

# **RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE** sur le déraillement du Télémétro survenu le 12 janvier 2017 à La Plagne (73)

Novembre 2017



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE  
CHARGÉ DES  
TRANSPORTS



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

Affaire n° BEATT-2017-02

**Rapport d'enquête technique  
sur le déraillement du Télémétro  
survenu le 12 janvier 2017  
à La Plagne (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 le déraillement du Télémétro survenu le 12 janvier 2017 à La Plagne (73)

N° ISRN : EQ-BEAT--17-8--FR

Proposition de mots-clés : téléphérique, gabarit, désalignement, formation, consignes

### **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

<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>9</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>11</b>
<b>1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....</b>	<b>13</b>
1.1 - L'accident.....	13
1.2 - Le bilan de l'accident.....	14
1.3 - Les mesures prises après l'accident.....	15
1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	15
<b>2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....</b>	<b>17</b>
2.1 - La station de la Plagne.....	17
2.2 - La société d'exploitation des remontées mécaniques.....	17
2.3 - Le « Téléméto ».....	17
2.4 - Les caractéristiques techniques générales.....	19
2.5 - Le pylône P2.....	20
2.6 - Les cabines de transport de passagers.....	23
2.7 - Les systèmes électriques et de sécurité.....	25
2.8 - Le mode d'exploitation de l'appareil.....	26
<b>3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....</b>	<b>27</b>
3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages.....	27
3.1.1 -La référente de station-retour.....	27
3.1.2 -Le conducteur.....	27
3.1.3 -L'électricien d'astreinte.....	27
3.1.4 -Le passager présent dans la cabine déraillée.....	28
3.1.5 -L'un des passagers présents dans la cabine montante.....	29
3.2 - Les conditions météorologiques.....	29
3.3 - Les données enregistrées par l'automate de conduite.....	29
3.3.1 -Les données enregistrées juste avant l'accident.....	29
3.3.2 -Les données enregistrées immédiatement après l'accident.....	30
3.4 - Les constats sur le câble porteur.....	31
3.5 - Les constats sur le pylône P2.....	32
3.6 - Les constats sur la cabine accidentée.....	33
3.7 - Correspondance des marques des plaquettes de frein et des bronzes.....	34
3.8 - Conclusions sur la cause immédiate du déraillement.....	36
<b>4 - APPROFONDISSEMENT DES INVESTIGATIONS.....</b>	<b>39</b>
4.1 - L'accident du Téléméto de 2009.....	39
4.2 - L'accident du téléphérique de la Flégère de 1986.....	40

4.3 - Les consignes d'exploitation du Téléméto par temps neigeux.....	42
4.4 - Les relevés topographiques complémentaires sur le pylône.....	43
4.5 - Les prescriptions réglementaires.....	43
4.5.1 -Les obligations en conception.....	43
4.5.2 -Les obligations en maintenance.....	45
<b>5 - LES INVESTIGATIONS SUR LA GESTION POST-ACCIDENT.....</b>	<b>47</b>
5.1 - Les règles sur le pontage des sécurités.....	47
5.2 - La demande d'autorisation de remise en marche.....	48
5.3 - Les moyens à disposition du conducteur.....	48
5.4 - La formation du conducteur.....	49
5.5 - La pratique de la marche prudente.....	49
5.6 - La stratégie d'action du conducteur.....	51
5.7 - Les enseignements des accidents antérieurs.....	51
5.8 - Le système de gestion de la sécurité (SGS).....	52
5.9 - L'exigence de qualification des conducteurs dans le transport des personnes.....	53
<b>6 - RESTITUTION DU DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....</b>	<b>55</b>
<b>7 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES..</b>	<b>57</b>
7.1 - L'arbre des causes.....	57
7.2 - Les causes de l'accident.....	58
7.3 - Le dégivrage des pylônes.....	58
7.4 - La géométrie des pylônes.....	59
7.5 - Le risque de déraillement du Téléméto.....	59
7.6 - Le risque de déraillement des téléphériques bicâbles à va-et-vient.....	60
7.7 - La gestion des shuntages de sécurité.....	61
7.8 - La validation des compétences des conducteurs.....	62
<b>8 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>65</b>
8.1 - Conclusions.....	65
8.2 - Recommandations.....	65
<b>ANNEXES.....</b>	<b>67</b>
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	69
Annexe 2 : Liste des pontages de sécurité possibles en conduite du Téléméto.....	70
Annexe 3 : Liste des téléphériques à va-et-vient sur le territoire national.....	71



## Glossaire

- **BDARM** : anciens Bureaux départementaux des Appareils de Remontées Mécaniques, aujourd'hui intégrés au STRMTG
- **CGEDD** : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
- **DCSA** : Société d'ingénierie de transports par câbles
- **DSF** : Domaines Skiabiles de France
- **DGITM** : Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
- **ERIC** : Société d'ingénierie de transports par câbles
- **SAP** : Société d'Aménagement de la Plagne
- **SGS** : Système de Gestion de la Sécurité
- **STRMTG** : Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés



## Résumé

L'accident concerne le téléphérique « Télémétro » qui relie les deux « stations-villages » de Plagne Centre et Aime 2000 sur le domaine skiable de la Plagne.

Jeudi 12 janvier 2017 à 21h04, il neige abondamment. Alors que la cabine descendante du téléphérique passe au droit du pylône P2, le câble porteur s'échappe de son appui en tête de pylône. Il vient alors se loger dans les galets supports du câble tracteur, situés en dessous. La cabine déraile et reste en équilibre sur le câble porteur. L'installation stoppe automatiquement par déclenchement d'une alarme de sécurité de chevauchement des câbles tracteur et porteur.

Le conducteur ne comprend pas que la cabine et le câble ont déraillé. Il effectue plusieurs tentatives de redémarrage pour rapatrier en gare les deux cabines et shunte à cette fin toutes les sécurités de l'installation. Ce n'est que plus d'une heure plus tard, suite à l'arrivée de l'électricien d'astreinte, et après de nouvelles tentatives vaines de remise en mouvement, qu'une reconnaissance de la ligne est effectuée et que le déraillement est identifié.

Il est alors décidé d'évacuer en rappel les cinq clients présents dans les cabines. Cette évacuation se terminera à 0h55. Les clients sont indemnes.

Le Télémétro reste par la suite arrêté pendant cinq semaines pour remise en état des éléments endommagés de la cabine et du pylône. Son exploitation reprendra le 21 février 2017. L'exploitant prend à cette occasion plusieurs mesures de renforcement de la sécurité portant sur la surveillance et les conditions d'exploitation de l'installation. Il initie également un appel à projet en vue de modifier la conception du téléphérique.

La cause immédiate du déraillement est l'accrochage d'une pièce du chariot de cabine à une pièce du pylône P2. L'accrochage de ces deux pièces a conduit, dans le mouvement, à chasser latéralement le câble porteur de son support.

La cause origine de l'accrochage des deux pièces est le déport latéral du câble porteur à l'entrée du pylône, rendu possible par la présence de glace dans le logement d'appui du câble, ainsi que par le désalignement géométrique du logement d'appui.

Plusieurs facteurs ont contribué à la survenue de cet accident :

- une conception du véhicule et du pylône présentant un risque vis-à-vis du déraillement en cas d'accumulation de glace ;
- la non-application ce soir-là des consignes de dégivrage de l'appui du câble porteur en tête de pylône visant à se prémunir de ce risque ;
- un positionnement légèrement en biais des supports de câbles sur pylône par rapport à l'axe du téléphérique.

Immédiatement après le déraillement, le conducteur a effectué plusieurs tentatives de remise en marche en dehors de toute précaution, en shuntant notamment toutes les sécurités, faisant ainsi courir le risque d'un sur-accident dont les conséquences auraient pu être graves. Il n'a pas procédé à une identification des causes de l'arrêt de sécurité avant de relancer l'installation.

Les facteurs organisationnels et humains explicatifs de cette conduite à risque sont relatifs au déficit de formation, déjà observé sur d'autres téléphériques, et au déficit de consignes détaillant les vérifications à accomplir pour une gestion rigoureuse en sécurité de l'incident.

Le BEA-TT émet deux recommandations se rapportant au déraillement. Elles concernent :

- le traitement du risque de déraillement du Télémétro par une reprise en conception du téléphérique portant sur les cabines et les pylônes ;
- la vérification du traitement du risque de déraillement de l'ensemble des téléphériques dont la conception est similaire au Télémétro, en s'assurant de la robustesse de la sécurité d'appui des câbles porteurs sur les têtes de pylône.

Le BEA-TT émet une recommandation et une invitation se rapportant aux facteurs organisationnels et humains concernant les opérations post-déraillement. Elles portent sur :

- la fourniture d'une consigne de sécurité formalisée aux opérateurs du Télémétro précisant les vérifications à effectuer avant et après shuntage d'une sécurité ;
- la réalisation d'un bilan des effets produits par la nouvelle réglementation applicable au 1<sup>er</sup> octobre 2017, sur la formation des conducteurs et, en cas de déficit, l'évolution vers l'exigence d'une habilitation de conduite pour les conducteurs de téléphériques.

# 1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

## 1.1 - L'accident

L'accident concerne le téléphérique « Télémétro » qui relie les deux « stations-villages » de Plagne Centre et Aime 2000 sur le domaine skiable de la Plagne.

Ce jeudi 12 janvier 2017, il neige abondamment depuis 17 h.

À 21h04, alors que la cabine descendante du téléphérique passe au droit du pylône P2, le câble porteur s'échappe de son appui en tête de pylône. Il vient alors se loger dans les galets supports du câble tracteur, situés en dessous. La cabine déraile et reste en équilibre sur le câble porteur. L'installation stoppe automatiquement par déclenchement d'une alarme de sécurité de chevauchement des câbles tracteur et porteur.

Le conducteur ne comprend pas que la cabine et le câble ont déraillé. Il effectue plusieurs tentatives de redémarrage pour rapatrier en gare les deux cabines du téléphérique et shunte à cette fin toutes les sécurités de l'installation. Ce n'est que plus d'une heure plus tard, suite à l'arrivée de l'électricien d'astreinte, et après de nouvelles tentatives vaines de remise en mouvement, qu'une reconnaissance de la ligne est effectuée et que le déraillement est identifié.

Il est alors décidé d'évacuer en rappel au descendeur les cinq clients présents dans les cabines. Cette évacuation se terminera à 0h55. Les clients sont indemnes.

L'exploitation est arrêtée pour plusieurs semaines dans l'attente des réparations, de la conclusion des investigations et de la délivrance des autorisations de remise en service.



*Figure 1 : la cabine déraillée et le pylône P2*

## 1.2 - Le bilan de l'accident

L'accident n'a fait aucune victime.

Cinq personnes étaient présentes dans les deux cabines : une dans la cabine descendante qui a déraillé, et quatre dans la cabine montante. Elles ont été évacuées en rappel au descendeur par une équipe de sauvetage. Elles sont toutes indemnes.



**Figure 2 : l'évacuation de la cabine déraillée le 12 janvier**

Les dégâts matériels apparents, que nous détaillerons plus loin, touchent la suspension de la cabine déraillée et les structures de la tête du pylône P2.



**Figure 3 : vue de la suspension de cabine déraillée**

### **1.3 - Les mesures prises après l'accident**

De façon satisfaisante, l'information sur l'accident a été transmise dès 22h40 par l'exploitant au cadre d'astreinte du Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG), organisme d'État chargé du contrôle des téléphériques. Les opérations de sauvetage étaient encore en cours. Le cadre d'astreinte en a immédiatement avisé les services qui pourraient être concernés dont le BEA-TT.

L'enquête immédiate de l'exploitant, et celle du STRMTG, ouvertes au lendemain de l'accident, ont conclu que le déraillement était très probablement dû à la formation d'un « coin de glace » dans la goulotte d'appui du câble porteur qui a permis au câble de sortir de son logement au passage du véhicule.

Le Télémétro reste alors arrêté cinq semaines, pour remise en état des éléments endommagés du chariot de cabine et du pylône. Son exploitation reprendra le 21 février 2017, après avis favorable du STRMTG.

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

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 17 janvier 2017 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 et ils ont rencontré les représentants de l'exploitant du Télémétro, la Société d'Aménagement de la Plagne (SAP), ainsi que les agents opérationnels impliqués dans l'accident. Ils ont par ailleurs interviewé une partie des passagers des cabines évacuées. Ils ont également rencontré un représentant de la société DSCA, société d'études missionnée pour effectuer l'enquête interne de l'exploitant, ainsi que les experts du STRMTG. Ils ont eu communication de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à l'analyse.

Dès la remise en service de l'installation, ils ont pu observer, sur la tête de pylône, le fonctionnement en situation normale du téléphérique.





## 2 - Contexte de l'accident

### 2.1 - La station de la Plagne

La station de sports d'hiver de la Plagne est située sur le territoire des communes d'Aime-la-Plagne, de La Plagne-Tarentaise et de Champagny-en-Vanoise, dans le département de la Savoie. Le « Télémétro » est pour sa part à cheval sur le territoire des deux premières.

Le domaine skiable s'étend sur 1 000 hectares, de 1 250 m à 3 250 m. Il comprend 132 pistes balisées totalisant 225 km, et 93 remontées mécaniques. Deux remontées sont des téléphériques, le « Télémétro », objet du présent rapport, et le « Vanoise express » qui relie le domaine de la Plagne à celui des Arcs pour former le grand domaine de Paradiski.

### 2.2 - La société d'exploitation des remontées mécaniques

Les remontées mécaniques du domaine sont exploitées par la Société d'Aménagement de la Plagne (SAP) dans le cadre d'une concession de service public délivrée par le syndicat intercommunal de la Grande Plagne, et dont le terme est 2027.

La SAP est titulaire de cette concession depuis l'origine en 1961. Elle est, depuis 1991, devenue filiale du groupe Compagnie des Alpes. Elle emploie 135 permanents et, pendant la saison hivernale, 550 saisonniers et renforts.

### 2.3 - Le « Télémétro »

Le téléphérique « Télémétro » relie le bâtiment principal d'« Aime 2000 », surnommé le « Paquebot des Neiges », à celui de la Plagne Centre. Les gares sont installées à l'intérieur des bâtiments des deux stations-villages, permettant ainsi aux clients de passer de l'une à l'autre sans sortir à l'extérieur.

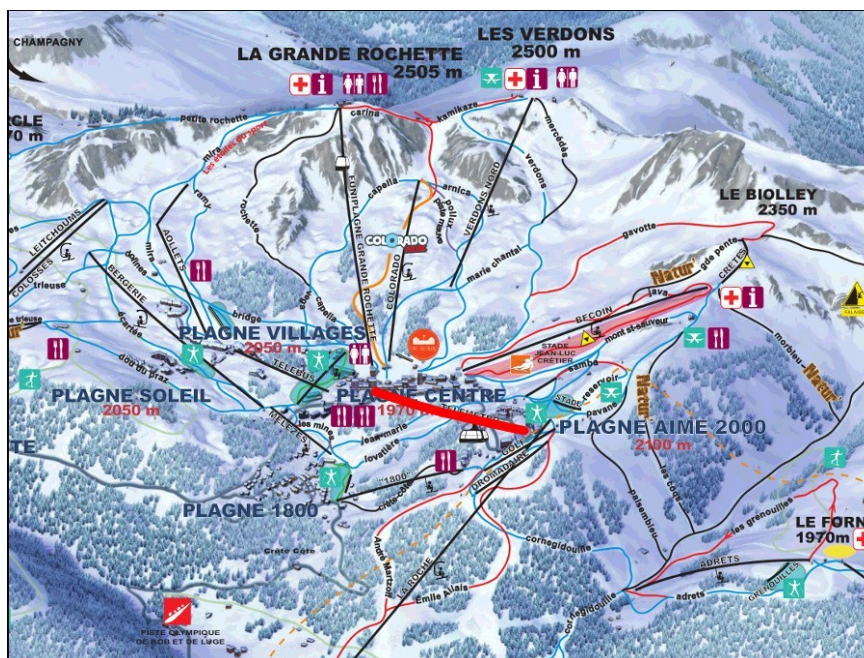


Figure 4 : plan de situation

Le Télémétro est à usage « mixte ». Il sert à la fois de remontée au sein du domaine skiable, mais également de liaison interurbaine. Il était, antérieurement à l'accident, ouvert de 8 h à 1 h du matin.

La capacité de chacune des deux cabines est de 24 personnes. La vitesse d'exploitation est de 6 m/s. Le trajet dure environ 4 minutes ce qui autorise 11 cycles en une heure et un débit moyen de 264 personnes/heure dans chaque sens.

Le Téléméto était, à l'origine de sa construction, géré par la SAP en régime d'affermage. Les coûts de construction étaient alors pris en charge par les communes, et les coûts d'exploitation par la SAP. Depuis 2013, et ce préalablement à d'importants travaux de rénovation, il a évolué en régime concessif. Les investissements de rénovation sont désormais pris en charge par la SAP.



**Figure 5 : vue vers le « paquebot des neiges »  
(la gare haute est au fond à droite)**

L'autorisation de mise en service du Téléméto, suite à la rénovation de 2013, a été délivrée par les maires d'Aime et de Macot-la-Plagne, le 4 juillet 2014.

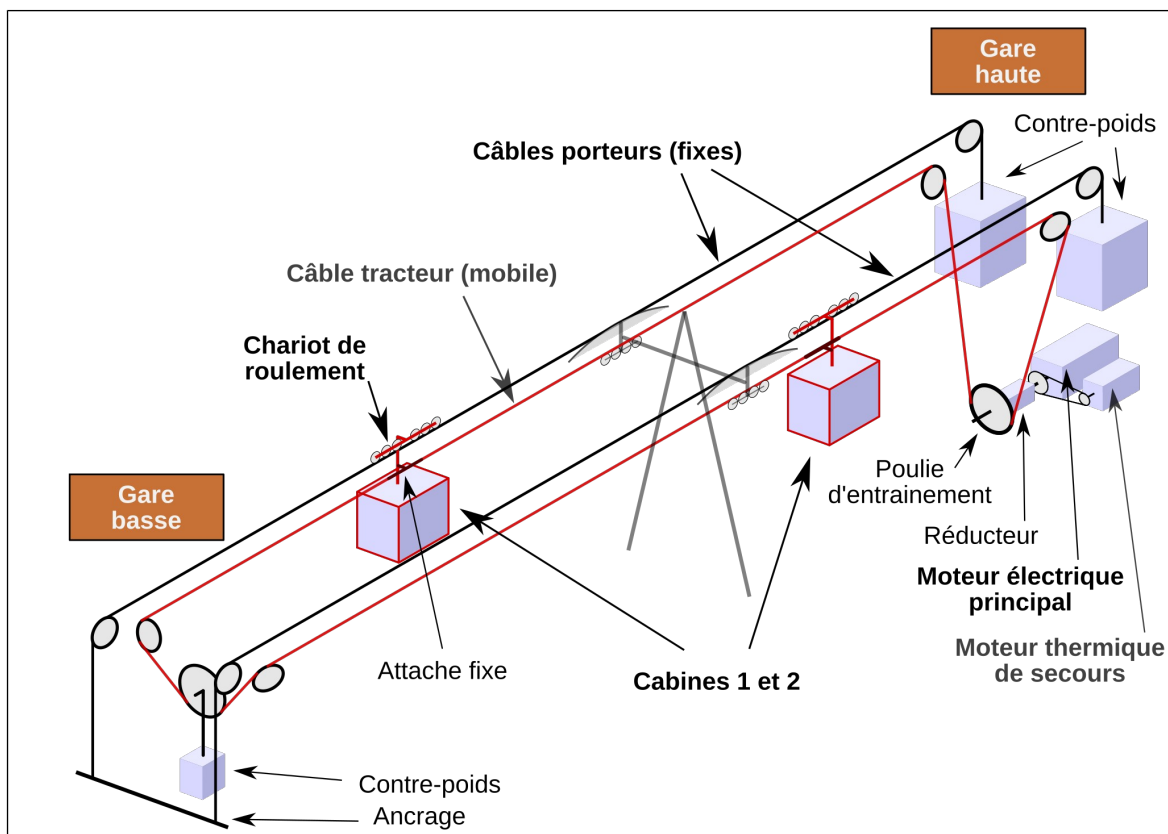
Le règlement d'exploitation a été approuvé par le préfet de Savoie le 2 juillet 2015, le règlement de police, le 15 juillet 2014 et le plan d'évacuation, le 24 décembre 2013.

Une autorisation d'exploitation, sans opérateur en gare basse, a été délivrée par le STRMTG, le 9 septembre 2016.

Le Téléméto respectait ainsi, au 12 janvier 2017, la réglementation en vigueur.

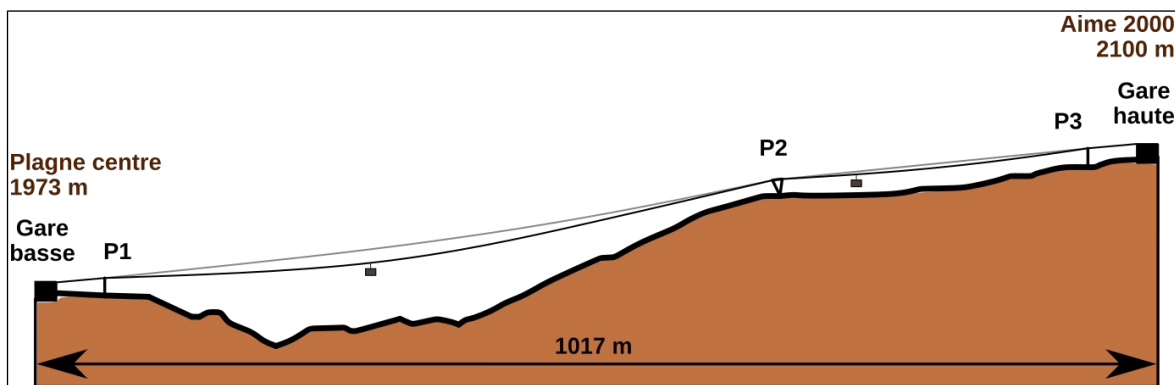
## 2.4 - Les caractéristiques techniques générales

Le Téléméto est un téléphérique de type « double voie à va-et-vient ». Deux cabines se déplacent sur des voies séparées disposant chacune de son câble « porteur ». Les cabines sont fixées à un câble « tracteur » qui forme une boucle. Ainsi les cabines circulent en direction opposée l'une de l'autre de façon alternée en va-et-vient : une cabine va de la gare basse vers la gare haute tandis que l'autre va de la gare haute pour rejoindre la gare basse.



**Figure 6 : principe de fonctionnement du Téléméto**

La distance entre les gares est de 1 017 m sur laquelle se répartissent trois pylônes : P1 et P3 à l'approche des deux gares et P2, intermédiaire au deux tiers de la distance. C'est sur ce pylône qu'a eu lieu le déraillement. La portée la plus longue est de 632 m entre P1 (en bas) et P2. La dénivelée est de 127 m entre la gare basse et la gare haute.



**Figure 7 : profil en long du Téléméto**

Ces caractéristiques placent le Télémétro dans la catégorie des téléphériques « gros porteurs » de petite taille.

Le Télémétro a été mis en service le 20 janvier 1971, il y a donc plus de 45 ans. Il a totalisé environ 90 000 heures d'utilisation, ce qui est important pour un téléphérique à va-et-vient.

Il a connu en 2013, une importante rénovation réalisée par la société ERIC, qui a porté sur :

- l'ajout du pylône P1, à proximité de la gare basse, pour relever la hauteur du profil en long et mieux dégager le gabarit routier de la voirie qui passe à cet endroit ;
- le remplacement du poste de conduite, des systèmes électriques de sécurité, et l'amélioration de certains automatismes (portes des gares, guidage à quai) ;
- le remplacement des deux cabines, ainsi que la grande révision des chariots de roulement de celles-ci ;
- le remplacement des appuis en bronze des câbles porteurs sur les anciens pylônes P2 et P3.

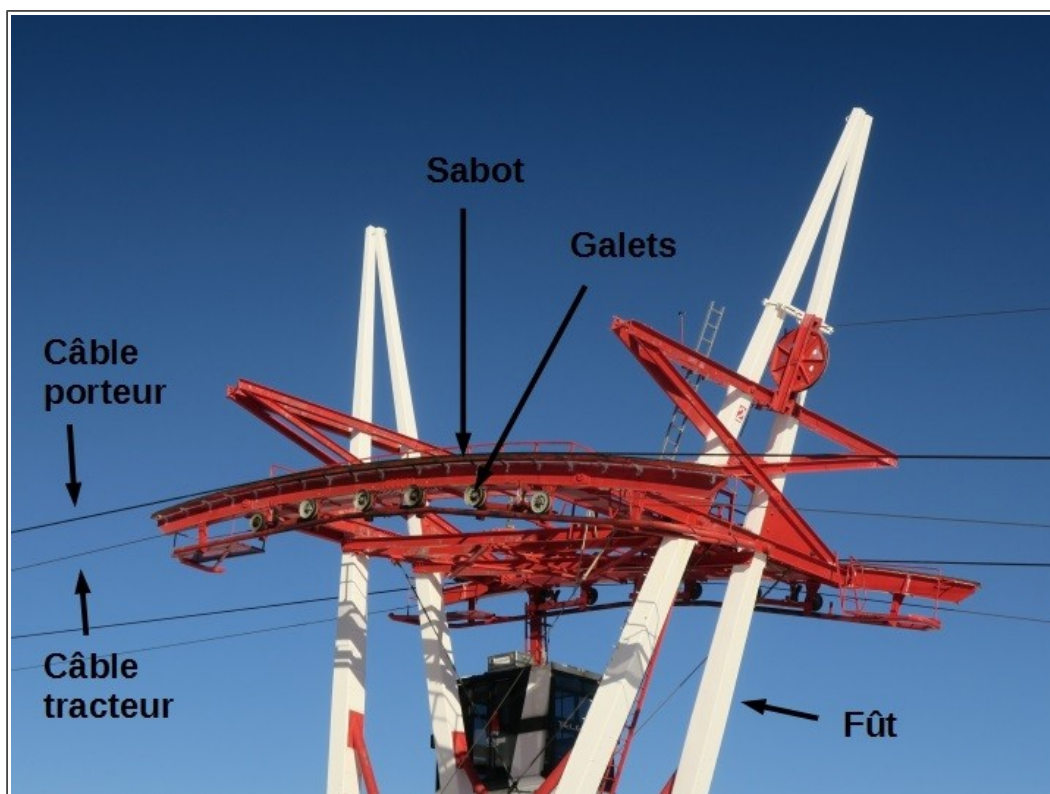
Ces travaux visaient ainsi à une régénération assez en profondeur de l'installation, pour simplifier son exploitation.

Le Télémétro a connu un déraillement depuis sa construction, en 2009, sur lequel nous reviendrons plus loin.

## 2.5 - Le pylône P2

Le pylône P2 supporte les câbles porteurs des deux lignes de cabine et le câble tracteur.

Le câble tracteur, qui est mobile, s'appuie sur le pylône au moyen de deux lignes de 6 galets situées de part et d'autre de son sommet.

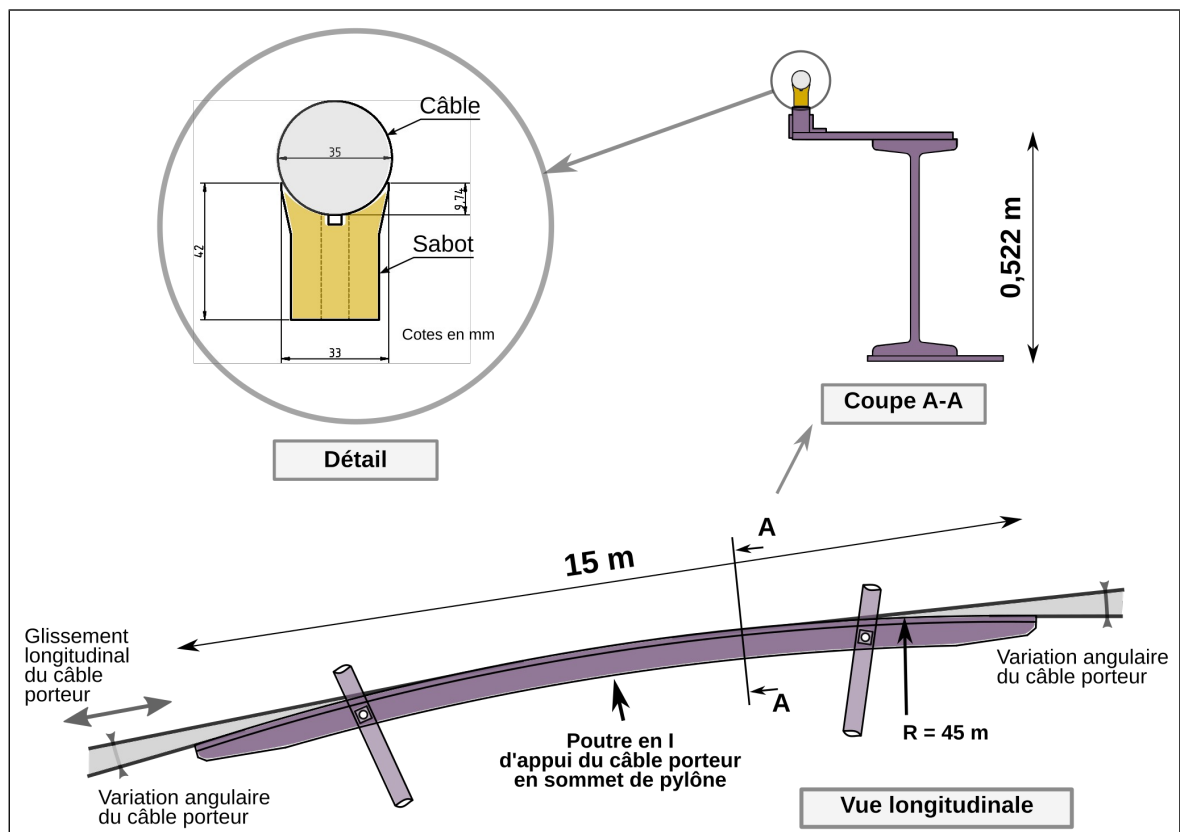


*Figure 8 : vue de la partie haute du pylône*



L'appui des câbles porteurs est réalisé de part et d'autre du pylône, sur deux poutres en « I » en arc de cercle de 15 mètres de longueur, fixées aux mâts du pylône. Le câble repose au sommet de la poutre en « I », dans un sabot à forme de gorge (figure 9). La conception du sabot lui confère les fonctions suivantes :

- il réalise, sur sa longueur, la déviation angulaire du câble de façon progressive de manière à permettre un passage à grande vitesse du chariot de suspension de la cabine qui roule sur le câble porteur ;
- il accepte des variations angulaires du câble à ses extrémités qui dépendent de la position de la cabine en ligne et de son chargement ;
- il maintient le câble transversalement, vis-à-vis des efforts latéraux, notamment ceux produits par le vent ;
- il autorise le câble à se mouvoir de quelques mètres dans le sens longitudinal, pour s'adapter à sa déformation longitudinale, qui, compte tenu de la souplesse du câble, change selon le positionnement de la cabine sur la ligne.



**Figure 9 : appui du câble porteur en tête de pylône**

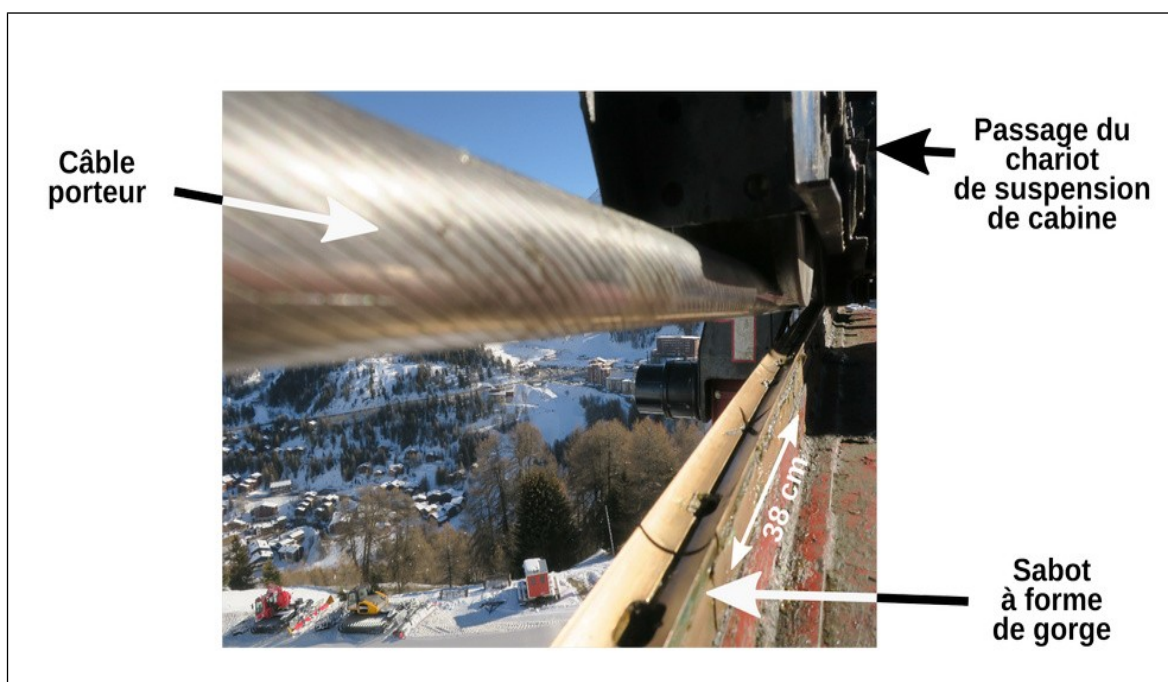
Le câble s'appuie sur une longueur de sabot qui est variable selon l'angle pris par le câble à l'entrée et à la sortie.

Des évidements en fond de sabot, permettent d'empêcher, autant que possible, l'accumulation d'eau, de neige ou de glace dans la gorge. Le graissage fréquent du sabot permet aussi de faciliter le glissement longitudinal du câble dans celui-ci.



**Figure 10 : vue de l'appui du câble porteur en tête de pylône**

Par disposition constructive, le sabot est constitué de 39 plots de bronze d'une longueur de 38 cm, juxtaposés en alignement les uns à la suite des autres sur les 15 mètres de longueur de la poutre en « I ».



**Figure 11 : détail du sabot d'appui en bronze du câble porteur**

Chaque câble porteur est de type « câble clos » de diamètre 35 mm. La couche enveloppante de fils d'acier (dits fils « Z » en raison de la forme de leur section) leur confère une surface lisse, étanche et d'une grande dureté. Ils ont une tension nominale de 52 000 daN (kg<sub>f</sub>).

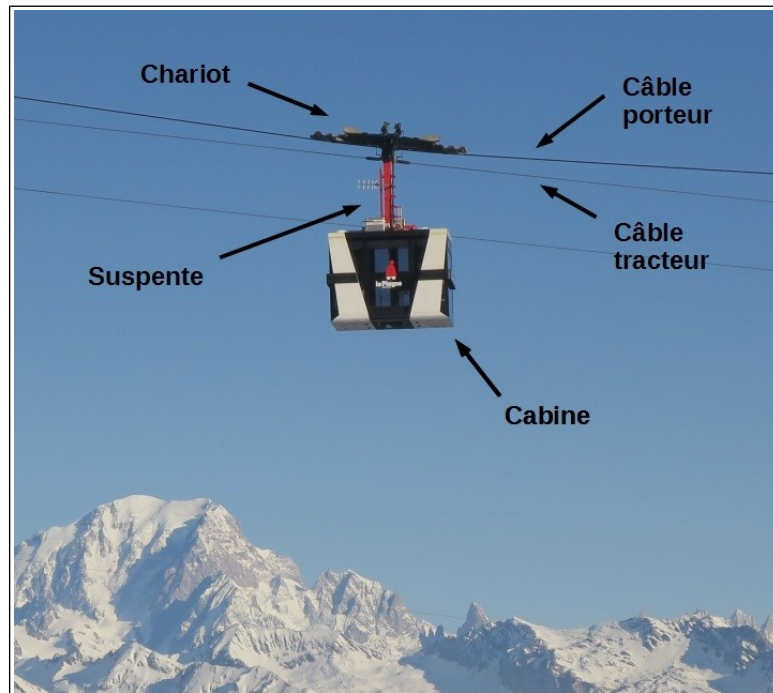
Le câble tracteur est un câble toronné de diamètre 20,8 mm. Sa tension nominale est de 7 000 daN (kg<sub>f</sub>).

## 2.6 - Les cabines de transport de passagers

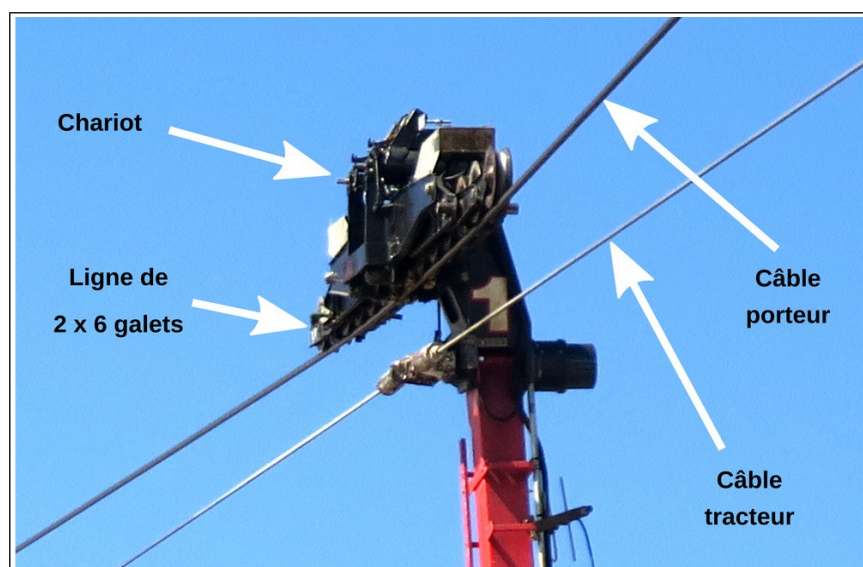
Les deux véhicules de transport de passagers comprennent 3 parties :

- la cabine ;
- la suspenste, sur laquelle est accrochée le câble tracteur qui déplace la cabine ;
- le chariot, qui réalise l'appui sur le câble porteur par l'intermédiaire de 12 galets roulants disposés en deux groupes de 6.

La cabine a une masse à vide de 1 600 kg à laquelle s'ajoute la masse du chariot et de la suspenste de 970 kg.



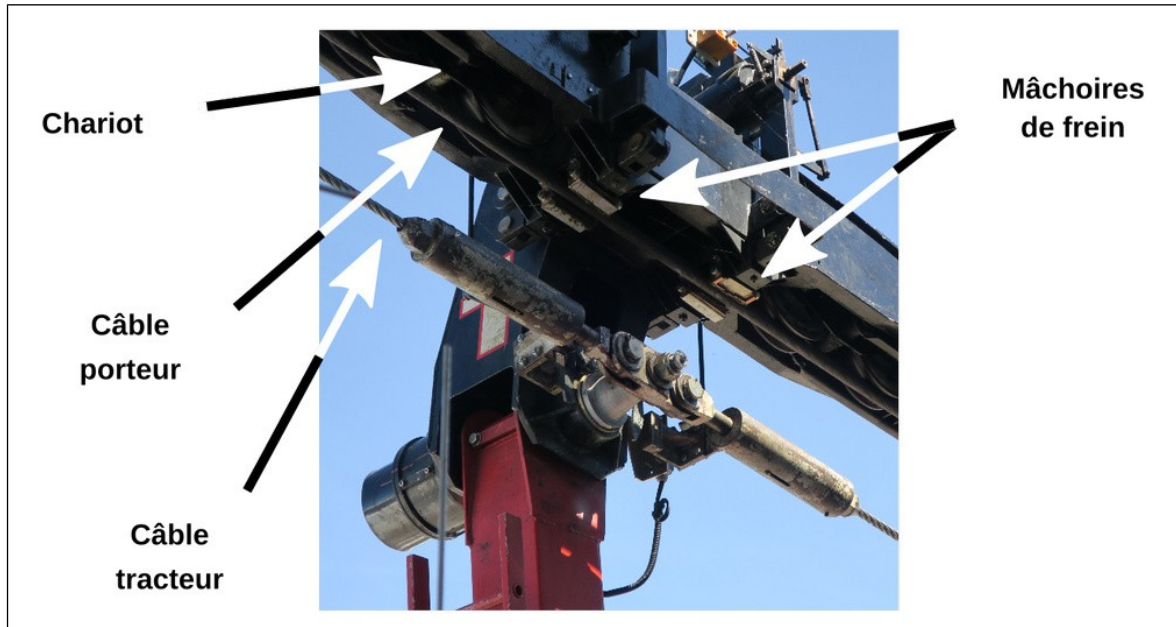
*Figure 12 : les constituants du véhicule*



*Figure 13 : vue du chariot*

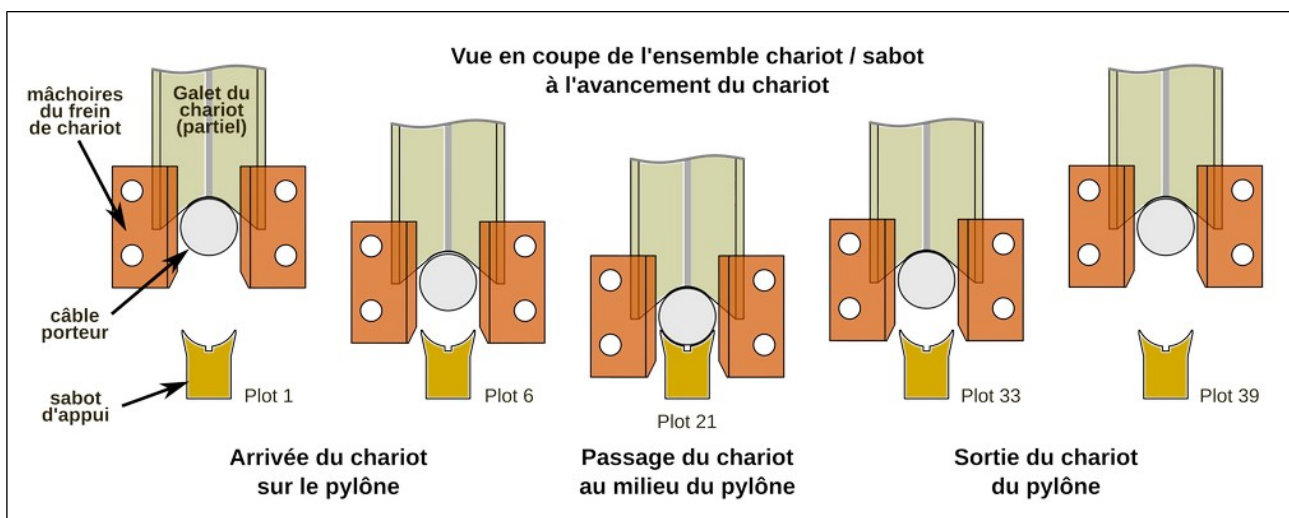


Le chariot a la particularité d'être équipé d'un frein intégré qui permet à tout moment, en cas de rupture ou d'absence d'entraînement du câble tracteur, de stopper la cabine en pinçant le câble porteur. Le frein est constitué de deux mâchoires placées au centre du système des galets, espacées de 35 cm. Il est actionné mécaniquement en cas de détection d'une baisse de tension du câble tracteur qui serait révélatrice d'une potentielle rupture de celui-ci.



**Figure 14 : le frein de chariot**

Au passage des pylônes, les mâchoires du frein de chariot viennent enserrer le sabot d'appui du câble porteur (voir figure 15). Nous verrons plus loin que le frein joue un rôle important dans l'accident.



**Figure 15 : passage du frein de chariot sur le pylône**



## 2.7 - Les systèmes électriques et de sécurité

Le Télémétro est tracté par un moteur électrique d'une puissance de 100 kW.

En cas de panne de celui-ci, il peut être secouru par un moteur diesel qui s'accouple alors manuellement à l'arbre de transmission reliant le moteur électrique à la poulie d'entraînement du câble tracteur.



**Figure 16 : la salle des moteurs sous le poste de conduite**

Le système de conduite, installé depuis 2013, a été construit par la société SEIREL Automatisme, qui développe des équipements électriques et des automatismes de sécurité, pour les transports à câbles.



**Figure 17 : le pupitre de conduite en gare haute (photo Internet)**

Le système permet d'assurer une conduite en mode automatique.

En cas d'apparition de certains types de défauts (vent fort, sur-vitesse, sur-puissance...), un arrêt de sécurité est commandé.

L'un des défauts est le chevauchement entre les câbles tracteur et porteur, phénomène assez connu sur les téléphériques à va-et-vient. Ce type de chevauchement se produit parfois en raison de la longue portée des câbles et des oscillations de ceux-ci.

La détection du chevauchement s'effectue au moyen d'un dispositif électrique qui consiste à isoler électriquement, de façon permanente, le câble tracteur et à le mettre sous tension électrique. En cas de perte de la tension, il y a suspicion d'un contact anormal et dangereux du câble tracteur avec un élément extérieur à la masse, comme le câble porteur. Un arrêt de sécurité est alors commandé.

Le défaut de chevauchement est affiché sur l'écran de commande sous la dénomination : défaut d'« isolement câble ». Il est à noter que le terme « isolement câble » est ambigu. Il fait penser à un incident électrique alors que cette sécurité vise à détecter un problème mécanique (chevauchement de câble voire déraillement).

## 2.8 - Le mode d'exploitation de l'appareil

Le Télémétro est autorisé depuis 2016 en conduite à agent seul, celle-ci s'effectuant par le conducteur<sup>1</sup> situé au poste de conduite en gare haute. Les caméras de surveillance permettent de contrôler les opérations d'embarquement des passagers dans la gare basse.

Cette possibilité n'est toutefois pas mise en œuvre de façon permanente. Une personne, « référente de station-retour », demeure en gare basse, pour assister les clients et faire respecter le nombre maximal de personnes montantes.

À l'heure de la coupure de déjeuner ou de dîner du conducteur, la personne référente de station-retour a pour consigne de monter au poste de conduite pour remplacer le conducteur. Elle supervise alors les navettes, en mode automatique, par délégation. Le conducteur en titre reste à proximité dans le bâtiment. Cette organisation est mise en place d'entente entre la direction et les opérateurs. Les documents d'exploitation ne font pas mention de cette facilité.

---

1 La terminologie de « conducteur » a changé dans la dernière édition de la réglementation. On parle désormais de personnel affecté aux « missions de conduite ». L'étendue des missions de conduite peut varier d'une personne à une autre. Pour des raisons de commodité, nous avons conservé la terminologie d'origine de « conducteur ».

### **3 - Compte rendu des investigations effectuées**

#### **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 - La référente de station-retour**

Au moment de l'accident, la référente de station-retour était au poste de conduite en remplacement du conducteur en titre pendant sa pause dîner. Elle allait être bientôt relevée. Elle n'effectuait ce type de remplacement que depuis le début de la saison.

Elle ne connaît pas la conduite du Télémétre et effectue uniquement une conduite en mode automatique, consistant à donner l'ordre de départ.

À 21h04, un voyage était en cours. Elle avait vu un client monter en gare haute avec qui elle avait échangé quelques mots en anglais, et, sur les caméras, 4 à 5 clients monter en gare basse.

Il y a eu un « grand » bruit, des vibrations sous ses pieds et la neige est tombée des structures. Le Télémétre s'est arrêté. Elle a alors appelé le conducteur au téléphone et celui-ci est arrivé quelques secondes après.

Le rôle de la référente de station s'est ensuite limité à quelques échanges au moyen de la phonie avec les clients en cabine. Pour le client qui était dans la cabine descendante, qui était de nationalité étrangère, la sœur de celui-ci est venue au poste de conduite, prévenue par téléphone par le client, pour faire la traduction.

##### **3.1.2 - Le conducteur**

Le conducteur connaît le Télémétre. Il le conduit depuis 28 ans.

À 21h04, il était en coupure de dîner. Il est appelé au portable par la référente de station-retour qui le remplace et qui lui dit que le Télémétre s'est arrêté avec un bruit. Il se rend alors au poste de conduite et constate au pupitre une alarme « isolement câble ».

L'installation connaît généralement peu de pannes, mais il a déjà vécu des défauts d'isolement câble, liés à des problèmes électriques sans gravité. Il sait qu'à cette heure-là, il n'y a pas de technicien d'assistance présent sur la station. Il s'inquiète pour les passagers et décide alors de faire une tentative de rapatriement en « shuntant » le défaut.

Il met en place la clef de déverrouillage des sécurités, shunte le défaut, puis effectue une première tentative de redémarrage, suivie d'autres, dans les deux sens. Plusieurs défauts s'affichent, qu'il shunte à leur tour. Cela ne fonctionne pas. À aucun moment, il ne s' imagine un déraillement. Il ne voit pas la ligne dans l'obscurité.

Il appelle alors l'électricien d'astreinte au téléphone et ils parlent ensemble d'essayer au moteur thermique. Il descend dans la salle des moteurs et lance des tentatives de redémarrage avec le moteur thermique, vaines également. Arrive alors l'électricien d'astreinte qui fera les actions qui suivront.

##### **3.1.3 - L'électricien d'astreinte**

L'électricien d'astreinte ce jour-là est appelé à 21h23. Il était d'astreinte pour les trois installations qui restent ouvertes après 19 h et qui servent en soirée aux déplacements

des vacanciers entre les hameaux de la station. Il ne s'occupe pas du Téléméto en temps normal et ne connaît pas l'installation.

Au téléphone, le conducteur lui parle avec confusion d'un arrêt du Téléméto avec des clients bloqués, d'un isolement du câble de traction, de shuntages qui ne donnent pas de résultat. L'électricien ne parvient pas à bien comprendre.

Habitant dans la vallée, il prend la décision de remonter à la station, après avoir évoqué la possibilité d'un secours au moteur thermique.

Le trajet en voiture est difficile. Il neige abondamment. Sur la route, il appelle le cadre d'astreinte pour l'informer de la panne. Le conducteur du Téléméto le rappelle ensuite pour lui dire que le rapatriement ne marche pas avec le moteur thermique.

Il arrive à la gare haute vers 22 h. Il trouve le conducteur dans le local de motorisation, à l'étage situé sous le poste de conduite. Il effectue alors, avec le conducteur, deux ou trois tentatives d'entraînement avec le moteur thermique mais le câble tracteur résiste à tout mouvement. Il en conclut que le câble est bloqué et qu'il faut contrôler au niveau des pylônes.

Il descend en voiture jusqu'au pylône P2 et constate, d'en bas, le déraillement du chariot de la cabine située à cet endroit. Il appelle alors le cadre d'astreinte et l'évacuation est déclenchée.

Il descend aux bureaux de la SAP prendre un équipement de sécurité et retourne au pylône pour y monter et confirmer de plus près le déraillement. Arrive alors l'équipe de sauvetage qui prend en charge l'évacuation.

### **3.1.4 - Le passager présent dans la cabine déraillée**

Le passager se rendait d'Aime 2000 à Plagne Centre.

Seul en cabine, tout lui semblait normal jusqu'à l'arrivée sur le pylône P2. Il neigeait abondamment. Il était debout. Dès l'arrivée sur le pylône, la cabine s'est mise à basculer de droite à gauche et de gauche à droite (perpendiculairement au sens de la marche), à trois ou quatre reprises. Il a été obligé de s'accrocher à la barre verticale d'appui, mais n'a pas ressenti un danger particulier. Il n'a entendu ni choc, ni bruit anormal de son point de vue. Il n'a pas non plus eu de sensation de chute.

La cabine s'est arrêtée après le pylône. Il n'y avait pas de vent perceptible.

Quinze minutes plus tard, il est contacté par une opératrice (la référente de station-retour) sur la phonie, mais il ne peut échanger avec elle, car il ne comprend pas le français et qu'elle ne parle pas assez l'anglais. Il appelle alors sa femme et sa sœur sur son téléphone portable. Celles-ci se rendent au poste de conduite et vont dès lors le tenir informé en direct des événements.

Durant les 25 min qui suivent, il constate deux ou trois tentatives de redémarrage, en avant et en arrière. La cabine se déplace lentement sur des distances qu'il évalue à 3 / 4 mètres. Il se repère au pylône et à l'hôtel situé derrière, qui est éclairé et qu'il voit assez bien.

Sa famille le prévient qu'un technicien est là (le conducteur) et essaye de redémarrer l'installation. Puis 40 min après, elle l'informe qu'un mécanicien est arrivé (l'électricien) mais que le moteur est en panne. Elle lui dit alors qu'il va être évacué.

Pendant tout ce temps, il supporte l'attente, étant en contact téléphonique régulier avec ses proches, mais il souffre du froid. Il ne s'attendait pas à être immobilisé et était vêtu légèrement sans parka.

Deux heures environ après l'arrêt, il voit quelqu'un monter sur le pylône à côté de lui. L'équipe de sauvetage arrive ensuite. Les opérations se déroulent alors très vite. Une personne vient par le toit de la cabine, puis il est descendu en sécurité par un cordage. Après que l'on se soit assuré qu'il allait bien, il est ramené à son hôtel.

### 3.1.5 - *L'un des passagers présents dans la cabine montante*

Le passager était présent dans la cabine montante avec un groupe de trois amis. Ils se rendaient de la Plagne Centre à un restaurant d'Aime 2000.

En cours de montée, il y a eu un arrêt brusque et violent, puis aucune information pendant 20 min. Une annonce d'une opératrice (la référente de station-retour) les a alors renseignés sur la situation.

Ils ont fortement froid dans la cabine, ce qui les oblige à bouger pour se réchauffer. Ils ressentent quelques mouvements de la cabine que le témoin attribue au vent.

Au bout de deux heures, sans nouvelle information malgré les tentatives d'appel par la phonie, il contacte un ami d'Aime qui descend au poste de conduite et les renseigne sur la situation : une panne du moteur thermique. Il comprend que cela risque d'être long.

Un appel en phonie informe les passagers d'une évacuation par corde, 2 h 12 min après l'arrêt. Les secouristes sont alors arrivés par les câbles et les ont évacués un à un au sol.

### 3.2 - **Les conditions météorologiques**

La hauteur de neige tombée le 12 janvier a été de 40 cm. Il s'agissait de la première chute significative de neige de la saison. La température maximale de la journée a été de +4 °C et la minimale de -12 °C.

La pluie est arrivée dans l'après-midi puis la neige vers 17 h. Des rafales de vent se sont fait sentir en fin d'après-midi. L'anémomètre du pylône P2 a déclenché l'alarme de vent fort (10 m/s) à 19 h 31 et à 19 h 53. La vitesse du vent n'a pas dépassé la vitesse d'arrêt de l'installation de 15 m/s. Le vent relevé au graphique du poste de conduite était de 5 m/s au moment de l'accident.

### 3.3 - **Les données enregistrées par l'automate de conduite**

Les informations enregistrées par la supervision de l'automate de conduite permettent l'analyse des conditions d'exploitation durant la journée du 12 janvier 2017.

#### 3.3.1 - *Les données enregistrées juste avant l'accident*

Le relevé informatique donne les résultats suivants :

- l'exploitation de la journée a permis d'effectuer 130 voyages sans défaut, avec toutefois deux alarmes « vent fort » (vent supérieur à 10 m/s) au pylône P2 à 19 h 31 et à 19 h 53 ;
- l'avant-dernier voyage commence à 20 h 57 min 17 s et dure 303 secondes, soit une vitesse moyenne de 3,39 m/s sur un cycle complet ;
- le dernier voyage commence à 21 h 03 min 13 s ;
- un **défaut d'isolement du câble tracteur** apparaît à 21 h 04 min 47 s, soit 1 min 34 s après. Il déclenche automatiquement un ordre d'arrêt sécuritaire au frein de service ;
- l'arrêt s'effectue 8 secondes plus tard, ce qui correspond à une décélération normale.

Ce relevé montre donc que l'arrêt de la cabine provient de la détection du défaut d'isolement du câble tracteur. Les premières constatations visuelles faites au lendemain de l'accident permettent de conclure que ce défaut résulte de la mise en contact du câble porteur (électriquement à la masse), avec le câble tracteur (sous tension électrique), suite à son déraillement.

La cabine avait une vitesse initiale d'environ 3,5 m/s. L'arrêt a pris 8 s. La distance parcourue par la cabine a donc pu être environ de 14 m après l'apparition du défaut ( $d = v \cdot t / 2$ ).

### 3.3.2 - Les données enregistrées immédiatement après l'accident

Postérieurement au défaut d'isolement qui correspond au déraillement du câble porteur, le relevé donne les résultats suivants :

- à 21 h 08 min 43 s, le conducteur décide de s'affranchir de certaines sécurités par la clé de pontage<sup>2</sup> et sélectionne **quatre** d'entre elles (positionnement télémétrique des cabines 1 et 2 (GI1 et GI2), traction à vitesse nulle (RV0) et isolement câble). Pour une meilleure compréhension, une description plus complète des différents types de pontage possibles est donnée en annexe 2.
- un premier démarrage a lieu à 21 h 09 min 46 s. Un défaut de vitesse de câble inférieur à 0,10 m/s apparaît alors, mais il reste sans effet, car la sécurité « vitesse nulle » est pontée. Au bout de 97 secondes, l'opérateur retire le pontage « isolement de câble ». Ceci provoque immédiatement l'arrêt. En effet, le câble tracteur est toujours en contact avec le câble porteur. La distance qui a pu être parcourue par la cabine lors de cette manœuvre est inférieure à 9,7 m (97 s à moins de 0,10 m/s) ;



**Figure 18 : les pontages possibles de l'automatisme de sécurité**

- à 21 h 12 min, l'opérateur établit à nouveau le pontage « isolement de câble » et valide aussi **21 autres pontages**, ce qui représente toutes les sécurités en place, à une près (DTM : défaut tachymétrie moteur, qui, par construction, ne peut être ponté en même temps que le DTC : défaut tachymétrie câble). On note le pontage de la sécurité de surcharge moteur qui a pour effet de ne pas borner la puissance de traction du moteur électrique.

<sup>2</sup> Nous employons ici indifféremment le terme de shuntage, utilisé dans le langage courant, et celui de pontage, utilisé dans la documentation technique et la réglementation. Ils ont le même sens.



- un second démarrage a lieu à 21 h 13 min 55 s. Il est interrompu au bout de 108 secondes par un défaut provenant, non pas du calculateur de l'automate de sécurité, mais d'un autre organe de sécurité au niveau des armoires de commande de la transmission. La distance ayant pu être parcourue est inférieure à 10,8 m.
- s'ensuivent **10 autres démarrages**, arrêtés par différentes sécurités résiduelles non pontables, comme le contrôle de la « pédale d'homme mort » qui n'est pas toujours actionnée par le conducteur. La vitesse du moteur est faible, voir nulle dans les 8 derniers cas.

L'examen du relevé de la supervision révèle ainsi une bonne cohérence avec les témoignages recueillis : l'installation s'est arrêtée automatiquement suite à l'activation de la sécurité « isolement du câble tracteur ». Elle a ensuite été redémarrée après shuntage des sécurités, et manœuvrée dans une direction puis l'autre. Le conducteur a d'abord fait le choix d'un redémarrage dans le sens initial, puis il a privilégié un rapatriement des cabines dans l'autre sens, la cabine située sur le pylône P2 remontant vers la gare haute. Ces déplacements ont, à chaque fois, fait moins d'une dizaine de mètres. La cabine déraillée a terminé sa course dans le pylône venant se coincer dans celui-ci, selon les constatations visuelles immédiates après l'accident. Les dernières tentatives de traction pour ramener la cabine vers la gare haute n'ont eu aucun effet.

Au total, nous pouvons conclure que l'accident se décompose en deux séquences bien distinctes :

- l'accident proprement dit, où a lieu le déraillement du câble porteur, son chevauchement sur le câble tracteur, et l'arrêt de l'installation ;
- puis, les tentatives de rapatriement de la cabine par l'opérateur, qui auraient pu produire un « sur-accident », et qui n'ont toutefois pas eu de conséquences graves.

Le déraillement du chariot de la cabine s'est produit, avec une très forte présomption, immédiatement après le déraillement du câble porteur, comme nous le verrons plus loin.

Nous avons, dans un premier temps, focalisé notre attention sur la première séquence, celle du déraillement.

### 3.4 - Les constats sur le câble porteur

À la suite de l'accident, on peut constater que le câble porteur n'est plus en appui au sommet du pylône sur le sabot longitudinal d'une quinzaine de mètres qui le soutient normalement. Il est descendu d'un demi-mètre environ et est venu se placer sur les 6 galets de roulement du câble tracteur, guidé par les rattrape-câbles sécurisant le câble tracteur (appelés citres de réengagement).



*Figure 19 : vue de dessus du câble porteur superposé au câble tracteur*

L'examen magnétographique et visuel du câble a posteriori ne fait pas apparaître de défaut. Seuls deux impacts millimétriques ont été détectés, mais rien ne permet d'affirmer qu'ils sont en rapport avec l'accident. Ont été repérés aussi quelques résidus de bronze, logés dans les interstices des fils "Z" formant la couche externe qui gaine le câble, mais ces résidus avaient été observés antérieurement à l'incident.

Il n'y a donc pas de trace vraiment significative sur le câble. Ce câble est d'une grande dureté et il n'a pas été au contact de pièce de nature à le rainurer ou à le blesser dans sa chute.

### 3.5 - Les constats sur le pylône P2

Les traces de l'accident concernant le pylône P2 sont observées sur les **plots de bronze** constituant le **sabot d'appui** du câble porteur.

Les plots sont fortement détériorés et présentent les entailles suivantes (dans le sens de la cabine, de la gare haute vers la gare basse) :

- les lèvres de gorge ont des marques d'indentation, voire quelques très légers arrachements, sur la première moitié des plots (entre le 6<sup>e</sup> et le 21<sup>e</sup> plot), principalement sur la lèvre intérieure ;
- les lèvres sont arrachées à partir de la deuxième moitié, d'abord la lèvre intérieure puis les deux après le 35<sup>e</sup> plot jusqu'au 39<sup>e</sup> plot d'extrémité.

On peut, en toute évidence, conclure que ces endommagements sont révélateurs du **raclement du sabot** par une pièce intégrée ou accrochée au chariot de cabine. Le raclement est principalement sur la lèvre intérieure, moins important en début de sabot, et très prononcé en fin.

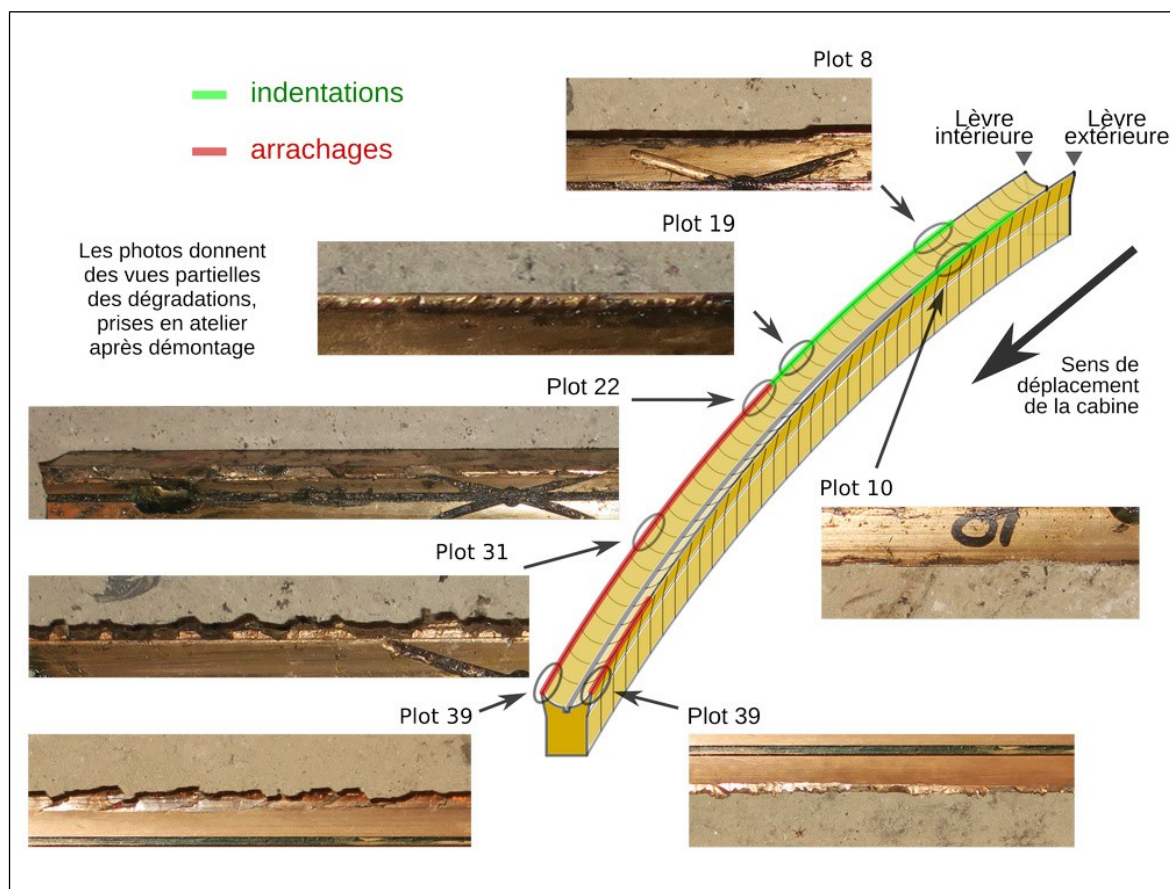
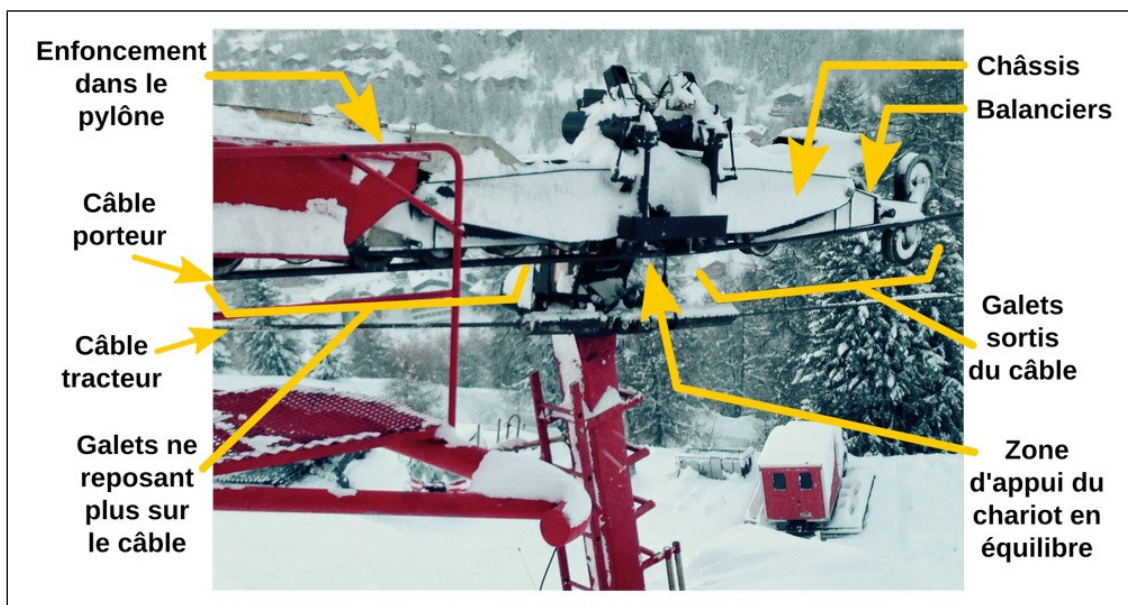


Figure 20 : illustration des dégradations des bronzes du sabot en tête de pylône



### 3.6 - Les constats sur la cabine accidentée

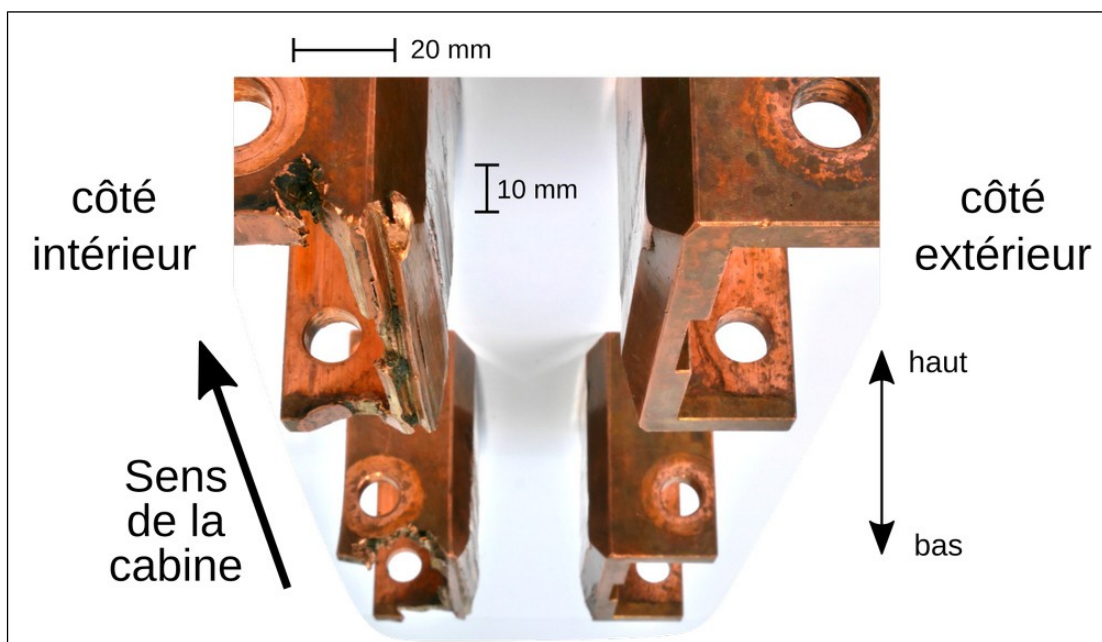
À la suite de l'accident, le chariot de cabine n'est plus en appui sur ses 12 galets de roulement. À l'avant, vers la vallée, les 6 premiers galets sont hors du câble et l'on distingue bien les deux premiers qui sont retournés. À l'arrière les 6 derniers galets sont légèrement plus haut que le câble et ne repose plus sur celui-ci. Le chariot s'appuie en équilibre sur le câble par le milieu de son corps. Le chariot est légèrement coincé dans la superstructure du pylône à son arrière.



*Figure 21 : vue du chariot de cabine déraillé*

L'examen en atelier du chariot montre de légers chocs sur le châssis, les galets, et les balanciers qui relient le châssis aux galets. Rien n'a permis d'établir que ces légers chocs étaient en rapport avec l'accident.

En revanche, le **frein de chariot** présente une détérioration très accentuée qui a eu lieu lors de l'accident : les **plaquettes de frein** en cuivre sont nettement endommagées.

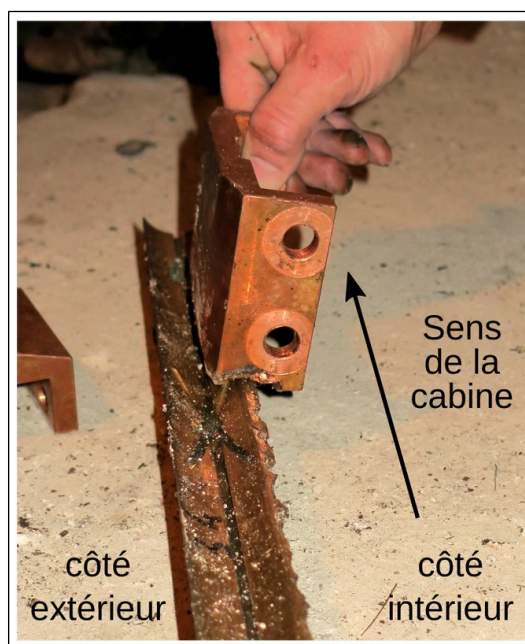


*Figure 22 : vue des dégradations des plaquettes de frein après leur démontage*

Comme on peut le remarquer sur la figure 22, qui montre l'état des quatre plaquettes du chariot repositionnées l'une par rapport à l'autre après leur démontage, on observe de larges entailles sur les plaquettes côté intérieur (vers l'intérieur des lignes de cabine). La profondeur d'entaille atteint 10 mm et la largeur 20 mm.

### 3.7 - Correspondance des marques des plaquettes de frein et des bronzes

Les engravures des plaquettes coïncident assez exactement avec celles mises en évidence sur le sabot. Elles témoignent, compte tenu de l'absence d'autre détérioration, du raclement des deux pièces entre elles.



**Figure 23 : mise en correspondance des marques des plaquettes et des bronzes**

En prenant en compte les duretés relatives des matériaux en contact, données dans le tableau ci-dessous, nous pouvons conclure quelle pièce a endommagé quelle autre.

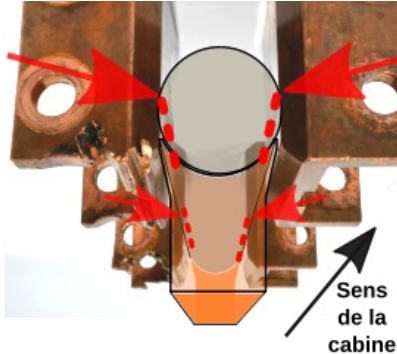
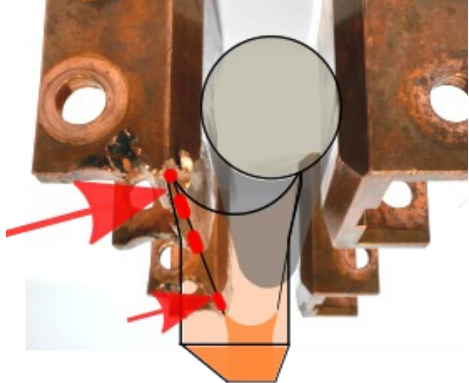
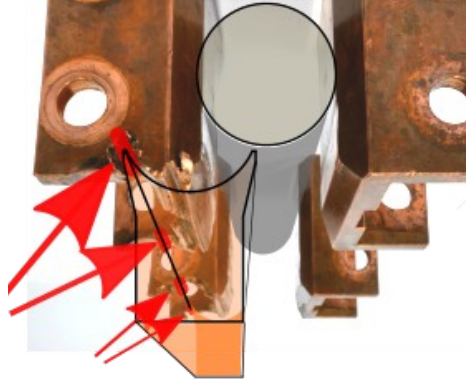
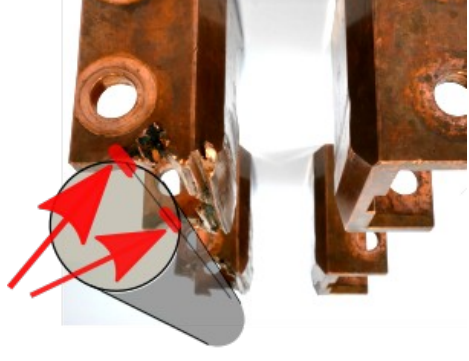
<i>Pièce</i>	<i>Élément</i>	<i>Matériau</i>	<i>Indice de dureté Vickers en kg/mm<sup>2</sup></i>
Plaquette	Chariot	Cuivre	49 à 87
Sabot	Pylône	Bronze	120 à 150
Support de plaquette	Chariot	Acier	200 à 400

**Tableau comparatif des duretés des matériaux**

Ainsi :

- le bronze du sabot a entaillé les plaquettes de cuivre, plus tendres ;
- et le bronze a lui-même été entaillé par l'acier du support de fixation des plaquettes placé derrière celles-ci (à l'intérieur du creux du U formé par la plaquette), et situé en renforcement de 5 mm dans la hauteur.

L'observation plus attentive des plaquettes montre quatre faciès de dégradation qui correspondent à quatre positionnements relatifs des pièces entre elles :

Position 1	<p>Première série d'empreintes et de rayures <b>sur le plat intérieur des plaquettes</b> :</p> <p>Ces marques longitudinales correspondent à des frottements du câble en position normale, lors de freinages, d'essais de freinage, ou de glissements câble/plaquette en ligne. Le sabot passe entre les plaquettes en position normale. Le fonctionnement est normal et n'est pas lié à l'accident.</p> <p>(voir figure 22 pour un détail des marques)</p>	
Position 2	<p>Seconde marque, très bien engravée, à <b>l'angle du chanfrein et de la face inférieure</b> :</p> <p>Cette marque longitudinale correspond au glissement anormal de l'angle inférieur de la plaquette sur la lèvre du sabot.</p>	
Position 3	<p>Troisième engravement, très prononcé, <b>sur la face inférieure</b> :</p> <p>Cette marque longitudinale est la dégradation principale. Elle correspond au raclement anormal de la face inférieure de la plaquette sur la lèvre du sabot.</p> <p>Dans cette situation, le câble est chassé du sabot.</p>	
Position 4	<p>Quatrième marque, qui se superpose à la précédente et de forme arrondie, <b>sur la face inférieure de la plaquette aval</b> :</p> <p>Cette marque longitudinale correspond au glissement des plaquettes sur le dessus du câble.</p> <p>Cette situation s'est produite après le déraillement du chariot.</p>	

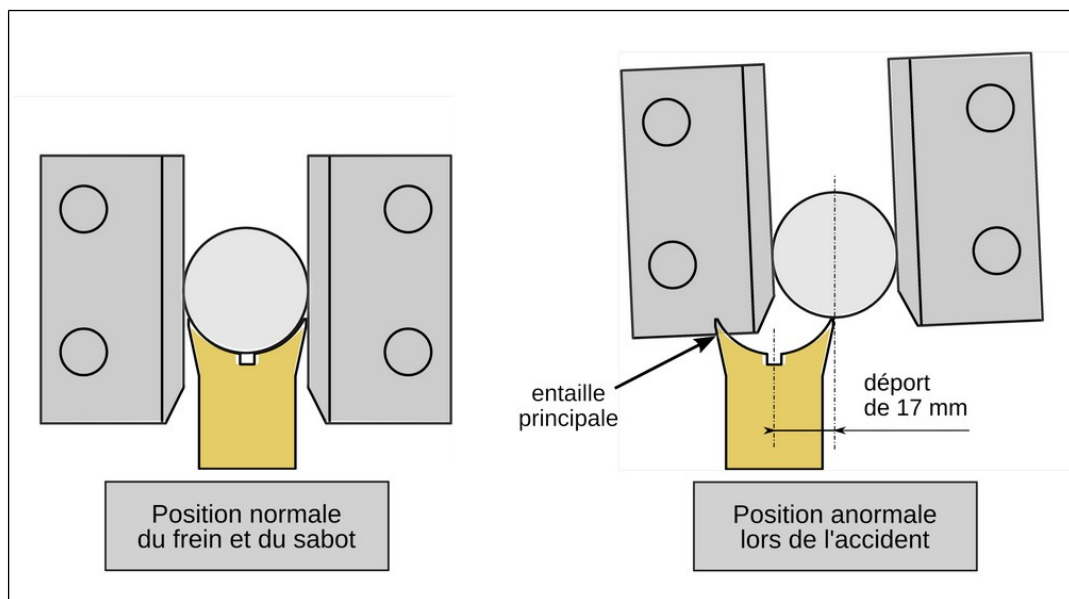


### 3.8 - Conclusions sur la cause immédiate du déraillement

L'ensemble des dégradations observées montrent un positionnement clairement anormal du frein de chariot par rapport au sabot d'appui du câble porteur. Au lieu de venir englober le sabot lors du passage du chariot sur le pylône, le frein se serait posé sur la lèvre intérieure du sabot (voir figures 24 et 25).



**Figure 24 : passage normal du frein**



**Figure 25 : positionnement du frein de chariot hors et lors de l'accident**

L'existence de deux lignes d'entaille sur les plaquettes (position 2 et position 3 dans le tableau plus haut) nous conduit à envisager deux hypothèses :

- soit, ces deux lignes se sont produites lors du même passage de cabine, mais dans ce cas le chariot se serait déplacé transversalement en « sautant » d'une entaille à l'autre ;
- soit, ces lignes se sont produites lors de deux passages successifs de la cabine, avec deux excentrement différents du frein au passage du sabot.

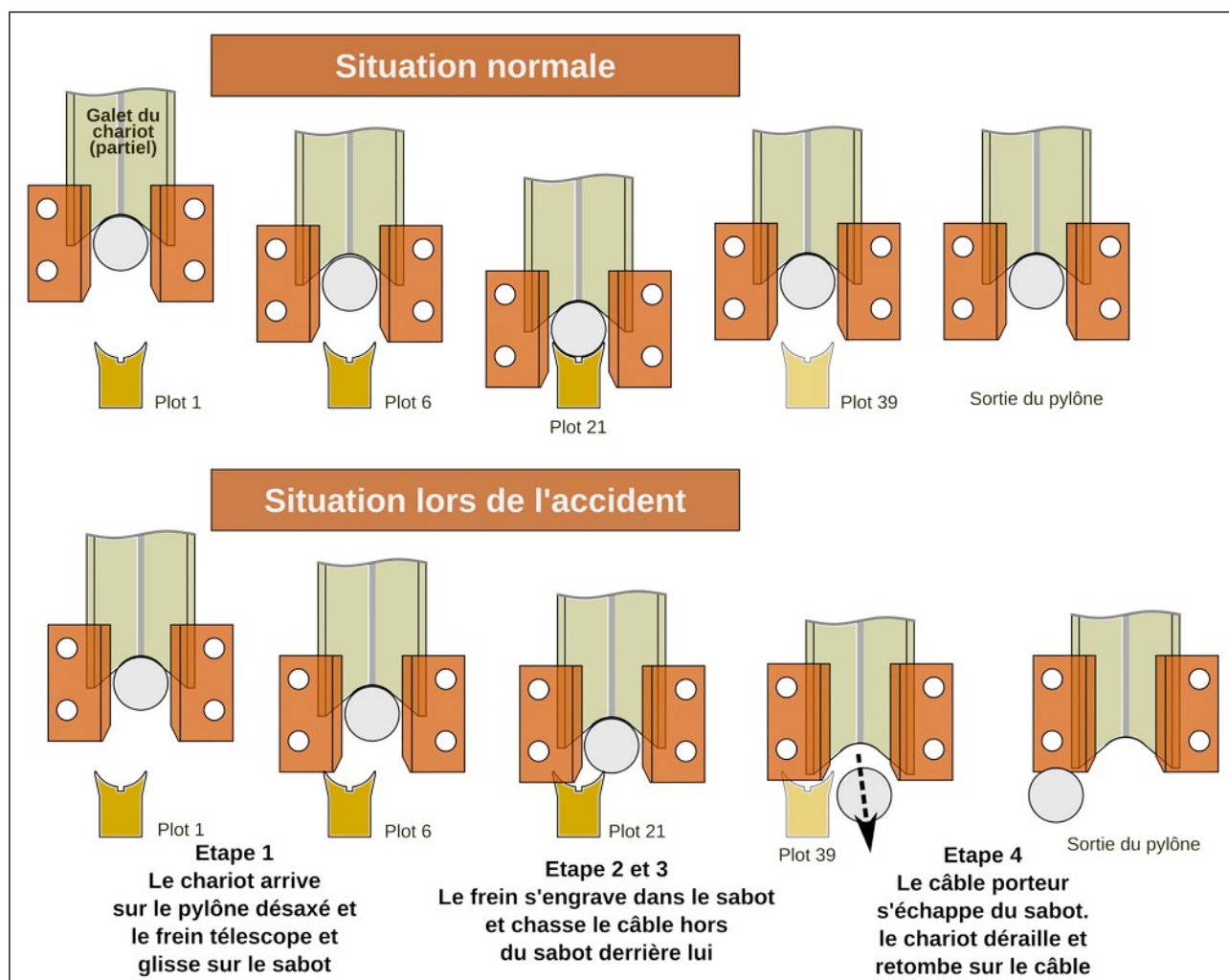
L'hypothèse la plus probable est, à notre avis, la seconde. Nous observons en effet une grande continuité linéaire dans les sillons gravés sur les plaquettes. La position 3 dans

laquelle il y a le plus fort engravement, le plus excentré aussi, correspondrait au passage lors de l'accident. La position 2 correspondrait au passage de la cabine, dans le sens descendant, qui a précédé. Il y aurait ainsi eu deux occurrences successives de passage anormal du chariot sur le pylône, la deuxième conduisant à l'accident.

En synthèse, nous pouvons, à partir de l'ensemble des éléments recueillis, reconstituer le scénario du passage de cabine qui a produit le déraillement :

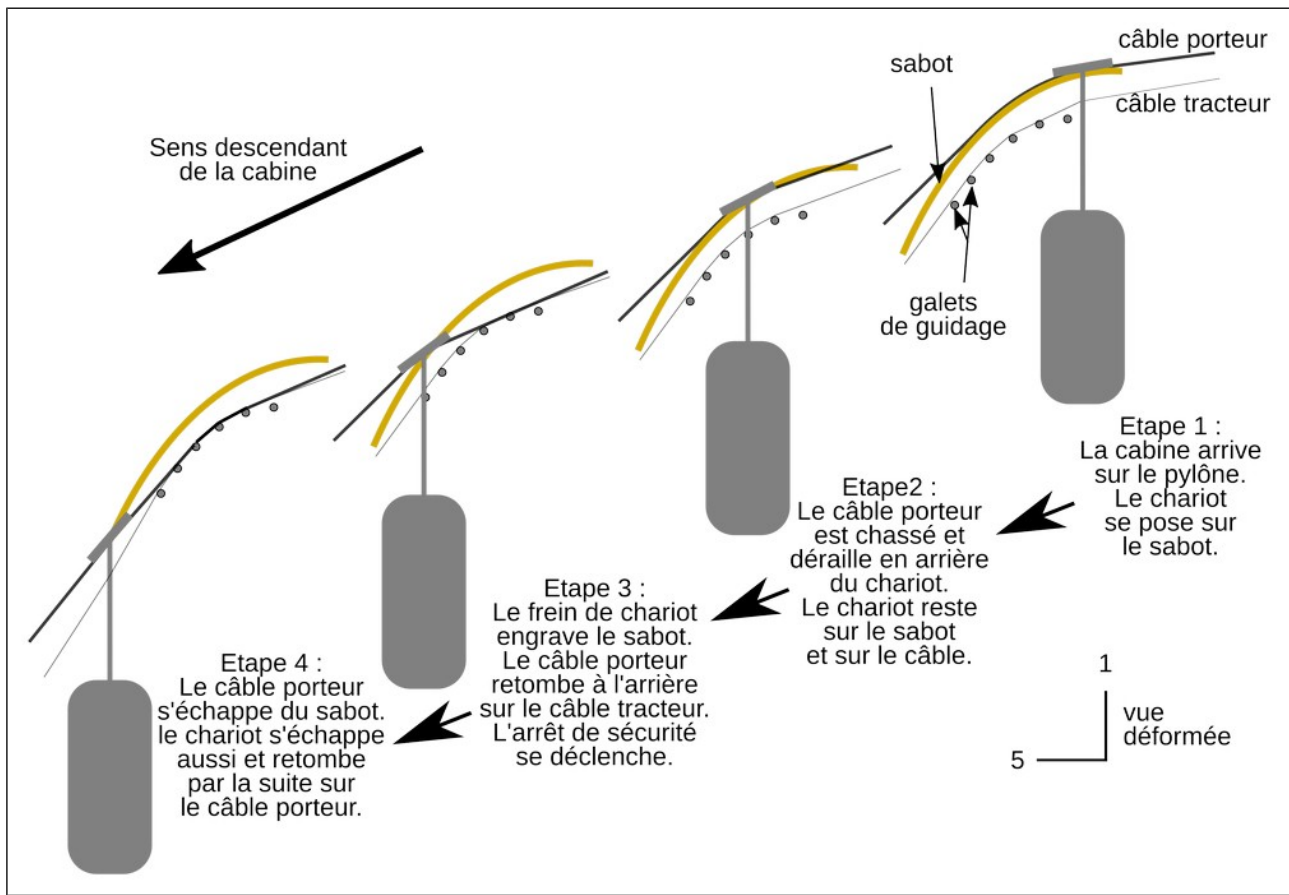
- **étape 1** : le chariot aborde le pylône avec un désaxement latéral. Le frein de chariot glisse sur le sabot dès les premiers plots au lieu de l'enserrer ;
- **étape 2** : le frein s'engrave dans le sabot. Le raclement devient agressif et marque profondément la lèvre intérieure. Le câble est poussé hors du sabot et s'en échappe à l'arrière du frein ;
- **étape 3** : lors de l'avancée du chariot, le câble porteur retombe dans les galets de guidage du câble tracteur. Un arrêt de sécurité se déclenche ;
- **étape 4** : le chariot termine sa course sur le dessus du sabot. Épousant le câble, il se met en biais et engrave la lèvre extérieure. Le câble s'échappe entièrement. Le chariot retombe au-dessus du câble sur les plaquettes de frein, en position déraillée (position 4 du tableau précédent).

La figure 26 donne, en vue transversale, une reconstitution de la cinématique.



**Figure 26 : cinématique du déraillement du câble porteur et du chariot**

La figure 27 donne la même cinématique, en vue longitudinale déformée.



**Figure 27 : cinématique du déraillement du câble porteur et du chariot**

En conclusion, la cause immédiate de l'accident est l'interférence entre le frein de chariot et le sabot d'appui du câble porteur dû au déport latéral anormal du câble porteur à l'entrée du pylône.

Les causes de ce déport seront recherchées dans le chapitre suivant.

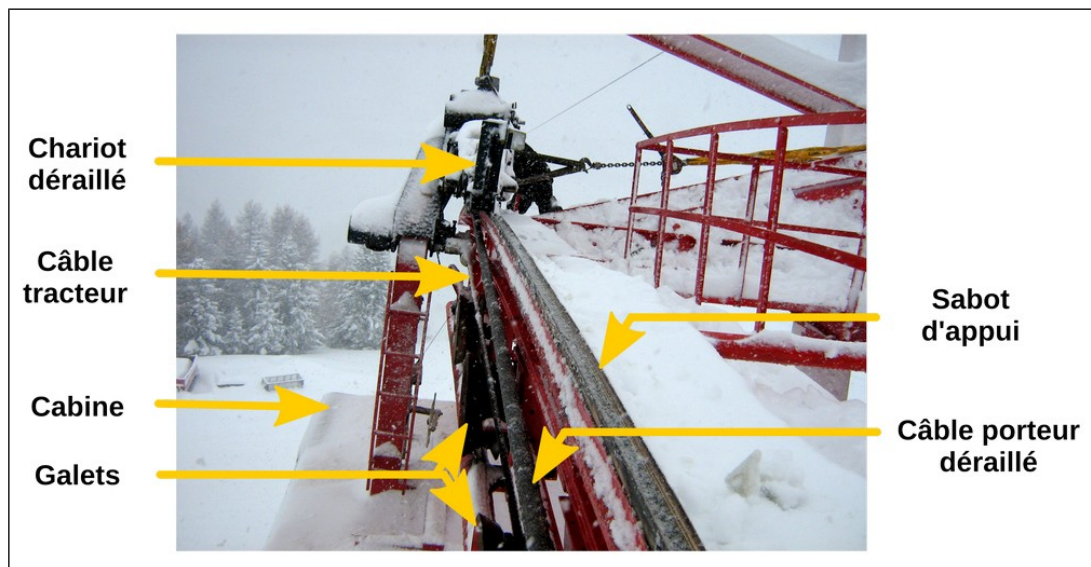
## 4 - Approfondissement des investigations

Le retour d'expérience a permis d'identifier deux précédents d'accidents similaires. Un 3<sup>e</sup> accident, survenu sur le téléphérique du Pic de Bure hors exploitation, le 21 novembre 2016, a également retenu notre attention. Il n'est pas présenté ici, car les circonstances et les causes du déraillement ne sont pas établies à ce jour de façon certaine.

### 4.1 - L'accident du Télémétro de 2009

Le premier accident est un déraillement partiel du même téléphérique Télémétro, survenu le 26 janvier 2009.

Le chariot s'était arrêté au milieu du pylône P2. La cabine incriminée et la voie étaient les mêmes que le 12 janvier 2017. La cabine cheminait également dans le sens de la descente. Sur le plan météorologique, il y avait une chute de neige abondante, potentiellement mouillée et collante, soit des conditions parfaitement analogues à celles du 12 janvier 2017.



**Figure 28 : accident du 26 janvier 2009, vue en tête de pylône**

Il n'a pas été retrouvé de trace d'un compte rendu formalisé de l'événement. Il ne reste seulement que quelques photographies, et quelques notes internes sommaires de la SAP et du STRMTG.



**Figure 29 : accident du 26 janvier 2009, les dégradations d'un bronze et d'une plaquette**



Ce que l'on peut reconstituer, comme le confirment les photos, est que :

1. les dégradations observées résultent de l'accrochage du sabot par le frein ;
2. le déraillement du câble porteur se produit à l'arrière du chariot au cours du mouvement de celui-ci, le chariot agissant à la manière d'un démonte-pneu ;
3. le câble porteur en déraillant se superpose progressivement au câble tracteur ;
4. le chariot s'est arrêté au milieu du pylône, ne conduisant pas ainsi au déraillement total comme le 12 janvier 2017.

Les deux accidents sont très similaires. L'analyse faite en 2009 avait conduit à assimiler ce déraillement du Téléméto à un autre déraillement, survenu en 1986, sur le téléphérique de la Flégère à Chamonix.

## 4.2 - L'accident du téléphérique de la Flégère de 1986

Le téléphérique de la Flégère est aussi de type va-et-vient. Chacune des deux voies comprend un câble porteur, et **deux** câbles tracteurs situés de part et d'autre du câble porteur. Il n'y a pas de frein de chariot.

Le jour de l'accident, le 26 janvier 1986, il neigeait depuis le matin. Lorsque, à 16 heures, la cabine descendante s'est présentée sur le pylône P1, chargée de 50 personnes, le câble porteur a glissé de son sabot vers l'extérieur et est tombé sur les galets supports du câble tracteur extérieur. L'attache du câble tracteur intérieur est venue se prendre dans le sabot, le déchirant et immobilisant la cabine après plusieurs oscillations. Les passagers ont alors été évacués au sol au moyen d'un descendeur et il n'y eut aucun blessé.



**Figure 30 : le téléphérique de la Flégère de nos jours** (photo Internet)

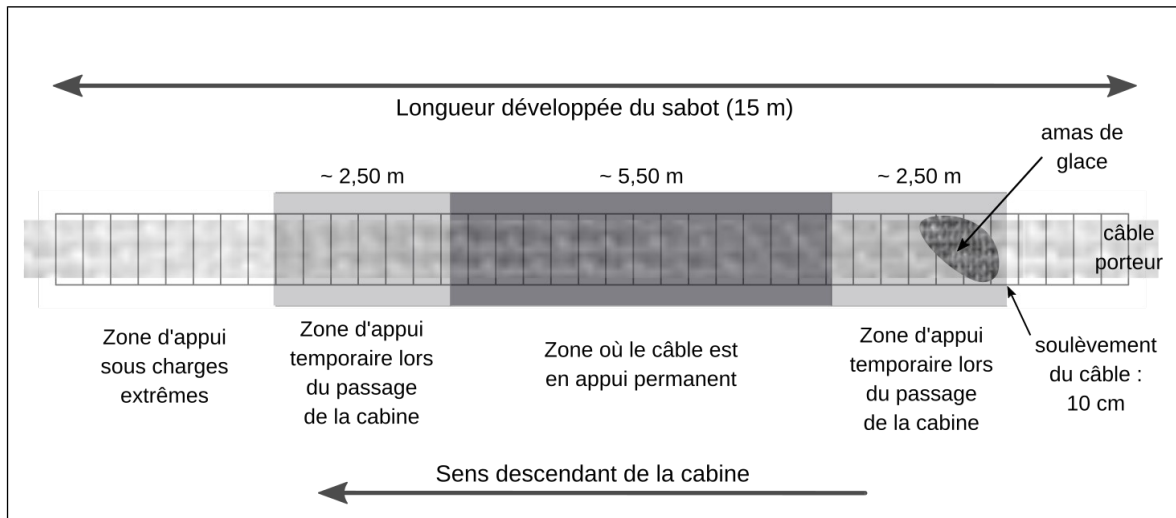
Le lendemain de cet accident, il a été constaté que les extrémités des sabots des deux voies étaient remplies jusqu'au-dessus de leurs bords, de glace et de neige extrêmement dure portant l'empreinte des fils du câble. Il en a été conclu que la veille, l'accumulation de neige avait progressivement formée un amas de glace compactée par le câble porteur aux passages successifs des cabines. Cet amas se formait à l'extrémité du sabot du pylône, dans la zone où le câble n'est pas en appui permanent. Il aurait présenté une légère pente transversale vers l'extérieur, due à une accumulation dissymétrique de la neige sous l'effet du vent. Lorsque la cabine chargée s'est présentée, le câble porteur se posant sur l'amas de neige dure et lisse, aurait glissé sur la pente transversale vers l'extérieur.

Le risque d'accumulation de glace est entièrement analogue sur le Téléméto :

1. La zone où le câble est en appui ne représente que 5,50 m sur la totalité de la longueur développée du sabot. De part et d'autre de cette zone, le câble se soulève selon la position de la cabine en ligne et ceci sur une longueur de 2,50 m de chaque



côté. Le soulèvement atteint 10 cm à l'extrémité, laissant largement la place à une accumulation de neige (voir figure 31).



**Figure 31 : mise en évidence des zones de décollement du câble porteur (vue de dessus déformée)**

2. Du fait de la faible courbure du sabot dans le plan vertical, la pression exercée par le câble reste modérée. Elle est de 1 160 daN/ml, soit 300 kPa sur la surface du sabot<sup>3</sup>. Cette valeur est nettement inférieure à la limite de plasticité de la glace qui vaut 3,5 MPa, soit 10 fois plus. La neige transformée en glace a toute possibilité de se maintenir et de se consolider sous la pression répétée du câble.
3. La gorge du sabot est d'une profondeur inférieure à 1 cm (voir figure 32). Il suffit d'une accumulation modérée de glace, sur quelques centimètres de longueur, pour faciliter la non-rentree du câble porteur dans la gorge et favoriser son décalage latéral. Le petit évidement en fond de sabot censé éviter une accumulation de neige et de glace ne joue pas son rôle.



**Figure 32 : mise en évidence de l'accumulation de glace dans le sabot**

<sup>3</sup> La pression linéique exercée par le câble se détermine par la formule  $p_l = T/R$ , où : la tension du câble  $T = 52\,000$  daN, et le rayon de courbure du sabot  $R = 45$  m. La pression surfacique sur la glace s'en déduit par la formule  $p = \frac{p_l}{\alpha \cdot r} = \frac{T/R}{\alpha \cdot r}$ , où l'angle développé de la gorge  $\alpha = 2,21$  rad, et le rayon de la gorge du sabot  $r = 0,0175$  m.

À la suite de l'accident du téléphérique de La Flégère en 1986, le STRMTG avait produit, le 2 avril 1986, une **lettre-circulaire n° 86-229** relative « *aux mesures de sécurité pour prévenir le déraillement de câble porteur par formation de sabot de neige ou de glace sur les téléphériques bicâbles à va-et-vient* ». Cette circulaire était adressée aux (anciens) bureaux départementaux des appareils de remontées mécaniques (BDARM) dans leur mission de contrôle des exploitants. Elle alertait sur la nécessité pour les exploitants des téléphériques sus-visés de « *prendre en période de chutes de neige, des précautions particulières, de manière à permettre la détection et l'élimination des sabots de neige notamment après une interruption d'exploitation ou après une exploitation, cabines vides ou peu chargées, avant d'admettre une exploitation avec des cabines chargées, sur la même voie.* »

Ainsi le risque de déraillement était connu et les exploitants devaient, sous contrôle des BDARM, s'en prémunir, sans que la nature des précautions particulières à prendre soit cependant précisée.

### 4.3 - Les consignes d'exploitation du Téléméto par temps neigeux

Après l'incident du 26 janvier 2009, une consigne particulière, numérotée MO 145 (MO pour mode opératoire), a été produite par la SAP pour le Téléméto. Son contenu est le suivant (certaines parties sont mises en gras ici) :

- Le conducteur vérifie le non-cumul de neige dans toutes les poulies des gares et sur les cabines.
- En cas de PIDA, un technicien du site vient le matin pour dégivrer les sabots des câbles porteurs sur les pylônes.
- En cas de neige dans la nuit sans PIDA, le conducteur, en poste de jour, contacte son responsable de secteur qui fait procéder à une visite et au dégivrage des sabots des câbles porteurs et déneigement sur les pylônes dès que le personnel de jour est arrivé, appareil à l'arrêt.
- **En cas d'accumulation de neige dans la journée, le conducteur contacte son responsable de secteur vers 16H00. Celui-ci fait procéder à une visite et au dégivrage des sabots** des câbles porteurs sur les pylônes, voire même au contrôle des poulies en gare, avant l'exploitation de nuit.
- **En cas de fluctuations de température importantes avec neige et pluie mélangées, le conducteur contacte son responsable de secteur qui fait procéder à une visite et au dégivrage des sabots** des câbles porteurs sur les pylônes voire même au contrôle des poulies en gare.
- En cas d'arrêt suite à une surcharge, faire vérifier l'ensemble des systèmes de tension et de maintien des câbles dans les gares et sur les pylônes AVANT tout essai de redémarrage.

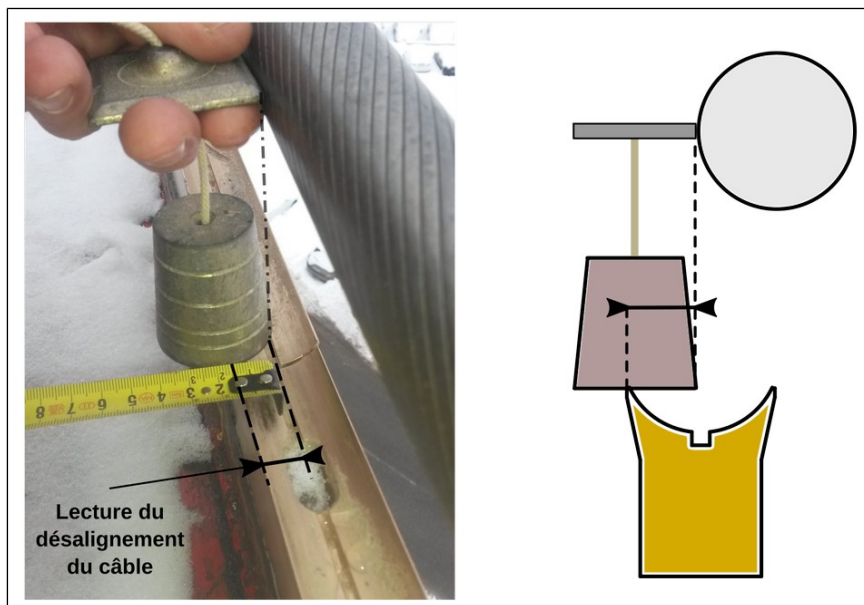
*nota : « PIDA » : Plan d'intervention de déclenchement des avalanches*

Cette consigne prescrit de réaliser une visite et un dégivrage en cas de neige (4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> paragraphes). Toutefois, le 12 janvier 2017, l'opération n'a pas été mise en œuvre au motif que *la neige est arrivée vers 17h00*, soit après la limite de 16h00 pour l'organiser.

Le risque était clairement identifié. La consigne ne le couvrait que partiellement.

#### 4.4 - Les relevés topographiques complémentaires sur le pylône

Un facteur explicatif supplémentaire du désaxement du câble est apparu lors de la remise en état du pylône. L'alignement des câbles porteurs sur les deux sabots du pylône a été vérifié au moyen d'un fil à plomb de maçon. Cet alignement n'était pas réalisé. Le désalignement latéral le plus fort est de 19,25 mm et se retrouve du côté où ont eu lieu les deux déraillements (voir figure 33). La valeur de 19,25 mm est supérieure au demi-diamètre du câble de 17,5 mm. L'axe du câble se situe à l'aplomb extérieur de la gorge.



**Figure 33 : mesure du désalignement du câble porteur sur le sabot à l'amont**

Lorsque le câble s'abaisse au passage de la cabine, le désalignement de la gorge conduit à lui imposer un déplacement latéral. Toute présence de glace gêne ce mouvement : le câble reste sur son axe et se décale par rapport à la gorge.

Ce désalignement significatif était-il ancien ? Aucun contrôle antérieur n'a été mis en œuvre, dans le cadre des opérations cycliques de maintenance, pour permettre de l'assurer. On ne peut écarter l'hypothèse que la déformation du pylône résulterait d'une torsion de celui-ci lors de l'accident. L'action du conducteur, qui a fortement tiré sur la cabine et le pylône lors des tentatives de rapatriement, aurait pu jouer en ce sens. On ne peut toutefois rien exclure. Quoi qu'il en soit, les tolérances géométriques du pylône, faute de surveillance, sont élevées. La question se pose de leur compatibilité avec les règles de gabarit du véhicule et plus précisément celles relatives au gabarit des éléments du chariot.

#### 4.5 - Les prescriptions réglementaires

Au vu des circonstances de l'accident, et notamment des engagements de gabarit réciproques entre le chariot et le pylône, nous nous sommes interrogés sur la consistance de la réglementation s'appliquant à un téléphérique tel que le Téléméto.

##### 4.5.1 - Les obligations en conception

Le règlement en vigueur, en 1971, à l'époque de la construction du Téléméto, était le « fascicule spécial n° 69-24bis – construction et l'exploitation des engins de remontée mécanique à câbles transportant des voyageurs », du 24 décembre 1969.

Ce règlement a été révisé ultérieurement par :

- « l'instruction concernant la construction et l'exploitation des téléphériques à voyageurs du 17 mai **1989** »,
- puis, les guides techniques « **RM<sup>4</sup> 1** – Exploitation, modification et maintenance des téléphériques » et « **RM 2** – Conception générale et modification substantielle des téléphériques » dont les versions initiales datent de **2009**.

Ces guides ont été, depuis leur édition, complétés par des normes européennes.

Les dernières réglementations n'étaient pas applicables dans le cas du Téléméto, car s'il a fait l'objet de travaux d'amélioration, ces travaux ne représentaient pas une modification substantielle<sup>5</sup> pour les parties d'ouvrage concernées par l'accident. Seules les modifications substantielles sont redevables des nouveaux règlements.

Le tableau ci-après donne un comparatif simplifié et non exhaustif des règlements, sur quelques aspects dimensionnants de la conception en relation avec les causes de l'accident.

Règlement	Fascicule n° 69-24bis de 1969	Instruction de 1989	RM 2 (2016) et normes
<b>Règles portant sur le gabarit</b>	§2.12121 Le gabarit de passage des véhicules doit tenir compte d'un déplacement angulaire transversal au moins égal à 0,2 rad. S'il existe un guidage, le véhicule doit passer avec un angle de 0,125 rad.	§2.12121 Le gabarit dynamique à prendre en compte pour un véhicule est (au minimum) égal à 0,3 rad. S'il existe un guidage, le véhicule doit passer avec un angle de 0,125 rad.	§A3.7.2.1.4.1 Le gabarit dynamique à prendre en compte pour un véhicule est (au minimum) égal à 0,3 rad. §A3.7.3.3 S'il existe un guidage, le véhicule doit passer avec un angle de 0,2 rad.
<b>Sécurisation des appuis des câbles porteurs</b>	-	§2.432 Les sabots doivent envelopper les câbles porteurs jusqu'à mi-hauteur dans leur zone d'appui permanent et être complétés par des étaux.	NF EN 12929-1 – §12.2.3 Lorsque tout risque de déraillement ne peut être écarté, des rattrape-câbles doivent être prévus.
<b>Gorge des sabots</b>	§2.42 La section transversale du fond des gorges doit être constituée par un arc de cercle d'angle au centre au moins égal à $2\pi/3$ radian.	§4.4311 La résultante de la charge d'appui minimale et de l'effort maximal dû au vent transversal doit passer à l'intérieur de la gorge d'appui du câble.	NF EN 12930 – §7.4.4.d La sécurité d'appui du câble porteur sur les sabots doit être justifiée selon une formule donnée dans l'EN.
<b>Passage sur les pylônes</b>	§2.577 Un chariot dont le frein est serré doit pouvoir passer sans inconvénient sur un ouvrage de ligne même si le véhicule est incliné transversalement dans les limites admises.	§2.583 Idem.	RM 2 – §A5 – 5.5.3 Idem.

Concernant les règles de 1969 applicables au Téléméto (1<sup>ère</sup> colonne), on peut dresser les constats suivants :

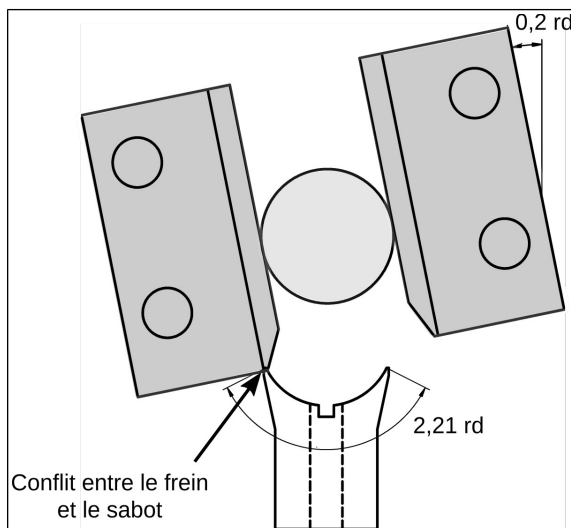
- ces règles prescrivent des tolérances de gabarit sur la rotation angulaire de la cabine qui ne couvrent que partiellement le risque de déplacement transversal du câble ;

4 RM pour remontées mécaniques

5 Modification substantielle : toute modification qui remet en cause de manière significative les caractéristiques principales de l'installation, l'emplacement et la nature des ouvrages ou la capacité de transport ou, dès lors qu'elle modifie la démonstration de sécurité.

- le respect du gabarit angulaire de 0,2 rad n'est pas obtenu sur le Télémétro, comme en témoigne la figure ci-après. Dans les zones d'extrémité du sabot où le câble est légèrement surélevé, lorsque le chariot tourne dans le sens où il n'est pas retenu par le guidage présent sur le pylône, il se produit un conflit entre le frein et le sabot. La conception n'est pas conforme.

Par ailleurs, la section transversale du sabot forme un arc de cercle d'angle 2,21 rad proche de la valeur limite de  $2\pi/3$  (2,09 rad). Cette valeur est très faible pour un bon maintien latéral du câble si l'on tient compte de la petitesse des éléments. La profondeur de la gorge est ici effectivement inférieure à 1 cm.



**Figure 34 : engagement du gabarit au regard des règles de 1969**

Les règles plus récentes sont plus contraignantes. La conception du Télémétro ne les respecte a fortiori pas. De nouvelles obligations portent sur l'enveloppement du câble porteur, la présence d'étaux ou de rattrape-câbles. Elles conduisent à de réelles impossibilités techniques pour adapter simplement la conception du Télémétro dans leur sens.

L'exploitant et DCSA, qui intervient comme expert auprès de lui, sont arrivés à la conclusion que l'amélioration de la sécurité passe par une révision de la conception incluant la suppression du frein de chariot.

Il est à noter que les téléphériques équipés de frein de chariot étaient la norme dans les années 1960. À l'époque, la boucle du câble tracteur était constitué de deux câbles allant d'une cabine à l'autre dans chaque sens. Les câbles s'accrochaient de part et d'autre du véhicule par l'intermédiaire de culots qui manquaient de fiabilité à la rupture. Le frein de chariot permettait de se prémunir des conséquences d'une rupture. Le Télémétro, construit en 1970, est conçu ainsi. Dans les années 80, l'apparition des câbles tracteurs en boucle épissurée a permis de s'affranchir des culots. Une nouvelle génération de téléphériques à câble tracteur continu et sans frein de chariot est née. Elle est la norme aujourd'hui.

#### **4.5.2 - Les obligations en maintenance**

L'un des facteurs possiblement aggravant de l'attrapage du sabot par le frein est, comme nous l'avons vu, le désalignement du pylône observé après l'accident.

Le règlement RM 1, sur l'exploitation, la modification et la maintenance des téléphériques, fixe des obligations sur la surveillance de la géométrie des ouvrages. Il impose (partie D-2.2) une inspection annuelle sur les ouvrages mécaniques avec comme

exigence « *un contrôle visuel des sabots des câbles porteurs et une vérification des cotes fonctionnelles* ».

Un relevé géométrique est bien effectué par l'exploitant. Il fournit les principales cotes altimétriques des massifs de fondation et des sabots, ainsi que la distance des extrémités des sabots à l'axe du téléphérique. Les tolérances sur ces cotes ne sont pas spécifiées. Le relevé ne rentre pas non plus dans le détail du désalignement vertical du câble et du sabot. La vérification reste assez formelle.

Une méthode rudimentaire, au moyen d'un fil à plomb de maçon, est désormais utilisée pour effectuer cette vérification et est mieux adaptée à la vérification de l'alignement.

En synthèse finale, l'accrochage du frein de chariot au sabot résulte de l'engagement de gabarit des deux pièces entre elles, dû :

- au non-respect des règles de gabarit par les freins de chariot, y compris lorsque ces freins ne sont pas serrés ;
- à la prise en compte seulement partielle dans les règles de gabarit du déport latéral du câble porteur à l'arrivée sur le pylône. Le déport est rendu possible par la présence de glace dans le logement d'appui du câble et par le possible désalignement du sabot d'appui.

## 5 - Les investigations sur la gestion post-accident

Comme nous l'avons vu, le câble porteur, une fois déraillé, s'est logé dans les galets de roulement du câble tracteur, évitant ainsi des conséquences catastrophiques comme la chute du câble au sol. Le résultat immédiat fut la détection du chevauchement entre les câbles tracteur et porteur, et l'arrêt.

Les actions entreprises par le conducteur, par la suite, ont consisté en plusieurs tentatives de redémarrage de l'installation en shuntant les sécurités. Elles ont fait prendre le risque d'un sur-accident, comme la chute de la cabine, qui n'a heureusement pas eu lieu.

Nos investigations nous ont amené à nous interroger sur les facteurs organisationnels et humains qui ont pu conduire à cette situation.

### 5.1 - Les règles sur le pontage des sécurités

Les instructions sur le Télémétro sont rassemblées dans un classeur, à la disposition des conducteurs dans leur cabine de conduite. Elles comprennent les consignes d'exploitation et de sécurité, à savoir les consignes générales de la station portant principalement sur la sécurité et la santé des travailleurs, auxquelles s'ajoutent les consignes particulières propres au Télémétro qui se déclinent en une dizaine de procédures et modes opératoires, et une notice d'utilisation.

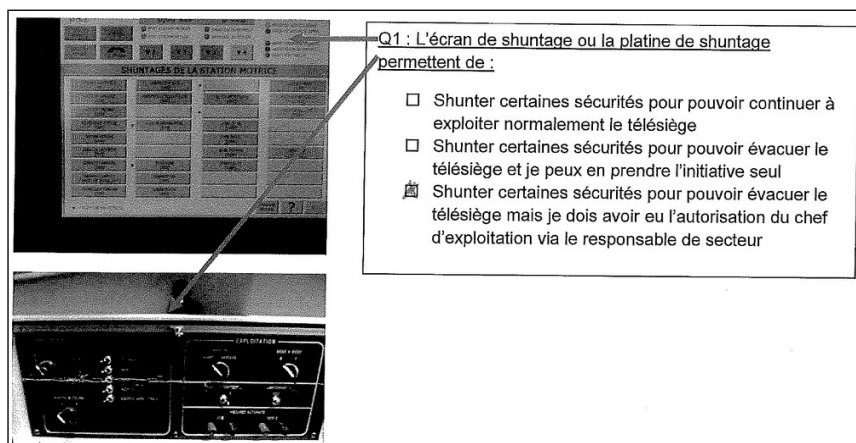
Une des procédures aborde la conduite à tenir en cas d'arrêt de sécurité : la P39 « *exploitation des remontées mécaniques* » (P pour procédure). Elle n'est pas propre au Télémétro mais générale à toutes les remontées de la station.

Cette procédure spécifie, dans un article consacré aux arrêts de sécurité, l'instruction suivante :

**« la remise en marche de l'appareil ne peut se faire que si les causes de l'arrêt ont été clairement identifiées. Sinon, le conducteur prévient le responsable d'exploitation par radio ».**

La règle professionnelle est donc de s'assurer de la cause d'un arrêt ou de prévenir, avant toute intervention.

Cette règle était connue du conducteur. En atteste, le test de connaissance qu'il a effectué en début de saison.



**Figure 35 : extrait du contrôle de connaissance annuel**

Ce test se déroule à l'occasion de la journée d'intégration des saisonniers qui précède l'ouverture de la saison. Il s'adresse à tous les conducteurs. Comme il est unique pour tous les conducteurs, il porte sur les télésièges et non les téléphériques, ce que l'on peut regretter. Il consiste en un questionnaire à choix multiples de 10 questions sur des sujets

touchant à la sécurité, la motorisation, l'entretien, et la prise en charge de la clientèle. À l'issue de ce test, son résultat fait l'objet d'un échange entre le conducteur et le manager.

L'une des questions est centrée sur le **shuntage des sécurités** (voir figure 35) et permet de confirmer sans équivoque la bonne connaissance de la règle sur les conditions de remise en route suite à arrêts de sécurité. Le conducteur y avait bien répondu.

Le 12 janvier, le conducteur s'est mis en écart avec la règle professionnelle que nous venons de rappeler : il n'a pas identifié correctement la cause et n'a pas obtenu l'autorisation du chef d'exploitation ou de secteur avant de remettre en route.

Classiquement, lorsqu'il y a transgression d'une règle formelle, il peut se cacher des aspects plus informels qu'il convient d'analyser, car ils entrent en jeu dans le comportement. Ainsi :

1. « **Avoir l'autorisation** du chef d'exploitation, de secteur », suppose un accès facile à cette autorisation ;
2. « **Identifier les causes** » suppose un certain nombre de moyens à disposition ou de connaissances.

Il y a donc lieu d'examiner plus en détail les ressources<sup>6</sup> sur lesquelles pouvait compter le conducteur, pour appliquer la règle dans de bonnes conditions.

## 5.2 - La demande d'autorisation de remise en marche

L'autorisation d'un responsable était requise.

Les référents du conducteur sont prioritairement le responsable de secteur de remontées mécaniques, qui est sous l'autorité d'un chef d'exploitation, et également l'électricien affecté à l'installation.

L'incident se déroule de nuit. Ces personnes sont chez elles en repos. Elles ne sont pas joignables. Ce sont les astreintes qui doivent être contactées.

L'électricien d'astreinte n'est pas, ce soir-là, l'interlocuteur habituel et ne connaît pas l'installation.

Les astreintes ne sont pas de permanence sur la station. Elles habitent dans la vallée. Elles ne sont disponibles qu'après un long délai de route et un dérangement certain.

Il apparaît que dans la situation du conducteur, l'accès à l'assistance d'un responsable est assez contraint.

## 5.3 - Les moyens à disposition du conducteur

La règle prescrit que le conducteur doit s'assurer de l'identification des causes avant le redémarrage.

Il est à noter qu'il n'y a pas d'outil de reconnaissance à sa disposition : absence de caméra, d'éclairage de la ligne, ou de véhicule de service pour procéder à une visite...

Il est également à noter qu'il n'y a aucune consigne décrivant les vérifications à faire, face aux alarmes de sécurité, ainsi que les précautions à prendre avant de procéder à un shuntage selon le risque associé. On trouve, sur certaines installations, des check-lists de contrôles obligatoires à faire après un arrêt de sécurité, et avant shuntage d'une sécurité, bien utiles pour mettre le conducteur en alerte. Ce n'est pas le cas sur le Télémétro.

L'identification des causes doit donc résulter d'un savoir-faire acquis par le conducteur.

---

<sup>6</sup> Nous entendons par « ressources », l'ensemble des moyens mobilisables par une personne dans la mise en œuvre d'une action, qu'il s'agisse de savoirs, d'outils, de relations...



## 5.4 - La formation du conducteur

La formation des conducteurs du Télémétre se déroule de la manière suivante :

- la prise de fonction sur l'installation fait toujours suite à une première expérience de conduite sur une autre remontée de la station. Elle s'accompagne d'une **formation initiale** à l'installation, qui consiste en un accompagnement en direct par un conducteur expérimenté, pendant une semaine.
- en 2013, à l'occasion du remplacement du poste de conduite, une **formation au nouveau poste de conduite** a été dispensée. L'ingénieur installateur est venu sur deux journées, délivrer des explications des différentes fonctions, avec une partie théorique et une partie pratique (réalisation de voyages à vide en automatique et en marche prudente).
- en début de chaque nouvelle saison, une « **journée d'intégration** » permet un rappel des bonnes pratiques, sous un format d'une demi-journée de conférence qui se conclut par un quiz de connaissances (évoqué au § 5.1), complétée par une demi-journée d'essai et d'entraînement sur l'appareil.

Ces formations sont complétées par d'autres formations, plus généralistes, portant par exemple sur le travail en hauteur, la sécurité incendie, les premiers secours ou le risque électrique.

Les formations à la conduite citées ci-dessus ne font pas l'objet de cahiers des charges formalisés. Leur contenu n'est ni explicite, ni tracé. Il n'y a pas de support à l'usage des apprenants qui formaliserait les savoirs à acquérir. La part consacrée à la sécurité est imprécise. Il n'y a pas d'évaluation rigoureuse des connaissances acquises qui soit réalisée a posteriori.

L'ensemble de ces éléments témoigne d'un cadre peu exigeant et peu auditable.

Au-delà des formations dispensées en interne, il existe, au sein de la branche professionnelle, une attestation professionnelle « conducteur de téléphérique bicâbles ». Cette attestation est délivrée par Domaines skiables de France, la chambre professionnelle des opérateurs et exploitants de domaines skiables. L'attestation est obtenue à la suite d'un examen qui comprend une épreuve de passage devant un jury réunissant des dirigeants et techniciens reconnus issus de plusieurs exploitants. Cet examen est réputé pour sa valeur et son exigence.

Il n'y a toutefois aucune nécessité à obtenir l'attestation pour conduire un téléphérique. Pour se présenter à l'examen, sur un plan pratique, il serait même attendu d'avoir une expérience de conduite d'un an.

À titre d'information, DSF a délivré cette attestation à quatre personnes en 2016 pour l'ensemble de la profession.

Le cadre de la formation, s'il permet l'apprentissage de la conduite de l'installation en fonctionnement normal, ne semble pas, à notre sens, optimisé pour préparer et entraîner les conducteurs à gérer les situations de danger. La formation ne constitue pas en l'état une ressource pour l'aider à mettre en œuvre les comportements attendus en situation.

Il nous semble donc que les savoirs à mobiliser par le conducteur résultent principalement de son expérience pratique. Nous avons donc investigué les conditions de mise en œuvre de la marche prudente et des shuntages de sécurités.

## 5.5 - La pratique de la marche prudente

Le mode normal de conduite du Télémétre est le **mode automatique**. Il existe sur l'installation depuis l'origine. Les travaux successifs de remplacement du système électrique et du poste de conduite, comme ce fut le cas en 2013, n'ont fait que l'améliorer

et le faciliter. Le conducteur, présent lors de l'accident, conduisait le Télémétre depuis 28 ans. Il a toujours connu le mode automatique.

Dans le mode automatique, le conducteur assure des missions de supervision décrites dans le règlement d'exploitation au chapitre 1 – article 2 « *missions des conducteurs du Télémétre* ». Celles-ci consistent à réaliser, ou faire réaliser, les contrôles de l'installation prévus par le règlement d'exploitation, tenir à jour le registre exploitation, surveiller les opérations d'embarquement et de débarquement, informer le chef exploitation des perturbations d'exploitation, et prendre les mesures appropriées en cas de nécessité.

Il existe aussi un **mode manuel** de conduite, utilisé en cas d'anomalie avec impossibilité de terminer un voyage en mode automatique. Il est généralement pratiqué en marche prudente (à vitesse faible) et est liée au shuntage d'une sécurité. Il correspond à « l'exploitation en cas de circonstances exceptionnelles » prévue par la réglementation.

Le recours au mode manuel est moyennement fréquent. Sur les 90 jours d'exploitation précédant l'accident, le registre d'exploitation ne mentionne que 9 journées avec occurrence d'une marche prudente. Les cas d'alarme l'ayant occasionné sont les suivants :

- le défaut « nez de gare » (3 cas) : c'est la détection d'une mauvaise arrivée en gare des cabines. Elle est souvent liée à la sensibilité des capteurs de contrôle. La correction est obtenue par les pontages « GI1 et GI2 » ;
- la charge basse des batteries de cabine qui aliment la phonie (2 cas) ;
- les contrepoids en limite de course (2 cas) ;
- le vent fort (1 cas) ;
- l'isolement du câble tracteur (1 cas). L'isolement est, dans ce cas comme dans tous les précédents de ce type qui nous ont été rapportés, toujours obtenu en raison de *problèmes d'humidité* sur les points de passage du câble faisant court-circuit. Cette situation se produisait fréquemment il y a plus de 5 ans et l'était moins depuis quelque temps (un cas en 2016 et un cas en janvier 2017 avant l'accident).

Le cas d'un chevauchement des câbles tracteur et porteur en ligne n'a jamais été vécu sur le Télémétre.

Ces événements peuvent se classer en deux catégories :

- les situations perçues comme un danger immédiat : ce sont les deux cas de contrepoids en limite de course, et celui du vent fort ;
- les défauts induits par un dysfonctionnement d'ordre électrique, momentané et sans danger immédiat : ce sont le défaut « nez de gare », la charge de batterie basse et l'isolement câble. Ils représentent 66 % des situations. Le cas le plus courant, le défaut « nez de gare », se produit avec une fréquence assez élevée.

Il est à noter qu'avec une grande rigueur, l'installation était, dans tous ces cas, fermée après rapatriement des cabines jusqu'à l'intervention des techniciens de maintenance, si besoin.

Nous formulons l'hypothèse qu'il s'est installé dans la compréhension des conducteurs, au fil du temps, un partage des arrêts sur ces deux catégories : ceux liés à un réel problème de sécurité ; et ceux liés à un défaut électrique d'ordre fugitif. Cette dichotomie a sans doute amené le conducteur, le 12 janvier, à classer le défaut d'isolement câble dans la deuxième catégorie. Il est à noter en aggravation, la mauvaise ergonomie de l'alarme « isolement câble » qui fait penser à un défaut électrique banal alors qu'elle a vocation à traduire un problème mécanique critique pour la sécurité.

Le mode opératoire employé lors de l'accident accrédite cette hypothèse : d'abord, le conducteur shunte les sécurités habituelles de gestion d'un défaut fugitif (« isolement câble », GI1/2 et RV0) pour permettre un démarrage à vitesse très lente. Le Télémétre

redémarre. Puis, après avoir maintenu la traction 90 secondes pour déplacer la cabine de quelques mètres et espérer avoir atténué le défaut, il enlève le pontage de sécurité. Il procède comme il le ferait pour les autres défauts « mineurs ».

Il se serait installé au fil du temps une forme de banalisation d'une catégorie d'alarmes de sécurité. Par habitude, le conducteur, confronté à l'une de ces alarmes, ponte la sécurité pour dépanner jusqu'au rapatriement des clients.

## 5.6 - La stratégie d'action du conducteur

Le conducteur connaissait la règle s'appliquant aux arrêts de sécurité qui est de s'assurer de la cause d'un arrêt ou de prévenir, avant toute intervention.

Il apparaît, de nos investigations, que si la règle est claire, les ressources à mobiliser pour la mettre en application le sont moins. Ainsi :

1. Prévenir suppose un accès facile à une assistance. Ce n'est objectivement, au moment des faits, pas évident. Le conducteur est seul sans assistance à proximité ;
2. Identifier la cause de l'arrêt suppose un certain nombre de moyens ou de savoirs à disposition. Ceux-ci sont limités :
  - il n'y a pas de moyens de reconnaissance de la ligne,
  - il n'y a pas de mode opératoire formalisé applicable,
  - les formations sont centrées sur le fonctionnement de l'installation, et peu auditables sur leur contenu, quant au développement de la conscience des risques et de la conduite à tenir en situation exceptionnelle.

Face à l'insuffisance de ressources, le conducteur a pu se trouver démuni.

Confronté à la situation de l'arrêt de sécurité, l'objectif initial poursuivi par le conducteur était simple et cohérent avec sa mission : rapatrier les clients dans les meilleures conditions de rapidité et de sécurité. Il n'y a eu, à ses dires, aucune volonté délibérée de contourner la règle. Il y aurait seulement eu un impératif, de sa part, à atteindre l'objectif de rapatriement des clients dans un contexte de déficit de ressources pour y parvenir.

Sans doute qu'en présence de plus de ressources, le comportement aurait été mieux adapté. Par exemple, si l'incident s'était produit de jour avec les responsables et techniciens à proximité. Ou bien s'il avait été formé à ces situations.

Il est à noter que, postérieurement à l'accident, dans le cadre des mesures compensatoires de remise en service, l'exploitant a jugé nécessaire d'agir sur l'une de ces carences en ajoutant une procédure supplémentaire à l'usage des conducteurs. Il s'agit du mode opératoire MO 97 portant sur les « shuntages du Téléméto ». La nouvelle procédure spécifie qu'*« aucun shuntage n'est autorisé sans l'accord préalable de l'électricien »*. Elle introduit deux niveaux de dangerosité : 8 shuntages peuvent être effectués par le conducteur, et 18 autres (dont notamment l'isolement du câble tracteur) ne peuvent l'être qu'en présence de l'électricien. Ces nouvelles dispositions vont dans le bon sens mais traitent partiellement le déficit de ressources.

## 5.7 - Les enseignements des accidents antérieurs

L'année 2011 a connu une recrudescence d'incidents et d'accidents sur les remontées mécaniques. Ils ont amené les pouvoirs publics à s'interroger sur le niveau de sécurité de ces remontées sur le territoire national. Ces événements affectaient à plusieurs reprises les téléphériques et télécabines, et pointaient des défaillances de l'exploitation ainsi que des problèmes de comportement de conduite non adapté.

Une inspection interne des services de l'État chargés du contrôle des exploitants a alors été réalisée par le Conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD).

Le BEA-TT a conduit trois enquêtes techniques suite à accident. Elles concernaient l'accident survenu le 23 février 2011 sur le télésiège de l'« écho alpin » à Châtel, celui survenu le 13 octobre 2011 sur la télécabine de l'Aup-de-Véran à Flaine, et, celui survenu le 31 décembre 2011 sur le téléphérique du Pléney à Morzine. Les rapports d'enquête sont consultables sur Internet.

Pour ce dernier accident, le conducteur avait déclenché le départ des cabines au moment où un groupe de passagers descendait. La sécurité qui empêchait le démarrage, tant que les portes palières étaient ouvertes, avait été volontairement désactivée. L'enquête du BEA-TT avait pointé plus particulièrement plusieurs déficits dans :

- le traitement par l'exploitant des défauts d'installation récurrents ;
- la formalisation de procédures ;
- la formation à la prise de conscience des risques ;
- le contrôle interne.

Ces déficits rejoignent pour certains l'analyse faite sur l'accident du Téléméto.

Le rapport d'enquête du BEA-TT, d'avril 2013, émettait une invitation envers la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) du Ministère des transports à : **« engager une réflexion sur les compléments à apporter aux exigences réglementaires en termes d'une part, d'habilitation par les exploitants de remontées mécaniques des chefs d'exploitation et des personnels assurant des tâches de sécurité majeures et d'autre part, de mise en place, pour les installations les plus importantes, d'un contrôle interne en partie indépendant de l'exploitation opérationnelle. »**

La gestion non satisfaisante de l'accident du Téléméto par le conducteur n'est pas un cas isolé. Elle s'inscrit dans le contexte d'une accidentologie qui a pointé le déficit de formation des conducteurs, et qui a fait émerger une attente d'évolution du cadre réglementaire sur leur habilitation.

Il est à noter, sur le registre de la formation, que la SAP a fait l'objet d'un audit de ses processus de gestion des compétences, dans le cadre réglementaire des visites de contrôle de l'exploitant et des installations, effectuées par le STRMTG. L'audit, en date de juillet 2015, identifie, de façon surprenante, la gestion des compétences et des formations comme un « point fort », justifié ainsi dans la conclusion de l'audit :

*« **Point fort** : La SAP évalue son personnel dans le cadre des entretiens professionnels. Les nouveaux arrivants bénéficient d'un tutorat pendant les 2 premiers mois. »*

Cette observation est, sans doute, à interpréter sur un plan général, sur l'ensemble de la station, toutes remontées confondues. Elle ne pointe pas, particulièrement dans le cas des conducteurs de téléphérique, l'absence de définition des connaissances à acquérir et l'absence de vérification des acquis.

Or les téléphériques sont des systèmes complexes dont la maîtrise, en situation dégradée, requiert des compétences dont l'acquisition et le maintien doivent être formalisés et vérifiés.

## 5.8 - Le système de gestion de la sécurité (SGS)

À la suite de 2011, la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) a construit un nouveau cadre réglementaire, visant à améliorer la prise en compte de la sécurité des remontées mécaniques par les exploitants. Le décret n° 2016-29 du 19 janvier 2016 et l'arrêté du 12 avril 2016, relatifs « à la sécurité des remontées mécaniques et tapis roulants en zone de montagne », imposent désormais à tout exploitant d'élaborer un système de gestion de la sécurité (SGS) et de le faire auditer périodiquement par un organisme qualifié extérieur, qui peut être soit le STRMTG, soit un

organisme agréé par le STRMTG. Cette nouvelle réglementation entre en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 2017 pour les exploitations comportant au moins un téléphérique. Elle va dans le sens d'une responsabilisation des exploitants sur la construction d'un véritable système de management de la sécurité.

Selon le décret n° 2016-29, le SGS doit préciser « *les spécifications à mettre en œuvre pour l'exécution des tâches de sécurité, notamment les mesures de nature à garantir la compétence du personnel* ». Selon l'arrêté du 12 avril 2016, le document d'orientation du SGS doit, dans son contenu, traiter de la « *gestion des compétences* » au même titre que d'autres rubriques comme le retour d'expérience ou le contrôle interne.

Le SGS va ainsi renforcer de manière pérenne le management de la sécurité et la gestion des compétences par les exploitants. Il ne répond toutefois que partiellement à l'invitation faite par le BEA-TT en avril 2013 de mettre en place une qualification des conducteurs. Il est de plus trop tôt pour dire s'il atteindra ses objectifs sur la compétence des personnels. Les premiers audits par les organismes qualifiés extérieurs seront tenus en octobre 2019.

## 5.9 - L'exigence de qualification des conducteurs dans le transport des personnes

Le tableau ci-après donne une approche comparative synthétique des exigences de qualification selon les différents modes de transport public, autres que les remontées mécaniques. Tous les modes sont concernés par une obligation faite au conducteur d'être titulaire d'une qualification répondant aux exigences de sécurité et attestant de l'acquisition d'un socle de compétence. Le transport par remontées mécaniques est aujourd'hui une exception.

Mode	Obligation réglementaire (reformulée)
<b>Bus routiers</b>	<i>Code des transports – article R. 3314-1</i> Tout conducteur doit avoir satisfait à une obligation de qualification initiale résultant d'une formation professionnelle. Une carte de qualification de conducteur est délivrée au conducteur.
<b>Ferroviaire</b>	<i>Code des transports – article L. 2221-8 et arrêté du 6 août 2010</i> Tout conducteur doit être titulaire d'une licence. La délivrance de la licence est subordonnée à une attestation de réussite à un examen portant sur des connaissances professionnelles générales relatives à la conduite de trains.
<b>Tramway</b>	<i>Article 24 du décret n° 2017-440 du 30 mars 2017</i> Une habilitation de conduite est obligatoire, délivrée par l'exploitant selon des modalités définies dans le règlement de sécurité de l'exploitation.
<b>Métro</b>	Réglementation identique aux tramways.
<b>Transport fluvial</b>	<i>Décret n° 91-731 du 23 juillet 1991</i> Le conducteur d'un bateau motorisé doit être muni d'un certificat de capacité. L'obtention du certificat est subordonnée à la réussite à un examen comprenant des épreuves théoriques et pratiques portant sur les connaissances professionnelles des candidats, notamment en matière de conduite, de navigation et de sécurité.
<b>Chemin de fer touristique</b>	<i>Article 6.2.3 du référentiel technique du STRMTG</i> L'exploitant est tenu d'habiliter le personnel à l'exercice des fonctions de sécurité pour lesquels il a été formé.



## 6 - Restitution du déroulement de l'accident

Jeudi 12 janvier 2017, il neige abondamment sur la station de la Plagne à partir de 17 h. C'est le premier épisode neigeux de la saison qui totalisera une hauteur de chute de neige de 40 cm. La température passe de +4 °C dans la journée à -10 °C dans la nuit.

Le téléphérique du Téléméto assure ce soir-là un service normal qui doit se prolonger jusqu'à 1 h du matin afin d'acheminer les vacanciers entre Aime 2000 et Plagne Centre.

En raison des fortes précipitations, la neige s'accumule. Sous l'effet du gel et des passages successifs de cabine, elle s'agglomère dans la goulotte d'appui du câble porteur sur le pylône P2, là où le câble n'est pas toujours en appui. Elle forme un amas de glace. Le câble sort partiellement de son logement en se déportant latéralement, d'autant que la goulotte n'est pas bien dans l'axe du câble.

Une consigne d'exploitation prescrit bien, en cas d'accumulation de neige dans la journée, de faire procéder à une visite et au dégivrage des sabots sur les pylônes pour se prémunir de ce danger. Elle est en place depuis 2009, date à laquelle un déraillement du câble porteur s'est produit suite à ce problème d'accumulation de glace. Toutefois, la consigne prescrit d'organiser l'opération de dégivrage à 16 h et la neige n'est tombée qu'à partir de 17 h.

À 21 h 04 min, lors d'un trajet descendant de la cabine n° 1, de la gare amont vers la gare aval, le chariot portant la cabine accroche le sabot du pylône. Il est vraisemblable que cette interférence se produit lors de deux passages successifs, le premier restant sans conséquence, car le décalage était moins prononcé. Ce sont très exactement les plaquettes de frein du chariot qui se posent sur le sabot au lieu de l'enserrer de part et d'autre. Les plaquettes s'engravent dans le sabot et poussent dans leur course le câble porteur hors du sabot.

Le câble s'échappe progressivement sur la longueur du sabot et vient se loger dans les galets de roulement du câble tracteur situés dessous. Dans ce mouvement le chariot déraile du câble et vient se placer en équilibre sur celui-ci.

Au contact du câble porteur avec le câble tracteur, l'isolement du câble tracteur est perdu, ce qui a pour effet de déclencher un arrêt de sécurité de l'appareil. Une perte d'isolement est effectivement une suspicion de chevauchement des deux câbles porteur et tracteur.

À ce moment, le poste de conduite est tenu par la référente de station-retour qui remplace le conducteur pendant sa pause de dîner et qui n'assure qu'une surveillance du mode de conduite automatique. Elle constate un arrêt de l'installation et ressent de fortes vibrations qui font tomber la neige, signe des oscillations du contrepoids du câble porteur suite à l'arrêt de sécurité brutal. Elle prévient immédiatement le conducteur qui arrive très rapidement.

Le conducteur, constatant l'arrêt de sécurité, ne prend pas la juste mesure de la criticité de la situation. Bien qu'étant conscient que lors d'un arrêt il faut d'abord identifier les causes ou prévenir un responsable, il minimise la situation et se met dans l'idée de rapatrier avant toute chose la cabine pour évacuer les clients. Il est vrai qu'il a déjà connu par le passé des arrêts pour perte d'isolement du câble tracteur, et ceux-ci provenaient de court-circuits électriques liés à l'humidité ou à des écoulements sur les contrepoids du câble. D'autres arrêts se produisaient aussi, comme le défaut « nez de gare » lié à la sensibilité de la détection des entrées de gare des cabines. Lors de tels arrêts, il avait pour habitude de reprendre une conduite en marche prudente pour rapatrier en priorité les cabines, en shuntant quelques instants les sécurités nécessaires.

En aucun cas il n'envisage un chevauchement de câble, le Téléméto n'en a jamais connu. Il n'envisage pas non plus la possibilité d'un déraillement. Les consignes d'exploitation ne décrivent pas la conduite à tenir pour identifier les causes d'un arrêt. Enfin, il fait nuit, il n'a pas de visibilité sur la ligne qui n'est pas éclairée, et il sait qu'il ne



peut compter que sur lui-même puisque le personnel technique d'entretien n'est plus présent à cette heure-là.

Dans l'optique de rapatrier les clients en priorité, il décide de valider les pontages de sécurité qui doivent lui permettre de repartir. Il tente un premier démarrage à 21 h 09 min 46 s. Lorsqu'il dévalide les pontages, après quelques mètres de déplacement, l'arrêt automatique se produit à nouveau. En effet, le câble tracteur est toujours en contact avec le câble porteur. En manque de maîtrise sur la conduite à tenir, le conducteur poursuit son objectif, il valide les pontages de toutes les sécurités en place, à une près, et démarre à nouveau en marche exceptionnelle à 21 h 13 min 55 s. Un nouvel arrêt de sécurité se produit 108 secondes plus tard. S'ensuivent 10 autres démarrages, arrêtés par différentes sécurités résiduelles comme le contrôle de la « pédale d'homme mort ».

Devant l'échec de ses tentatives, le conducteur appelle l'électricien de garde qui, face aux explications un peu confuses du conducteur, ne prend pas la juste mesure de la situation. Ils conviennent d'essayer un rapatriement des cabines au moteur thermique et l'électricien décide de remonter à la station. Le conducteur va alors dans la salle des moteurs et lance des tentatives de redémarrage avec le moteur thermique, vaines également.

Pendant toutes ces manœuvres, la cabine n° 1 est d'abord redescendue vers la gare aval de quelques mètres, puis est tirée dans le sens d'un retour vers la gare amont. Elle se maintient en équilibre sur le câble porteur, hors de ses galets de roulement. Sous l'effort de traction exercé, le chariot se coince dans les superstructures du pylône P2.

Arrivé sur place vers 22 h, l'électricien trouve le conducteur dans le local de motorisation. Il effectue avec lui, 2 ou 3 tentatives d'entraînement avec le moteur thermique mais le câble tracteur résiste à tout mouvement. Il en conclut que le câble est bloqué et qu'il faut contrôler au niveau des pylônes.

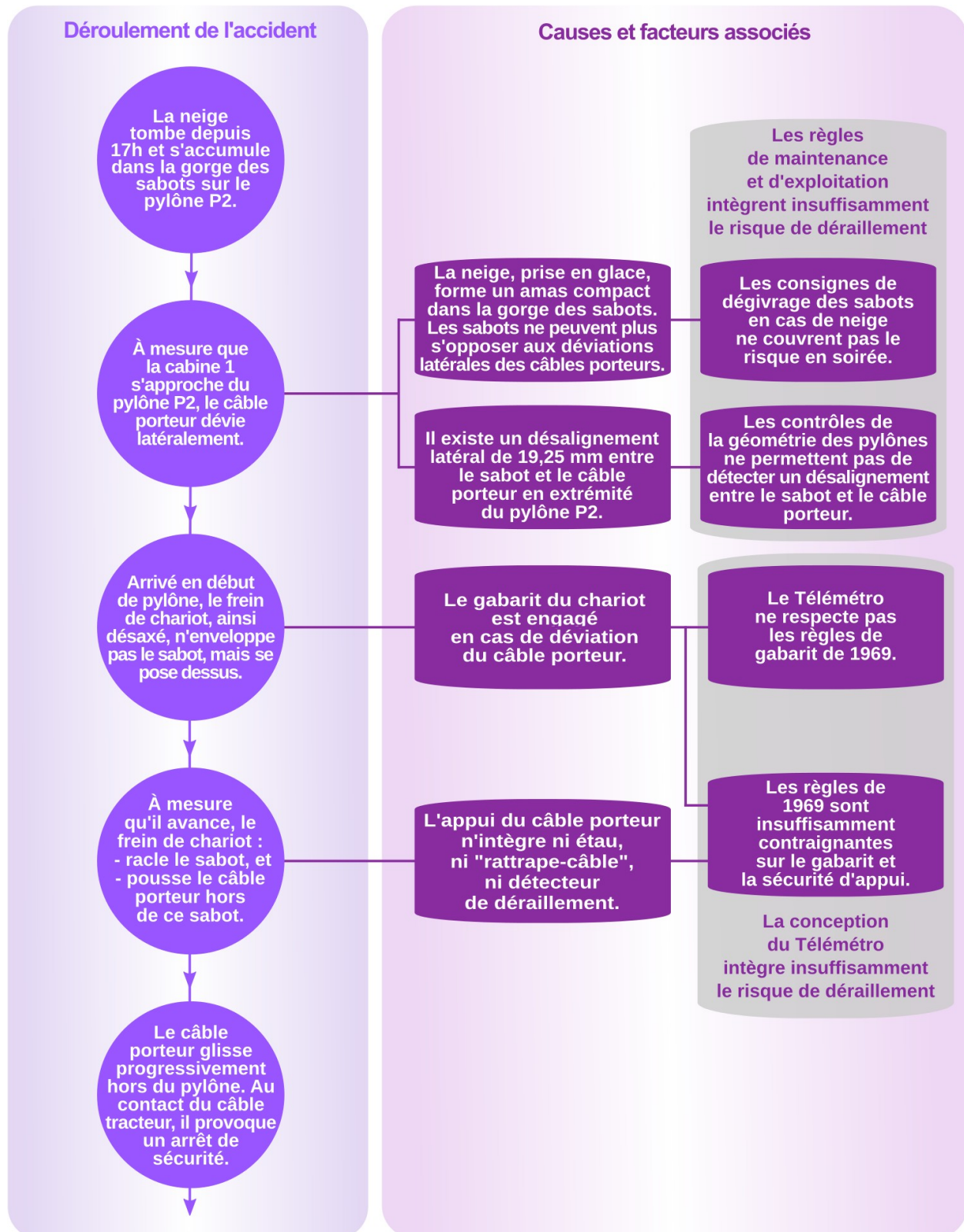
Descendu au pylône P2, il identifie le déraillement. Il donne l'alerte et l'évacuation des 5 passagers présents dans les cabines est lancée. Elle se terminera à 0 h 55.

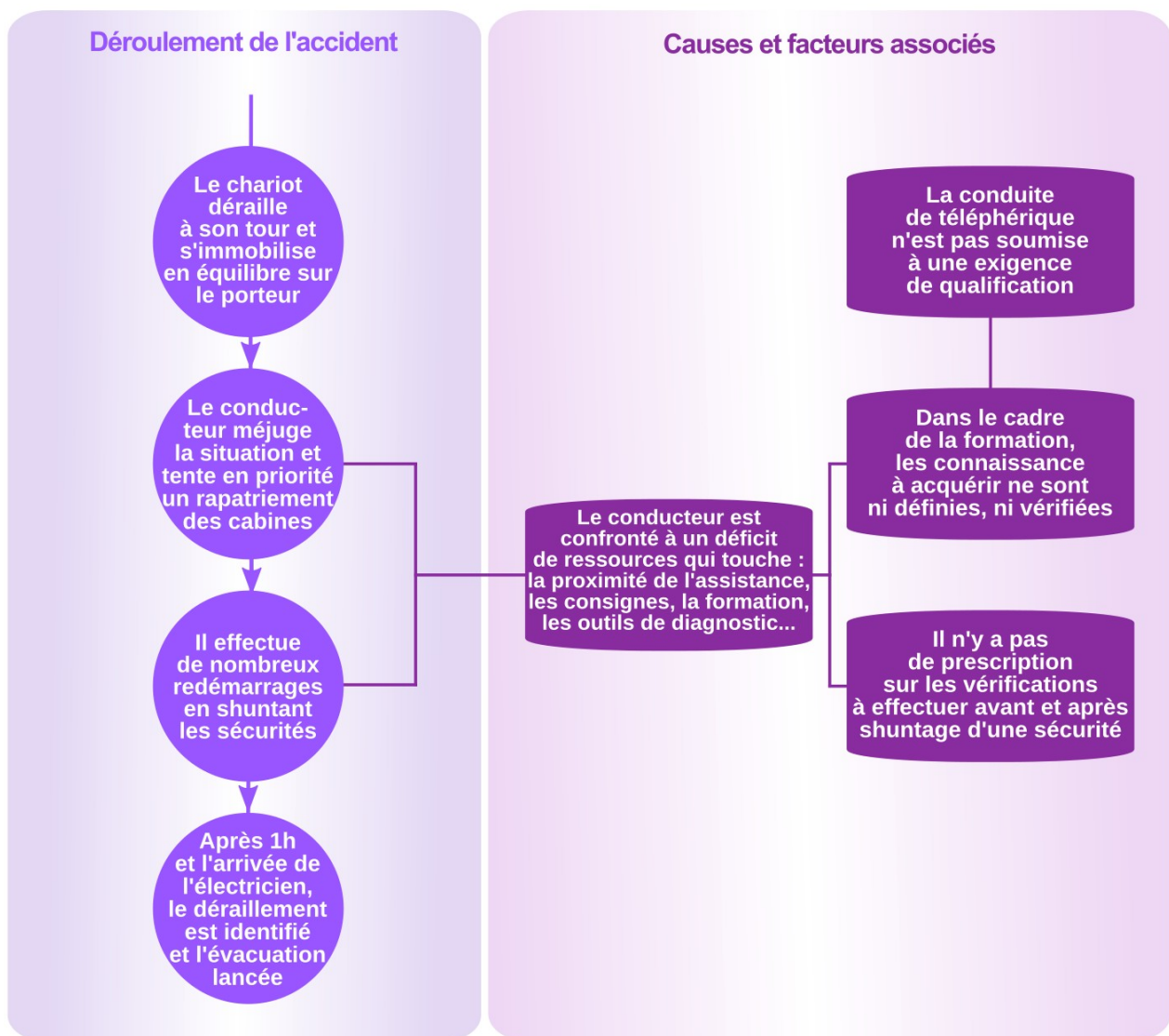
Postérieurement à l'accident, l'exploitant a pris plusieurs mesures qui témoignent d'un traitement sérieux des suites de l'accident. Ces mesures concernent :

- le lancement d'une consultation d'entreprises afin de reprendre la conception du véhicule et du pylône pour renforcer la sécurité. L'orientation principale vise la suppression du frein de chariot, la meilleure tenue du câble sur le pylône, avec diverses options possibles concernant le remplacement ou non du pylône ;
- avant ces travaux de modification, le contrôle de tous les éléments touchés par l'accident à savoir le pylône, le chariot et les câbles, ainsi que le remplacement à neuf des pièces accidentées ;
- dans le cadre de la remise en exploitation en l'état, la promulgation de mesures compensatoires visant à renforcer la sécurité, qui portent sur :
  1. la réduction des horaires d'ouverture (fermeture à 20 h 30 au lieu d'1 h du matin),
  2. l'inspection régulière des parties sensibles de l'installation,
  3. le déneigement des têtes de pylône à l'occasion des intempéries,
  4. l'ajout d'une procédure réglementant les shuntages.

## 7 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

### 7.1 - L'arbre des causes





## 7.2 - Les causes de l'accident

La cause immédiate du déraillement est le télescopage du sabot par le frein de chariot. Celui-ci résulte de la sortie du câble du sabot sous l'effet de la présence de glace dans la gorge, aggravée par le désalignement du sabot du pylône.

Le risque de déraillement du câble porteur des téléphériques bicâbles à va-et-vient, dans le cas d'épisodes neigeux, était connu. Il a été observé, et cela même sur le Télémétre en 2009. Il a fait l'objet d'une lettre-circulaire du STRMTG prescrivant de prendre des mesures d'exploitation. Les mesures en place sur le Télémétre se sont révélées insuffisantes.

## 7.3 - Le dégivrage des pylônes

La cause première du désalignement du câble est la présence de glace. La consigne d'exploitation MO 145 prescrivait bien d'effectuer un dégivrage des sabots en cas d'accumulation de neige.

Le jour de l'accident la neige est tombée à partir de 17 h. Le déraillement s'est produit à 21 h. Il a suffi de 4 h pour former un amas de glace dangereux.

La consigne prévoit de dégivrer les sabots en matinée, en cas de neige dans la nuit, et en fin d'après-midi, si c'est dans la journée. Le pas de temps, de deux interventions par jour, est beaucoup trop détendu par rapport au délai de mise en danger qui est inférieur à 4 h.

La consigne prévoit de procéder au dégivrage en cas de « *fluctuations de température importantes avec neige et pluie mélangées* ». Bien que ce fut le cas le 12 janvier 2017, cela n'a pas été mis en œuvre. Il n'y avait pas d'équipe en soirée pour faire cette opération.

Il apparaît ainsi indispensable de remettre en cohérence les mesures d'exploitation prévues avec le niveau de risque.

Dans le cadre de la remise en service du téléphérique, la SAP a corrigé ces mesures :

- les horaires d'ouverture sont limités de 8 h à 20h30 (au lieu de 1 h du matin) ;
- les interventions de dégivrage, par temps neigeux, sont prévues **toutes les 2 h** pour le pylône P2 (et 4 h pour les autres) par une nouvelle consigne MO 93. Elles seront assurées en dehors des horaires de journée par un technicien de permanence.

Des mesures correctives ayant été prises, le BEA-TT en prend acte et n'émet pas de recommandation sur ce sujet.

## 7.4 - La géométrie des pylônes

L'écart d'alignement vertical du câble sur le sabot est un facteur aggravant du désaxement du câble.

Les relevés topographiques effectués jusqu'à présent, dans le cadre de l'inspection annuelle, ne permettaient pas de mettre en évidence cet écart. Suite aux opérations de remise en état de l'installation, une méthode rudimentaire, au moyen d'un fil à plomb de maçon, est désormais utilisée pour effectuer la vérification.

L'écart d'alignement a été corrigé par l'exploitant grâce à un réglage de la géométrie du pylône.

Compte tenu des corrections effectuées tant sur la géométrie, que sur la méthode de contrôle dans le temps, le BEA-TT n'émet pas de recommandation.

## 7.5 - Le risque de déraillement du Télémétro

Le risque de déraillement en cas de givre des câbles porteurs sur pylône pour les téléphériques à va-et-vient est établi. Il impose de prendre des mesures efficaces pour l'empêcher.

En ce qui concerne le Télémétro, les mesures ont jusqu'à présent concerné l'exploitation, et ont été transcrites dans une consigne spécifique. Ces mesures n'offrent pas une garantie absolue. La mise en œuvre des mesures est très dépendante de la disponibilité des équipes d'entretien, et de leur motivation à effectuer un geste réalisé dans des conditions difficiles (neige, travail en hauteur). La consigne peut possiblement ne pas être mise en œuvre.

La nature du risque, et la gravité des conséquences, appellent des mesures plus invariables.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de dispositif déjà mis en œuvre, sur des installations de même type, pour empêcher la formation de glace. Il convient dès lors de traiter les risques induits par cette présence de glace, parmi lesquels ont été identifiés dans nos investigations les deux suivants :

- le conflit de gabarit véhicule / pylône ;
- l'insuffisante sécurité d'appui du câble porteur.

La conception du Télémétro relevait de la réglementation de 1969. Les exigences de gabarit d'alors ne couvraient que partiellement le risque de déplacement latéral du câble à l'entrée des pylônes. De plus, la conception du Télémétro ne respectait pas ces règles pour le passage du frein de chariot sur le pylône P2. Les règles ne prévoyaient pas non plus de dispositif de sécurisation de l'appui des câbles.

La réglementation actuelle est plus contraignante pour le gabarit de passage du chariot. L'appui en sécurité du câble porteur est traité par un meilleur encapsulement (pose d'étaux de fixation du câble porteur). En cas de risque résiduel, des dispositifs de rattrape-câble et/ou des détecteurs de déraillement sont à prévoir.

La remise en conformité du Télémétro avec la réglementation actuelle est donc à privilégier. Cela suppose de reprendre en conception l'installation et il s'agit là d'une sujétion importante.

La SAP a déjà initié la démarche, en lançant une consultation d'entreprise. Il convient de porter la démarche à son terme. Le BEA-TT émet ainsi la recommandation suivante :

**Recommandation R1 à l'attention de la Société d'aménagement de la Plagne (SAP) :**

**Conduire à son terme les opérations en cours pour reprendre la conception des appuis de câble et des chariots de véhicule du Télémétro et les mettre en conformité avec la réglementation actuelle.**

## **7.6 - Le risque de déraillement des téléphériques bicâbles à va-et-vient**

Le risque de déraillement suite à formation de glace dans les sabots ne concerne pas que le seul téléphérique du Télémétro.

Il existe, en France, 44 téléphériques de type bicâbles à va-et-vient de transport public de personnes (voir annexe 3).

Les événements graves, provoqués par le phénomène de givrage des appuis, sont rares (en moyenne, un accident tous les 10 ans). Leur conséquence n'a jamais été catastrophique parce que chaque événement a bénéficié de circonstances favorables. Leur gravité potentielle est très élevée. De ce fait, leur criticité (couple fréquence x gravité) est forte.

La lettre-circulaire n° 86-229 du STRMTG demande aux exploitants « *de prendre des précautions particulières de manière à permettre la détection et l'élimination des amas de neige* ». Dans le cas du Télémétro les précautions n'ont pas été suffisantes puisqu'elles n'ont pas empêché un premier déraillement en 2009 . Complétées dans une nouvelle consigne à la suite de cet accident, elles n'ont à nouveau pas suffi. Enfin dans le cadre de la rénovation du Télémétro en 2013, une précaution comme la remise à niveau de la sécurité d'appui des câbles porteurs n'a pas été évoquée, ni de la part de la SAP, ni de la part du STRMTG, malgré l'antécédent d'accident. L'exemple du Télémétro montre que les précautions ne sont pas forcément prises à bon escient.

La réglementation a largement évolué depuis la lettre directive. De nouvelles obligations s'imposent désormais pour augmenter le gabarit et sécuriser les appuis. Les installations construites après 1989 ne présentent plus le même risque. Mais seulement 10 des téléphériques bicâbles sont postérieurs à l'instruction de 1989. Pour les anciennes installations le risque demeure car, si ces installations n'ont pas fait l'objet d'une modification substantielle, elles relèvent des anciennes règles et sont restées en l'état.

Le niveau de risque est variable d'une installation à l'autre. À la lumière des investigations effectuées dans la présente enquête, plusieurs facteurs entrent en ligne de compte :

- l'existence de consignes de dégivrage et leur robustesse ;
- la marge de gabarit pour le passage du chariot sur les appuis ;
- la hauteur d'encapsulement du câble porteur ;

- l'efficacité des dispositions constructives pour empêcher la formation de glace ;
- la présence ou non de dispositifs de sécurisation de l'appui du câble porteur (étaux, rattrape-câbles...)

Ainsi, le risque de déraillement est avéré, de forte criticité et variable selon l'installation. L'effectivité des mesures prises en application de la lettre-circulaire n° 86-229 n'est pas garantie.

Il est du rôle de l'autorité de contrôle des téléphériques, le STRMTG, de s'assurer de l'efficacité de la couverture du risque par les exploitants.

De manière à s'assurer de cette efficacité, le BEA-TT émet la recommandation suivante :

**Recommandation R2 à l'attention du Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG) :**

**Conduire une analyse de risque de l'ensemble des téléphériques concernés par la lettre-circulaire du STRMTG n° 86-229, évaluant pour chacun d'eux le facteur de risque et l'efficacité des parades et des mesures adoptées par les exploitants, pour se prémunir des conséquences du givrage des appuis. Déclencher les actions de traitement des situations critiques.**

## 7.7 - La gestion des shuntages de sécurité

Après le déraillement, le conducteur a effectué plusieurs tentatives de démarrage en shuntant les sécurités.

Il connaissait la règle de sécurité consistant à ne pas redémarrer sans identifier clairement les causes de l'arrêt ou prévenir un responsable. L'analyse de la stratégie d'action du conducteur montre qu'il a pu être démunie de ressources pour gérer correctement la situation.

Les ressources lui ont manqué dans tous les domaines suivants :

- une assistance facilement disponible ;
- l'existence d'outils d'identification des causes d'un arrêt ;
- des consignes le guidant dans sa démarche avant shuntage d'une sécurité ;
- une formation le sensibilisant aux risques et l'entraînant aux situations de danger.

L'organisation de l'assistance a été améliorée par l'exploitant, avec la mise en place d'une permanence et d'horaires d'ouverture réduits.

La création d'outils de reconnaissance de la ligne est intéressante et il serait utile de l'examiner dans le cadre de la mise en œuvre de la recommandation R1 de remise à niveau de l'installation.

En ce qui concerne les consignes, l'exploitant a ajouté, depuis l'accident, un nouveau mode opératoire portant sur les shuntages du Téléméto. La nouvelle consigne distingue ceux qui sont autorisés par le conducteur seul de ceux nécessitant la présence de l'électricien.

Le mode opératoire reste encore incomplet pour garantir que toutes les précautions sont prises et assister les opérateurs, conducteur ou électricien, dans une véritable démarche d'analyse des risques et de mise en œuvre d'actions de couverture de ceux-ci. Le mode opératoire devrait inclure une check-list des contrôles obligatoires à effectuer et des mesures à prendre avant tout redémarrage de l'installation selon le type d'arrêt de sécurité et de shuntage.

En conséquence, le BEA-TT émet la recommandation suivante :

**Recommandation R3 à l'attention de la Société d'aménagement de la Plagne (SAP) :**  
**Établir une consigne propre au Télémétro précisant les vérifications détaillées à effectuer avant un shuntage de sécurité et les mesures compensatoires à prendre après. Intégrer aux formations les apprentissages correspondants.**

## 7.8 - La validation des compétences des conducteurs

Une autre ressource à renforcer concerne la formation.

Le conducteur aurait dû faire preuve de plus de maîtrise d'une situation exceptionnelle.

Les investigations sur le processus de formation des personnels exerçant des missions de conduite du Télémétro ont montré qu'il était peu exigeant et peu auditable. Les opérateurs sont insuffisamment sensibilisés aux risques et insuffisamment entraînés aux situations de danger. Les connaissances à acquérir ne sont pas définies. Les connaissances acquises ne sont pas contrôlées.

Les téléphériques sont des systèmes complexes dont la maîtrise, en situation dégradée, requiert des compétences dont l'acquisition et le maintien doivent être formalisés et vérifiés.

Plusieurs accidents ont par le passé pointé une insuffisance de formation des personnels effectuant des tâches de sécurité pour les téléphériques. Une invitation du BEA-TT a été adressée à la DGITM en ce sens, à la suite de l'enquête technique sur l'accident du téléphérique du Pléney à Morzine. Elle concernait l'évolution vers un système d'habilitation des chefs d'exploitation et des personnels assurant des tâches de sécurité majeures tels que les missions de conduite.

L'accident du Télémétro rappelle qu'un effort est toujours d'actualité. Les points faibles du dispositif se situent sur l'absence de définition des connaissances à acquérir et sur l'absence de vérification des acquis, pour les personnels exerçant des fonctions de sécurité.

Récemment, la DGITM a engagé une large évolution du cadre réglementaire visant à améliorer la prise en compte de la sécurité par les exploitants de remontées mécaniques. Le décret n° 2016-29 du 19 janvier 2016 et l'arrêté du 12 avril 2016 imposent désormais à tout exploitant d'élaborer un système de gestion de la sécurité (SGS) et de le faire auditer périodiquement par un organisme qualifié extérieur.

Si responsabilité est ainsi faite aux exploitants par le décret n° 2016-29 de « *garantir la compétence des personnels* », et si le document d'orientation de leur SGS doit traiter de la « *gestion des compétences* », il n'est toutefois pas fait obligation de mettre en œuvre une habilitation aux missions de conduite attestant de l'acquisition d'un socle de compétence, pour les téléphériques « gros porteurs ».

Le BEA-TT prend acte de l'évolution favorable vers le SGS en cours. Il regrette que cette évolution n'ait pas conduit à la mise en œuvre d'une habilitation des conducteurs de téléphérique, à l'instar de tous les autres modes de transport public de personnes.

L'habilitation des conducteurs permet un formalisme attestant que :

- l'exploitant a mis en place une gestion du développement des compétences pour les installations les plus à risque, et cela dans le cadre général posé par le SGS ;
- qu'il a formé chaque conducteur selon un référentiel de compétence à acquérir, incluant la prise de conscience des risques ;
- qu'il a sanctionné ces formations, pour chaque conducteur, par une évaluation et une attestation de bonne acquisition des connaissances.



Il est trop tôt pour mesurer les avancées positives permises par la mise en place du SGS sur l'amélioration de la qualité des formations. Celles-ci dépendront de l'appropriation de la démarche par les acteurs, exploitants, organismes de contrôle et préfets. Les premiers audits établis par les organismes qualifiés extérieurs seront tenus en octobre 2019 pour tirer les premiers enseignements.

Ainsi, le BEA-TT invite la DGITM à effectuer, fin 2019, un bilan de l'atteinte de l'objectif de garantie de la compétence du personnel affecté aux tâches de sécurité, tel que fixé par l'article R. 342-12 du code du tourisme. Ce bilan s'attachera à vérifier la qualité de la formation et de la reconnaissance de la compétence de cette catégorie de personnel. À l'issue, en cas de non-atteinte de l'objectif, le dispositif réglementaire sera à modifier pour intégrer l'obligation de délivrance d'une habilitation pour l'exercice de missions de conduite des téléphériques « gros porteurs ».



## **8 - Conclusions et recommandations**

### **8.1 - Conclusions**

La cause immédiate du déraillement du Télémétro est le télescopage du sabot de pylône par le frein de chariot de la cabine au passage de celle-ci. Le télescopage résulte de la sortie du câble porteur du sabot sous l'effet de la présence de glace dans la gorge, aggravée par le désalignement du sabot du pylône.

Le risque de déraillement du câble porteur des téléphériques bicâbles à va-et-vient, dans le cas d'épisodes neigeux, était connu. Il a été observé, et cela même sur le Télémétro en 2009. Il a fait l'objet d'une lettre-circulaire du STRMTG prescrivant de prendre des mesures d'exploitation. Les mesures en place sur le Télémétro se sont révélées insuffisantes.

Le BEA-TT formule deux recommandations visant à renforcer la sécurité, l'une concernant le Télémétro et l'autre l'ensemble des installations sensibles au phénomène.

Après le déraillement, le conducteur a effectué plusieurs tentatives de démarrage en shuntant les sécurités.

Il connaissait la règle de sécurité consistant à ne pas redémarrer sans identifier clairement les causes de l'arrêt ou prévenir un responsable. L'analyse de la stratégie d'action du conducteur montre qu'il a pu être démuní de ressources pour gérer correctement la situation.

Le BEA-TT formule une recommandation et une invitation sur ce thème.

### **8.2 - Recommandations**

**Recommandation R1 adressée à la Société d'aménagement de la Plagne (SAP) :**

**Conduire à son terme les opérations en cours pour reprendre la conception des appuis de câble et des chariots de véhicule du Télémétro et les mettre en conformité avec la réglementation actuelle.**

**Recommandation R2 adressée au Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG) :**

**Conduire une analyse de risque de l'ensemble des téléphériques concernés par la lettre-circulaire du STRMTG n° 86-229, évaluant pour chacun d'eux le facteur de risque et l'efficacité des parades et des mesures adoptées par les exploitants, pour se prémunir des conséquences du givrage des appuis. Déclencher les actions de traitement des situations critiques.**

**Recommandation R3 à l'attention de la Société d'aménagement de la Plagne (SAP) :**

**Établir une consigne propre au Télémétro précisant les vérifications détaillées à effectuer avant un shuntage de sécurité et les mesures compensatoires à prendre après. Intégrer aux formations les apprentissages correspondants.**

*Le BEA-TT invite la DGITM à effectuer, fin 2019, un bilan de l'atteinte de l'objectif de garantie de la compétence du personnel affecté aux tâches de sécurité, tel que fixé par l'article R. 342-12 du code du tourisme. Ce bilan s'attachera à vérifier la qualité de la formation et de la reconnaissance de la compétence de cette catégorie de personnel. À l'issue, en cas de non-atteinte de l'objectif, le dispositif réglementaire sera à modifier pour intégrer l'obligation de délivrance d'une habilitation pour l'exercice de missions de conduite des téléphériques « gros porteurs ».*



## **ANNEXES**

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Liste des pontages de sécurité possibles en conduite du Télémétro

Annexe 3 : Liste des téléphériques à va-et-vient sur le territoire national



## Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



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



*Le Directeur*

La Défense, le 17 janvier 2017

### 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<sup>re</sup> partie relatif à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport ;

Vu les circonstances du déraillement du câble porteur et d'une cabine du téléphérique « Téléméto » survenu le 12 janvier 2017 sur les communes de La Plagne-Tarentaise et Aime-la-Plagne en Savoie ;

#### décide

**Article 1 :** Une enquête technique est ouverte en application du titre II du livre VI de la 1<sup>re</sup> partie du code des transports sur le déraillement du câble porteur et d'une cabine du téléphérique « Téléméto » le 12 janvier 2017 à la station de sports d'hiver La Plagne (73).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Panhaleux'.

Jean PANHALEUX



## Annexe 2 : Liste des pontages de sécurité possibles en conduite du Télémétro

PONTAGES MOTRICE	COMMENTAIRES
GI1	Pontage de tous les défauts associés aux générateurs d'impulsion câble 1, soit des défauts de position des véhicules.
GI2	Pontage de tous les défauts associés aux générateurs d'impulsion câble 2, soit des défauts de position des véhicules.
Surcourse	Pontage de la position extrême du véhicule. Seul un démarrage dans le sens opposé est possible.
'RV0' vitesse nulle	Pontage du contrôle de vitesse. Il permet l'enclenchement de la puissance sans rotation du moteur de traction ou à vitesse très lente.
DTC	Pontage de tous les défauts associés à la dynamo tachymétrique câble, soit des défauts de vitesse.
DTM	Pontage de tous les défauts associés à la dynamo tachymétrique moteur, soit des défauts de vitesse.
Surcharge moteur	Pontage de tous les défauts associés au contrôle du courant des moteurs de traction.
Isolement 24V1	Pontage du contrôle de mise à la terre du 24v relayage.
Isolement 24V2	Pontage du contrôle de mise à la terre du 24v relayage.
Isolement câble	Pontage du système de surveillance de l'isolement et du croisement du câble tracteur.
Arrêt véhicule	Pontage des arrêts du véhicule en défaut
Contrepoids porteurs	Pontage de la surveillance des positions extrêmes des contrepoids du câble porteur
Position câble	Pontage de la surveillance de position du câble tracteur en gare motrice
Contrôle portes palières	Pontage de la surveillance de position et de verrouillage des portes palières
Vent violent	Pontage du seuil de détection maxi de vent
Arrêts retour	Pontage de tous les défauts associés à la gare retour (dans le cas d'un défaut télétrans par exemple)
Contrepoids tracteurs	Pontage de la surveillance des positions extrêmes des contrepoids du câble tracteur
Isolement 24V1 retour	Pontage du contrôle de mise à la terre du 24v relayage retour.

## Annexe 3 : Liste des téléphériques à va-et-vient sur le territoire national

Année	Dénomination	Station	TPH de service	Capacité véhicules	Frein de chariot
1930	TRAMEZAYGUES TRONCON 1	TRAMEZAYGUES	Oui	10	Non
1931	TRAMEZAYGUES TRONCON 2	TRAMEZAYGUES	Oui	9	Non
1931	TRAMEZAYGUES TRONCON 3	TRAMEZAYGUES	Oui	10	Non
1933	TPH MEGEVE ROCHEBRUNE	MEGEVE		38	Non
1936	SANCY I	MONT DORE (LE)		30	Non
1936	TPH DE BELLEVUE	HOUCHES (LES)		37	Non
1951	PRAGNERES	PRAGNERES	Oui	10	Non
1952	IZOURT PRADIERES	IZOURT	Oui	6	Non
1953	TPH DE LAFLEGERE	CHAMONIX BREVENT - FLEGERE		60	Non
1954	BOCHOR	PRALOGNAN		33	Non
1954	TPH AIGUILLE MIDI 1	CHAMONIXAIGUILLE DU MIDI		63	Non
1954	TPH AIGUILLE MIDI 2	CHAMONIXAIGUILLE DU MIDI		66	Non
1955	NAGUILHES	NAGUILHES	Oui	10	Non
1955	PIC LUMIERE	SAINT LARY SOULAN		47	Oui
1956	TELEPERIQUE DE PINSOT	PINSOT	Oui	6	Non
1956	PONT DE CAMPS	ARTOUSTE	Oui	10	Non
1957	TC PANORAMIC MONT BLANC	CHAMONIXAIGUILLE DU MIDI		4	Non
1958	APPLEVAGE	ARTOUSTE	Oui	19	Oui
1958	MONT FARON	TOULON		19	Non
1960	TPH POINTE DE NYON	MORZINE		35	Non
1961	SANCY 2	MONT DORE (LE)		60	Non
1962	PIC BLANC	ALPE D'HUEZ (L')		93	Non
1962	TPH GRANDS MONTETS 1	CHAMONIX GRANDS MONTETS		60	Oui
1962	TPH GRANDS MONTETS 2	CHAMONIX GRANDS MONTETS		60	Oui
1965	PLOMB DU CANTAL	SUPER LIORAN		80	Non
1967	BASTILLE	GRENOBLE		6	Non
1967	PLAOUQUES	PLAOUQUES	Oui	10	Oui
1970	TELEMETRO	PLAGNE (LA)		30	Oui
1973	FORNET	VAL D'ISERE		81	Oui
1975	JANDRI 2	DEUXALPES (LES)		75	Oui
1975	CHARLANNES (Suspendu)	BOURBOULE (LA)		6	Oui
1975	GRANDE MOTTE	TIGNES		116	Oui
1976	RUILLANS 1	GRAVE (LA)		6	Non
1977	RUILLANS 2	GRAVE (LA)		6	Non
1978	TELE RIOU	AURON		30	Non
1980	LAS DONNAS	AURON		60	Non
1980	SUPER BISSORTE	PRAZ (LA)	Oui	10	Non
1981	AIGUILLE ROUGE	LES ARCS - PEISEY - VALLANDRY		70	Oui
1981	TPH TRANSVAL	CLUSAZ (LA)		100	Non
1982	CIME CARON	VAL THORENS		150	Oui
1983	TPH DU SALEVE	SALEVE (LE)		60	Oui
1984	SERRE CHE 2	SERRE CHEVALIER 1350 (SAINT CHAFFREY)		40	Non
1984	SAULIRE	COURCHEVEL		143	Non
1987	TPH DU BREVENT	CHAMONIX BREVENT - FLEGERE		60	Non
1988	ALPETTE/ROUSSES	VAUJANY		160	Non
1990	VAUJANY/ALPETTE	VAUJANY		160	Non
1994	PREYERAND	MENUIRES (LES)		12	Non
1996	TPH BREVENT – FLEGERE	CHAMONIX BREVENT - FLEGERE		40	Non
1998	PIC DU MIDI	PIC DU MIDI		45	Oui
2001	TAOULET	PIC DU MIDI		45	Oui
2003	VANOISE EXPRESS 1	PLAGNE (LA)		200	Non
2003	VANOISE EXPRESS 2	PLAGNE (LA)		200	Non
2014	PIC DE BURE (Suspendu)	OBSERVATOIRE DU PLATEAU DE BURE		16	Non
2015	DAHU	LES ARCS - PEISEY - VALLANDRY		15	Non
2016	TPH DE LAPENFELD	BREST		60	Non

TPH : téléphérique



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](mailto:bea-tt@developpement-durable.gouv.fr)

[www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr](http://www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr)

