisme et notamment l'article L. 342-8 ;

Vu le code des transports et notamment le titre II du livre VI de la 1^{re} partie relatif à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport ;

Vu les circonstances de la chute d'un siège du télésiège « *les Granges* » survenue le 4 avril 2016 sur le domaine skiable des Menuires à Saint-Martin de Belleville (73) ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application du titre II du livre VI de la 1^{re} partie du code des transports sur la chute d'un siège du télésiège « *les Granges* » survenue le 4 avril 2016 sur le domaine skiable des Menuires à Saint-Martin de Belleville en Savoie.

Jean PANHALEUX

Annexe 2 : Mesures décidées après l'accident

Vérification des systèmes d'ouverture/fermeture et de verrouillage des bulles

Cette vérification a été menée par l'exploitant SEVABEL en collaboration avec le constructeur Leitner.

Elle a porté tant sur les dispositifs installés sur les sièges que sur les dispositifs de commande (rails de manœuvre) situés dans les stations.

C'est au cours de cette vérification qu'une trentaine de sièges ont été trouvés non-conformes comme indiqué au paragraphe 4.5.

Mise à jour de la procédure de maintenance de ces systèmes

La dernière version projet est datée du 13 décembre 2016. Sa table des matières figure en fin de la présente annexe.

Les contrôles et réglages à faire à chaque début de saison restent des opérations relativement complexes. Ils sont complétés désormais par un parcours de contrôle à faire chaque semaine.

Ce parcours vise à vérifier la bonne tenue du verrouillage. Il consiste à :

- mettre les dispositifs de commande en position active (situation d'exploitation sans passager) ;
- faire faire à chaque véhicule un tour complet à vitesse nominale ;
- contrôler les montées et les descentes s'effectuent complètement en conservant les bulles fermées et verrouillées.

En outre, une vérification du dispositif de contrôle de présence de passager est à faire chaque matin.

Installation d'un anémomètre supplémentaire et de caméras

Le pylône P10 étant à la fois dans la zone réputée être la plus ventée du parcours et peu visible par le conducteur situé en gare haute, il a été décidé d'y installer un anémomètre supplémentaire.

En outre, l'exploitant a installé, à titre expérimental, des caméras pour permettre au conducteur de surveiller les oscillations des sièges dans les parties de la ligne qui ne sont pas directement visibles depuis son poste de travail.

Modification du réglage de certaines passerelles

Suite aux contrôles de gabarit, la plupart des passerelles aval côté montée des balanciers ont été remontées de 4° afin d'augmenter la marge de sécurité en les éloignant des véhicules.

La modification a concerné les pylônes P2, P4 P5, P6, P7, P10, P11, P12, P13, P14, P19 et P20.

Evolution des procédures et consignes d'exploitation

Sur la procédure générale d'exploitation, un alinéa concernant la conduite des appareils à bulles en cas de vent violent a été ajouté.

8.3. Exploitation en cas de vent violent sur les téléportés

En cas d'évolution défavorable du vent (prévision météo, anémomètre, comportement des véhicules) le conducteur adapte la vitesse de l'appareil et informe par radio le chef de secteur qui fait suivre au central. En parallèle le conducteur, en concertation avec le chef de secteur, met en place un contrôle visuel de l'ensemble de la ligne (tour de ligne sur le véhicule). Quand la vitesse du vent atteint la valeur maximale indiquée dans le règlement d'exploitation ou provoque des balancements dangereux des véhicules, l'exploitation doit être suspendue après récupération des véhicules avec toutes les précautions nécessaires, le cas échéant en réduisant la vitesse.

Cas des appareils à bulles.

Une vigilance particulière doit être apportée aux appareils à bulles plus sensibles au vent.

Si le vent souffle continuellement au-dessus du seuil d'alarme le conducteur :

- Réalise la surveillance du comportement de l'ensemble de la ligne
- Adapte la vitesse de l'appareil
- Favorise l'embarquement multiple et centré pour améliorer la stabilité des véhicules

Si un dysfonctionnement de verrouillage de bulle n'a pas pu être traité, des précautions doivent être mise en œuvre en cas vent fort : (sortie du véhicule de la ligne, ralentissement).

Comme pour tout dysfonctionnement les défauts de verrouillage de bulles doivent être consignés dans le registre d'exploitation et réparés.

8.3.1. Fonctionnement en cas de P.I.D.A. ou autre retard d'ouverture :

Le Service des Pistes informe le Responsable exploitation en temps réel des nouvelles autorisations d'ouverture, ou de la fin des opérations de P.I.D.A. Le responsable exploitation transmet les autorisations d'ouvertures par radio aux chefs de secteur et au central.

Le chef de secteur en concertation avec les conducteurs informe le responsable exploitation de l'ouverture de l'appareil ou d'une prévision d'ouverture, le temps de préparer l'appareil (degivrage, déneigement, cyclage des véhicules...)

Pour les TSD des Granges et Roc2 une consigne particulière précise les modalités de contrôle et de surveillance des systèmes de verrouillage des bulles.

Consignes particulières TSD GRANGES et TSD ROC 2

pour la saison 2016/2017

Les systèmes de verrouillage bulle doivent être contrôlés quotidiennement avant l'ouverture: chaque bulle doit partir verrouillée et arriver dans le même état en gare opposée. Un demi-tour de ligne est nécessaire pour effectuer ce contrôle. Le résultat de ce contrôle doit être consigné dans le registre exploitation.

Si le système de verrouillage bulle d'un véhicule est défaillant :

- Soit il est remis en état avant ouverture ;
- Soit le véhicule est sorti de la ligne;
- Soit la vitesse de l'appareil est adaptée pour que le verrouillage soit opérationnel.

Lorsque toutes les bulles restent verrouillées, l'appareil peut être exploité avec les conditions de vent mentionnées dans le règlement d'exploitation.

Si il est détecté en cours de journée qu'un système de verrouillage bulle est défaillant:

- Soit la vitesse de l'appareil est adaptée pour que le verrouillage soit opérationnel ;
- Soit l'exploitation est limitée à une vitesse de vent <10m/s aux anémomètres.

Lorsque le vent reste au-dessus du seuil d'alarme (15m/s) :

- La vitesse de l'appareil doit être adaptée en fonction de la direction du vent et du comportement de la ligne ;
- Eviter l'embarquement de personnes seules;
- Une vigilance toute particulière doit être portée sur le bon verrouillage de la bulle des véhicules vides.

EVOLUTION DES MANUELS DE MAINTENANCE
SIEGES BULLES 4 et 6 places et
SYSTEMES DE MANŒUVRE DANS LES GARES

SA6H / CD6H / SA4H

version ind 2 – 13.12.16

Table des matières

1	Contrôle et Réglage des dispositifs installés sur les véhicules.....	2
1.1	Réglage de la position des galets de manœuvre des bulles – Réglage TELEFLEX	2
1.2	Contrôle de la manœuvrabilité des bulles	5
1.3	Réglage des ressorts de rappel.....	6
1.4	Contrôle du dispositif de verrouillage - genouillère.....	8
1.4.1	Contrôle en place sur le véhicule	9
1.4.2	Contrôle du dispositif démonté – remise en état	11
2	Contrôle et Réglage des rails de manœuvre	12
2.1	Contrôle et Réglage des dispositifs de limitation d'effort sur les rails de fermeture	12
2.2	Contrôle et Réglage des positions extrêmes des rails.....	13
2.2.1	Réglage des rails d'ouverture (Rails rigides).....	15
		15
2.2.2	Réglage des rails de fermeture (Rails avec efforts maîtrisés)	17
2.3	Contrôle et Réglage de la manœuvrabilité des rails.	20
3	Centrale hydraulique.....	22
3.1	Principe de fonctionnement.....	23
3.2	Réglages et Contrôles de fonctionnement.....	24
4	Automatisme de fonctionnement d'un système bulles	26
5	Consignes d'exploitation	34
6	Périodicité des contrôles.....	35



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



**Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex**

Téléphone : 01 40 81 21 83

Télécopie : 01 40 81 21 50

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

