

**RAPPORT  
D'ENQUÊTE TECHNIQUE**  
**sur le déraillement d'un train  
survenu le 25 janvier 2021  
à Fontpédrouse (66)  
sur la ligne reliant  
Villefranche - Vernet-les-Bains  
à Latour-de-Carol**

**Décembre 2022**

## 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. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. 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.

## Glossaire

- **AOT** : Autorité Organisatrice des Transports
- **ATESS** : Acquisition et Traitement des Évènements de Sécurité en Statique
- **AVEN** : Avis d'Enrayage
- **BP URG** : Bouton-Poussoir d'URGence
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **DMT** : Direction Maintenance et Travaux
- **DPX** : Dirigeant De Proximité
- **EIC** : Établissement Infrastructure Circulation
- **EMTJ** : Établissement Mobilités du Train Jaune
- **ETSV** : Établissement Traction Service Voyageurs
- **FU** : Freinage d'Urgence
- **PK** : Point Kilométrique
- **PN** : Passage à Niveau
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **SGC** : Service chargé de la Gestion des Circulations
- **SNCF** : Société Nationale des Chemins de fer Français
- **SNCF Réseau** : Gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire du groupe SNCF
- **SNCF Voyageurs** : Entreprise ferroviaire de transport de voyageurs du groupe SNCF
- **STPG** : Sécurité des Transports Publics Guidés
- **STRMTG** : Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés
- **TER** : Train Express Régional
- **UIC** : Union Internationale des Chemins de fer

## Bordereau documentaire

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

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur le déraillement d'un train survenu le 25 janvier 2021 à Fontpédrouse (66) sur la ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol

N° ISRN : EQ-BEAT—22-9--FR

Affaire n° BEATT-2021-02

Proposition de mots-clés : déraillement, enrayage, graissage, freinage, pente

# Synthèse

Le 25 janvier 2021, en fin de journée, le Train Express Régional n° 23006 circule depuis la gare de Latour-de-Carol en direction de son terminus en gare de Villefranche – Vernet-les-Bains sur une voie unique à écartement métrique. Cette automotrice, n° 152 de type Z150, bien qu'en service commercial ne transporte pas de voyageurs. Seuls sont présents à bord le conducteur et le contrôleur.

À partir du pont Gisclard, un brouillard intense enveloppe la ligne dans la descente des gorges de la Têt. Le train subit plusieurs enrayages que le conducteur gère via des actions de freinage électrique puis des actions sur les boutons-poussoirs de sablage et d'anti-patinage. La vitesse du train dépasse la limite autorisée qui est de 30 km/h et continue d'augmenter. Un dernier enrayage a lieu à vitesse élevée. Le conducteur n'arrive pas à récupérer l'adhérence en appliquant les mêmes gestes que précédemment et il n'utilise pas le freinage pneumatique. Le convoi se présente à l'entrée du tunnel de La Castagnal (courbe à droite) à la vitesse de 56 km/h.

Le train subit un délestage des roues côté droit, bascule, heurte les supports du troisième rail juste avant d'entrer dans le tunnel et touche en partie haute côté gauche la paroi du tunnel. Il déraille. Il heurte plus loin d'anciens supports électriques fixés sur le côté de la paroi du tunnel. Le train retombe ensuite sur ses roues, en position verticale, avant la fin du tunnel.

Le conducteur déclenche le freinage d'urgence dans le tunnel. Le train s'immobilise en voie 99 mètres après la sortie du tunnel de La Castagnal, par l'effet combiné du freinage d'urgence (via l'essieu moteur non déraillé) et du ripage des essieux qui ont déraillé sur le ballast. En effet, le second essieu sur le premier bogie (porteur) et les deux essieux du bogie arrière ont déraillé. Il est 17 h 38.

Le conducteur et le contrôleur ne sont pas blessés mais sous le choc.

La cause première du déraillement est la survitesse du train Z152 dans une courbe.

L'excès de vitesse est dû à la difficulté du conducteur à maîtriser la vitesse à la suite de plusieurs enrayages en zone de forte pente. Ces enrayages ont été déclenchés par des conditions météorologiques humides et un état de la table de roulement présentant de la graisse.

Les investigations ont identifié plusieurs facteurs contributifs :

- le comportement inadapté de conduite du conducteur ;
- l'excès de graisse sur la table de roulement du rail, sur un linéaire important de la ligne ;
- le déficit de gestion du risque d'enrayage par manque de remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages.

Le BEA-TT émet six recommandations et trois invitations relatives à la formation des conducteurs, à la remontée d'informations aux mainteneurs de l'infrastructure et du matériel roulant par les conducteurs et les chefs de ligne, au système de graissage, à la valeur de vitesse déclenchant un freinage d'urgence sur les Z150 et au contrôle et entretien de l'état du rail.

# SOMMAIRE

<b>SYNTHÈSE.....</b>	<b>1</b>
<b>1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....</b>	<b>4</b>
1.1 - Les circonstances de l'événement.....	4
1.2 - Le bilan humain et matériel.....	4
1.3 - Les mesures prises immédiatement après l'événement.....	5
1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	5
<b>2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....</b>	<b>6</b>
2.1 - La ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol.....	6
2.2 - La localisation du déraillement.....	7
2.3 - Les acteurs concourant à l'exploitation du Train Jaune.....	7
2.4 - L'énergie électrique.....	9
2.5 - La voie.....	9
2.6 - Les caractéristiques techniques des matériels roulants.....	11
2.6.1 - Description générale.....	11
2.6.2 - Le freinage des Z150.....	13
2.6.3 - Le fonctionnement du système d'anti-enrayage des Z150.....	14
2.6.4 - Le sablage.....	15
2.6.5 - Le graissage de rail.....	16
2.6.6 - La veille automatique ou « homme mort ».....	17
2.7 - L'exploitation de la ligne.....	17
2.7.1 - Les conducteurs.....	17
2.7.2 - Les contrôleurs.....	18
2.7.3 - Les chefs de ligne et la régulation.....	18
2.8 - La maintenance.....	19
2.8.1 - La maintenance de l'infrastructure.....	19
2.8.2 - La maintenance des matériels roulants.....	19
2.9 - Les conditions météorologiques.....	20
<b>3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....</b>	<b>21</b>
3.1 - Résumé des déclarations.....	21
3.1.1 - Le conducteur du train déraillé.....	21
3.1.2 - Le contrôleur du train déraillé.....	22
3.1.3 - Le chef de ligne en poste au moment du déraillement.....	22
3.1.4 - Le conducteur de la circulation n° 17301 le matin du 25 janvier.....	23
3.2 - Les constats sur l'automotrice Z152 après le déraillement.....	23
3.3 - Les données de l'enregistreur des paramètres de conduite.....	25
3.4 - Les constats sur l'infrastructure.....	27

3.5 - La localisation exacte du déraillement.....	28
3.6 - Les observations approfondies faites sur site par la SNCF.....	29
3.7 - Les circulations ayant précédé le déraillement.....	32
3.8 - Le retour d'expérience concernant l'adhérence sur le Train Jaune.....	32
3.9 - La dynamique possible du déraillement du train.....	35
3.10 - Les conclusions sur les constats immédiats.....	37
3.11 - Le comportement de conduite lors de la descente.....	38
3.11.1 - La conduite le 25 janvier 2021 après-midi.....	38
3.11.2 - La conduite des Z150 en zone de forte pente.....	39
3.11.3 - L'analyse du comportement du conducteur.....	41
3.11.4 - La formation des conducteurs.....	43
3.12 - Les enrayages (et patinages) : de l'observation au signalement jusqu'à leur traitement.	45
3.12.1 - Les observations d'un enrayage par les conducteurs.....	45
3.12.2 - Le traitement par le chef de ligne.....	48
3.12.3 - Les actions du mainteneur de l'infrastructure et/ou du mainteneur du matériel roulant.....	52
3.13 - La maintenance du rail.....	53
3.13.1 - Les tournées.....	53
3.13.2 - Les vérifications aux points témoins de graissage.....	55
3.13.3 - La formation des agents de voie.....	57
3.14 - Les contraintes apportées par le matériel roulant.....	58
3.14.1 - Le fonctionnement des graisseurs de rail et de boudin.....	58
3.14.2 - Le sablage.....	60
3.14.3 - Le contrôle de la survitesse sur le matériel roulant Z150.....	60
3.15 - Les actions correctives apportées après l'accident.....	61
3.16 - Les observations sur site en novembre 2021.....	64
<b>4 - DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....</b>	<b>65</b>
<b>5 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.</b>	<b>66</b>
5.1 - L'arbre des causes.....	66
5.2 - Les causes de l'événement.....	66
5.3 - Le comportement de conduite du conducteur.....	67
5.4 - Le graissage du rail.....	67
5.5 - Les remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages.....	69
<b>6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>71</b>
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	72
Annexe 2 : Plan détaillé de la ligne du pk 25,222 au pk 20,590.....	73
Annexe 3 : Règlement général de protection des données.....	74

# 1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

## 1.1 - Les circonstances de l'événement

Le lundi 25 janvier 2021, il est 17 h 38 lorsque l'automotrice Z152 circulant sur la ligne en voie unique reliant Latour-de-Carol à Villefranche – Vernet-les-Bains, déraille dans le tunnel dit de « La Castagnal ». Le train s'immobilise au point kilométrique (pk) 21,680, localisé entre les arrêts Sauto et Fontpédrouse.

Il n'y a pas d'autre train en exploitation sur la ligne, il s'agit du dernier trajet ce jour-là.

Ce train, un Train Express Régional (TER), est en exploitation commerciale, identifié sous le numéro 23006, mais aucun voyageur ne l'a emprunté. Seuls le conducteur et le contrôleur sont à bord.

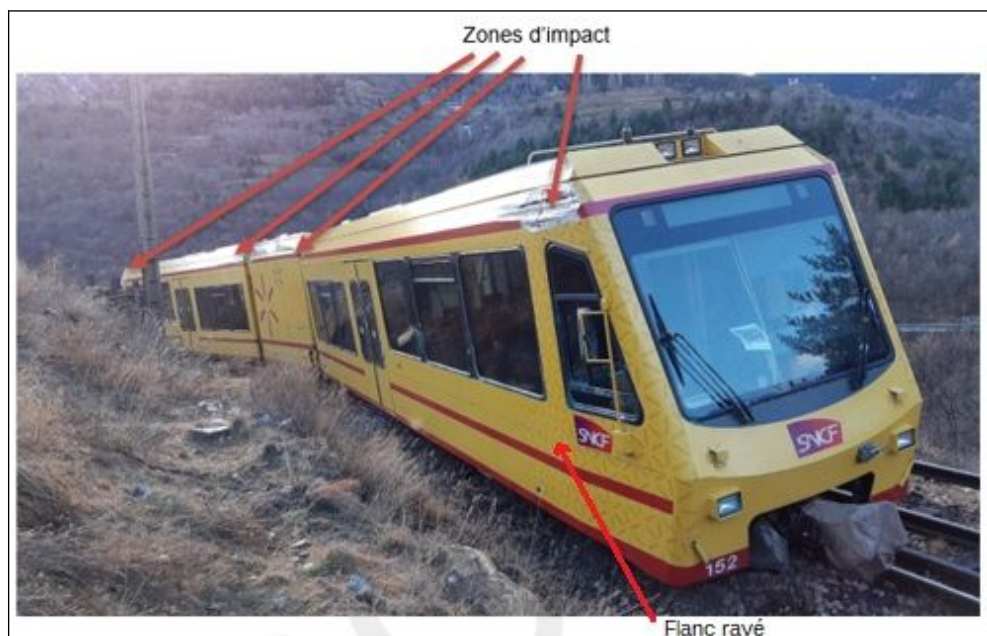


**Fig 1 : Position du train Z152 à l'issue de son déraillement** (photo SNCF)

## 1.2 - Le bilan humain et matériel

À l'issue du déraillement, le conducteur et le contrôleur du train sont sous le choc mais ils ne sont pas blessés.

Le train présente des impacts sur le haut de la caisse, sur le flanc et au niveau du bas de caisse, côté gauche.



**Fig 2 : Impacts sur le matériel roulant Z152** (photo SNCF)

Le déraillement provoque la coupure d'urgence électrique de la ligne.

Un impact sur la voûte du tunnel de La Castagnol est observé.

La voie est également abîmée : 210 mètres de rail d'alimentation électrique sont arrachés ou déplacés, quelques traverses, des isolateurs et un support de troisième rail sont détériorés.

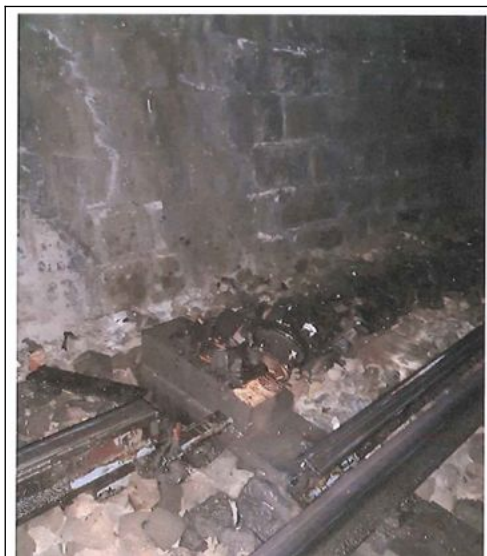


Fig 3 : Rail d'alimentation électrique arraché dans le tunnel de La Castagnol (photo SNCF)

### **1.3 - Les mesures prises immédiatement après l'événement**

À la suite de l'évènement, l'exploitation de la ligne a été arrêtée. Les opérations de relevage du train ont été compliquées du fait d'un accès difficile à cette zone. Puis le train Z152 accidenté a été rapatrié au dépôt en remorquage-poussage par des automotrices Z100.

Sous la supervision des services de contrôle de l'État et après identification des dégâts, inspection de la voûte, réparation de l'infrastructure, nettoyage du rail, vérifications sur les trains de type Z100 et après une reprise préalable en formation des conducteurs sur les gestes métiers notamment liés au freinage, l'exploitation de la ligne reprend le 9 février 2021, 15 jours après l'accident.

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

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, la directrice du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 27 janvier 2021 une enquête technique, en application des articles L. 1621-1 à 1622-2 du Code des transports.

L'enquêtrice technique du BEA-TT s'est rendue sur place. Elle a échangé avec les représentants de l'exploitant ainsi que les agents opérationnels en service le jour de l'accident. Elle a également échangé avec les agents du service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG) en charge du contrôle de l'exploitation. Elle a eu communication de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à l'enquête. Il n'y a pas eu d'ouverture d'une instruction judiciaire.

## 2 - Contexte de l'accident

### 2.1 - La ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol

Parfois surnommée « ligne de Cerdagne » et plus souvent « ligne du Train Jaune », cette ligne se situe dans le département des Pyrénées-Orientales. Longue de 62,6 kilomètres, cette ligne de chemin de fer métrique est à voie unique.

Elle relie la gare de Villefranche – Vernet-les-Bains à celle de Latour-de-Carol-Enveitg via Font-Romeu en suivant la vallée de la Têt puis en parcourant le plateau de Cerdagne. La ligne est située dans un relief montagneux et traverse deux zones distinctes : une zone de gorges, comprise entre Villefranche et Mont-Louis qui comporte d'importants versants rocheux et de nombreux torrents ; et une zone de plateaux, de Mont-Louis jusqu'à Latour-de-Carol avec des reliefs plus adoucis. Elle est en correspondance directe avec le réseau à voie normale à ses deux extrémités.

La ligne a été mise en service en 1910. Depuis le 1<sup>er</sup> février 2002, elle est inscrite par l'UNESCO sur la liste indicative du Patrimoine mondial en tant que « Chemin de fer de Cerdagne ».

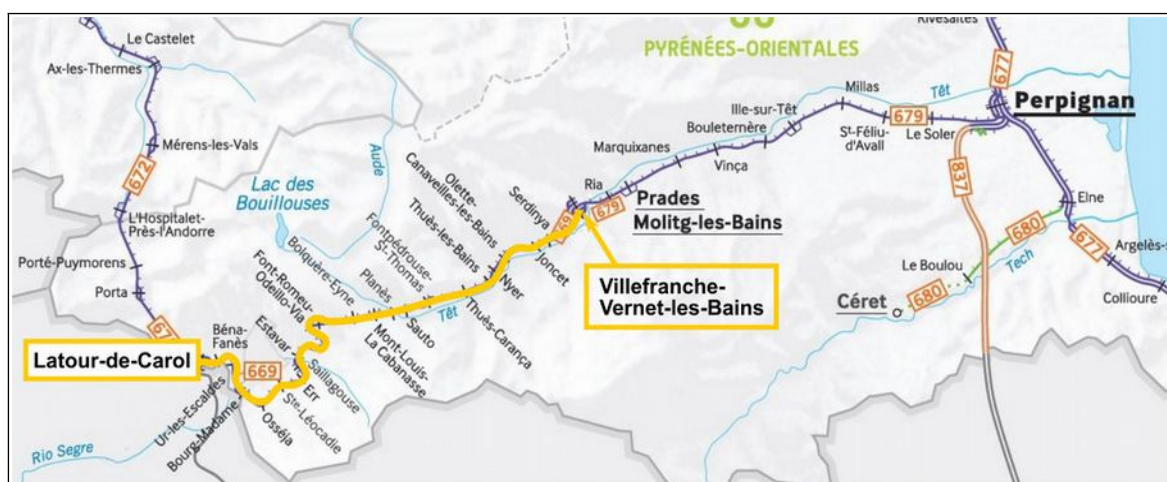


Fig 4 : Plan global de la ligne du Train Jaune (source SNCF)

La fréquentation du train jaune est essentiellement touristique, elle se concentre entre juin et septembre. 85 % des voyageurs sont des touristes. En 2019, 149 260 voyages ont été effectués.

En plus de ses deux terminus, la ligne dessert 22 gares ou points d'arrêts. Six gares permettent le croisement des trains :

OLETTE – CANAVEILLES LES BAINS	Pk 9,720
FONTPEDROUSE – SAINT THOMAS LES BAINS	Pk 19,704
MONT LOUIS – LA CABANASSE	Pk 27,871
FONT ROMEU – ODEILLO - VIA	Pk 34,925
SAILLAGOUSE	Pk 44,670
BOURG MADAME	Pk 55,6890

Fig 5 : Liste des gares d'arrêt général de la ligne du Train Jaune (source SNCF)

C'est une ligne exploitée selon les modalités de la Consigne Locale d'Exploitation « Règles d'exploitation de la ligne Villefranche – Vernet-les-Bains Fuilla à Latour-de-Carol ».



## 2.2 - La localisation du déraillement

Le déraillement a eu lieu dans le tunnel de La Castagnol, en descente, entre Sauto et Fontpédrouse, dans une zone de forte pente (60 %) et de courbes serrées. Le train s'est immobilisé à la sortie du tunnel.

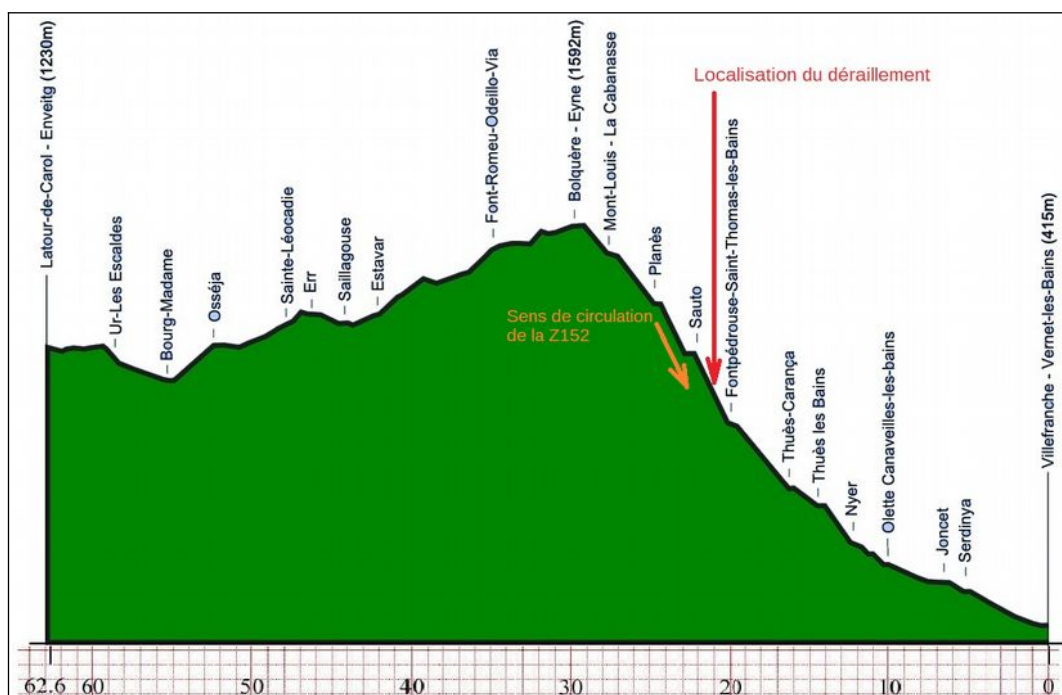


Fig 6 : Profil de la ligne du Train Jaune et localisation du déraillement (source SNCF modifiée)

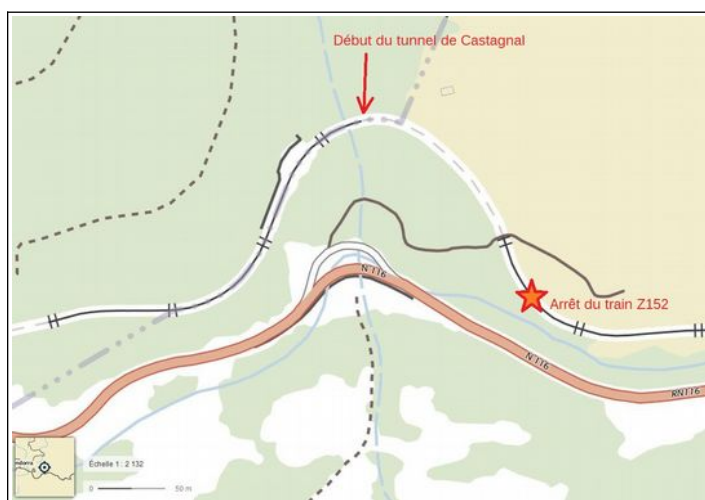


Fig 7 : Tracé du Train Jaune au niveau du tunnel de La Castagnol (source geoportail modifiée)



Fig 8 : Entrée du tunnel de La Castagnol (photo BEA-TT)

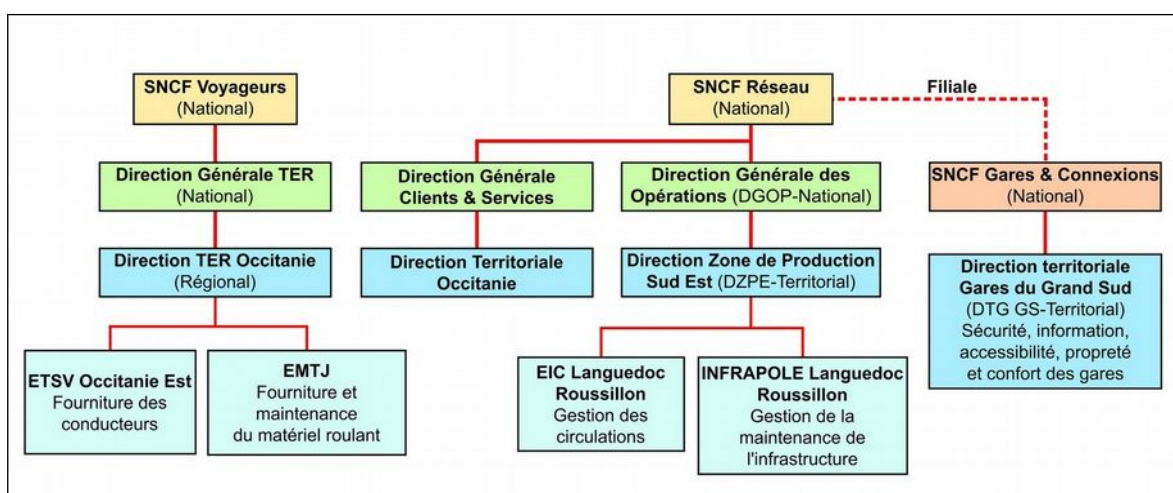
## 2.3 - Les acteurs concourant à l'exploitation du Train Jaune

La ligne ferroviaire de Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol est une voie ferrée locale, relevant depuis le 16 juin 2019<sup>1</sup>, de l'application du titre VI « Autres systèmes de transport guidés » du décret n° 2017-440 du 30 mars 2017 relatif à la sécurité des transports publics guidés – dit décret STPG.

1 En application du décret n° 2019-525 du 27 mai 2019 relatif à la sécurité et à l'interopérabilité du système ferroviaire français entré en vigueur le 16 juin 2019.

Les acteurs sur cette ligne sont multiples :

- L'**État** est propriétaire de l'infrastructure de la ligne, numérotée 669000, de Villefranche- – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol.
- La **Région Occitanie** est l'Autorité Organisatrice des Transports (AOT) des trains express régionaux (TER). Elle définit la consistance de l'offre ferroviaire. Par l'intermédiaire de la Convention TER, la Région a donné pour mission à SNCF Voyageurs d'assurer l'exploitation de la ligne.
- Le **Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG)** est le service de contrôle de l'État sur cette ligne depuis le 16 juin 2019.
- **SNCF Réseau** est le Gestionnaire de l'Infrastructure au sens de l'article L 2111-9 du Code des transports. Il assure les missions de maintenance de l'infrastructure et la gestion des circulations. Au sens des articles 22 et 75 du décret STPG n° 2017-440, il assure également les missions de chef de file<sup>2</sup>, ainsi que les missions d'AOT. Au sein de SNCF Réseau, les établissements concernés sont :
  - La **Direction Territoriale Occitanie** pour les missions d'AOT au sens du décret STPG.
  - L'**Établissement Infrastructure Circulation (EIC) Languedoc Roussillon** pour la gestion des circulations des trains et les missions de chef de file.
  - L'**Établissement Maintenance et Travaux Languedoc Roussillon (Infrapole)** pour la maintenance et les travaux d'infrastructure de la ligne (voie, ouvrages d'art, ouvrages en terre, signalisation, alimentation électrique, télécommunications).
- La **Direction Territoriale des Gares Grand Sud** pour les missions liées à la sécurité, l'information, l'accessibilité, la propreté et le confort des gares.
- **SNCF Voyageurs** est l'exploitant de la ligne assurant les prestations autres que la gestion d'infrastructure, notamment la fourniture et la conduite des trains. À ce titre interviennent :
  - L'**Établissement Mobilités du Train Jaune (EMTJ)** qui assure la maintenance du matériel, la mise à disposition du personnel d'accompagnement, et la mise à disposition des agents d'escale et de manœuvre.
  - L'**Établissement Traction Service Voyageurs (ETSV) Occitanie Est** qui met à disposition les conducteurs qui interviennent sur la ligne.



**Fig 9 : Organigramme global de l'organisation de l'exploitation de la ligne du Train Jaune et des missions d'AOT** (source SNCF modifiée)

2 En cas de coexistence de plusieurs exploitants ou d'un ou de plusieurs exploitants avec le gestionnaire d'infrastructure, un chef de file est désigné par l'autorité organisatrice qui informe le préfet de cette désignation. Ce chef de file assure la coordination courante de l'exploitation du système de transport et en rend compte à l'autorité organisatrice ou au détenteur de l'infrastructure de transport.

## 2.4 - L'énergie électrique

La ligne est alimentée en courant électrique de traction de 850 volts continus par un troisième rail. Le retour du courant de traction s'effectue par les rails de roulement. Le troisième rail permet l'alimentation électrique des automotrices Z100 et Z150 via leurs frotteurs, glissant sur la face supérieure de ce troisième rail. Celui-ci s'interrompt aux passages à niveaux, les automotrices sont équipées de frotteurs à l'avant et l'arrière ainsi qu'à droite et à gauche.

L'alimentation électrique provient d'un complexe hydraulique de production d'électricité, situé dans la vallée de la Têt et qui dessert sept sous-stations, pilotées par un poste de régulation situé à Montpellier.

## 2.5 - La voie

La voie est métrique, à simple adhérence<sup>3</sup>, à forte pente<sup>4</sup> dans le sens pair de la circulation (de Latour-de-Carol à Villefranche – Vernet-les-Bains). Ces pentes atteignent par endroit 60 ‰<sup>5</sup> (plus de 88 % de la ligne est en rampe ou en pente, et 36 % des rampes ou déclivités sont supérieures à 50 ‰). La partie la plus sinueuse du tracé est aussi celle qui comporte le plus de pentes ou rampes, entre les pk 10 et pk 20.

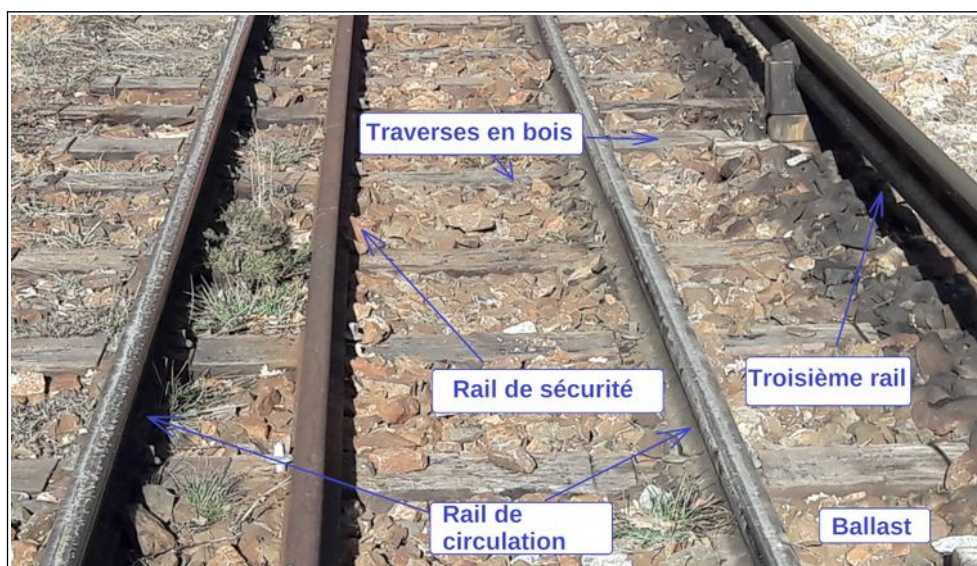


Fig 10 : Composants de la voie (photo SNCF modifiée)

S'il reste des tronçons anciens, les voies circulées en service commercial sont majoritairement équipées en rail 36-E-1 (36,26 kg/m), datant de 2005, 2017 et 2020. Un rail de sécurité est implanté pour limiter les conséquences d'un déraillement, dans les zones particulièrement exposées (courbes surplombant un ravin ou sur un viaduc par exemple).

La zone du déraillement ne présente pas d'appareil de voie.

3 Sans crémaillère.

4 Selon le référentiel des conducteurs de ligne de la SNCF (TT00511), une ligne à forte pente est une ligne comportant au moins une des caractéristiques suivantes :

- pentes supérieures ou égales à 20 mm/m sur au moins 15 km,
- pentes supérieures ou égales à 25 mm/m sur au moins 10 km,
- pentes supérieures ou égales à 30 mm/m sur au moins 5 km.

5 Cas rare en France hors crémaillère. Seul le Train du Mont-Blanc présente de pentes/rampes supérieures, avec 90 ‰.

Parmi les différents ouvrages d'art jalonnant la ligne, deux viaducs permettant de franchir la Têt sont classés monuments historiques. L'un d'eux est le Pont Cassagne dit aussi Pont Gisclard, au pk 24,422, dernier pont suspendu ferroviaire de France sur une ligne exploitée. Ce pont, en pente, est long de 253 mètres. L'autre est le pont Séjourné en maçonnerie à arcs.



**Fig 11 : Pont Gisclard, vu dans le sens de la descente**  
(photo BEA-TT)

La voie ferroviaire franchit des voies routières et piétonnes. On compte ainsi 58 passages à niveau (PN). Le PN n° 26, en amont de la zone du déraillement, est situé au pk 23,339. Des pancartes « S » sont présentes aux abords des passages à niveau (uniquement), donnant l'ordre au conducteur d'activer le sifflet du train.

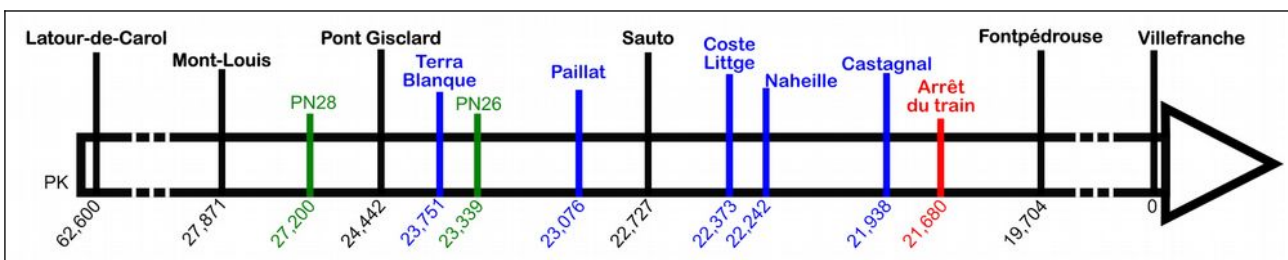
De plus, la ligne compte 19 tunnels, dont le plus long est le tunnel du Pla de Llaura situé au pk 59,639 d'une longueur de 380 mètres. Le tunnel de La Castagnal, lieu de l'accident, fait 159 mètres de long.



**Fig 12 : Tunnels en amont du déraillement** (source SNCF)

### **Caractéristiques de la section de ligne du déraillement**

Le parcours de la ligne de Mont-Louis (pk 27,871) jusqu'à Fontpédrouse (pk 19,704) est un enchaînement de courbes de faible rayon (entre 80 et 100 mètres).



**Fig 13 : Récapitulatif de la section de la ligne située en amont du déraillement**  
(en noir les gares ou haltes, en vert les passages à niveau et en bleu les tunnels)

Sur la zone du déraillement, se cumulent la plus forte déclivité (60 ‰) et une sinuosité marquée avec les rayons de courbes les plus serrés.

Ligne	PKD	PKF	Longueur	Sens de courbes	Rayon de courbes	Sinuosité	Dévers en pleine courbe	Numéro de la courbe	Points remarquables
669000	21+542	21+635	0,093	A	0		0		
669000	21+635	21+780	0,145	D	81		60	155	Tête Train 21+680
669000	21+780	21+799	0,019	A	0		0		tunnel LA CASTAGNAL
669000	21+799	22+035	0,236	G	81		60	156	21+779 au 21+938
669000	22+035	22+038	0,003	A	0		0		
669000	22+038	22+178	0,14	D	79		60	157	
669000	22+178	22+238	0,06	G	109		40	158	
669000	22+238	22+258	0,02	A	0		0		tunnel Nabeille
669000	22+258	22+310	0,052	D	231		25	159	22+242 au 22+305
669000	22+310	22+414	0,104	D	80		60	160	tunnel Coste Littge
669000	22+414	22+490	0,076	G	79		60	161A	22+373 au 22+429
669000	22+490	22+535	0,045	G	81		60	161B	
669000	22+535	22+540	0,005	A	0		0		
669000	22+540	22+605	0,065	D	123		30	162	
669000	22+605	22+660	0,055	G	123		25	163A	
669000	22+660	22+685	0,025	A	0		0		
669000	22+685	22+725	0,04	G	90		40	163B	
669000	22+725	22+735	0,01	A	0		0		SAUTO PL 22+727
669000	22+735	22+775	0,04	G	86		40	164	
669000	22+775	22+965	0,19	D	80		60	165	
669000	22+965	22+990	0,025	A	0		0		
669000	22+990	23+175	0,185	G	79		62	166	tunnel PAILLAT
669000	23+175	23+270	0,095	D	81		62	167	23+076 au 23+198
669000	23+270	23+385	0,115	A	0		0		
669000	23+385	23+413	0,028	G	227		25	168	
669000	23+413	23+423	0,01	A	0		0		
669000	23+423	23+508	0,085	D	83		60	169	
669000	23+508	23+510	0,002	A	0		0		
669000	23+510	23+639	0,129	G	79		70	170	
669000	23+639	23+769	0,13	D	80		60	171	Tunnel
669000	23+769	23+793	0,024	A	0		0		TERRA BLANQUE
669000	23+793	23+984	0,191	G	79		60	172	23+751 au 23+910
669000	23+984	24+074	0,09	D	75		60	173	
669000	24+074	24+108	0,034	A	0		0		

Fig 14 : Particularités de la section de ligne en amont du déraillement (source SNCF)

## 2.6 - Les caractéristiques techniques des matériels roulants

### 2.6.1 - Description générale

La flotte du train jaune est spécifique et circule uniquement entre Villefranche – Vernet-les-Bains et Latour-de-Carol. Elle se compose de plusieurs types d'engins compatibles avec les caractéristiques de l'ensemble de la ligne :

- 13 automotrices Z100 mises en service à l'ouverture de la ligne en 1908 et 1912, parcourant 20 000 à 25 000 km/an. Elles pèsent 30 tonnes et présentent deux bogies à deux essieux moteurs.
- 2 automotrices Z150 mises en service en 2004. Elles parcourent environ 10 000 à 15 000 km/an.
- 14 remorques ZR20000 pouvant être associées aux automotrices Z100 et parcourant entre 15 à 20 000 km/an. Elles aussi ont été mises en service à l'ouverture de la ligne.

## Les automotrices Z150

Le matériel Z150 en cause dans l'accident a été admis en 2004 sous le référentiel de l'arrêté du 5 juin 2000, relatif aux règles techniques et de maintenance applicables aux matériels circulant sur le réseau ferré national (RFN), amendé pour tenir compte des particularités de la ligne (voie métrique, alimentation électrique par troisième rail, gabarit spécifique). Basée sur les dossiers techniques de sécurité fournis par la SNCF à Réseau Ferré de France<sup>6</sup>, l'autorisation de mise en exploitation commerciale autorise les circulations en pente de 60 ‰.

Pesant 40 tonnes et proposant 86 places, les Z150 sont composées de trois caisses, sur trois bogies : un bogie moteur central et deux bogies porteurs à chaque extrémité du train. Ces deux automotrices ont été construites par Stadler<sup>7</sup> et sont aptes à circuler jusqu'à 80 km/h. Le numéro de l'automotrice accidentée est Z152.



Fig 15 : Schéma d'une automotrice Z150 (source SNCF)

Les Z150 ont subi quatre modifications depuis leur mise en service en 2004 : deux concernent l'aménagement intérieur, une autre l'implantation d'un voyant d'appel téléphonique et enfin une dernière a consisté à solidariser le socle du compresseur avec la partie fixe de la caisse.



Fig 16 : Pupitre de la Z152 (photo BEA-TT)

D'expérience, l'exploitant a pu constater que les Z150 s'inscrivent moins bien dans les courbes que les automotrices historiques Z100.

6 Avis émis par Réseau Ferré de France à la Direction des Transports Terrestres en décembre 2004, avant la création de l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF) en 2006 puis le transfert du contrôle de cette ligne au STRMTG en 2019.

7 Fondé en 1942, Stadler est un constructeur suisse de matériel roulant ferroviaire.

## 2.6.2 - Le freinage des Z150

Ce matériel Z150 est équipé :

- d'un freinage **électrique** (ou **rhéostatique**) agissant sur les essieux du bogie moteur comme frein de service. L'effort de traction ou de freinage électrique et ses variations sont réglés par l'électronique de commande en fonction de l'effort et de la vitesse actuels, du mode de fonctionnement traction/freinage et de la position du manipulateur positionné à droite sur le pupitre.



Fig 17 : Manipulateur du frein électrique de la Z152 (photo BEA-TT)

L'effort est modulé selon plusieurs crans :

- ++ augmentation rapide de l'effort de traction
- + augmentation lente de l'effort de traction
- maintien de la vitesse constante
- diminution de l'effort de traction
- 0 Effort de traction et de freinage électrique nul
- diminution de l'effort de freinage électrique
- maintien de la vitesse constante
- + augmentation lente de l'effort de freinage électrique
- ++ augmentation rapide de l'effort de freinage électrique

Lorsque le manipulateur de traction-freinage est ramené en position «•» pour maintenir la vitesse, le système n'est pas assimilable à un système de vitesse imposée : en cas de variation du profil de la ligne, l'effort ne varie pas pour maintenir une vitesse constante.

- d'un freinage **électropneumatique** agissant sur tous les essieux (bogie moteur et bogies porteurs) via un effort mécanique appliqué par des semelles en fonte sur la bande de roulement des roues. Le manipulateur de frein électropneumatique est placé à gauche du pupitre. Les freins sur les essieux moteurs sont enclenchés en fonction de la puissance de freinage électrique disponible pour éviter le blocage des roues. La mise sur position "freinage d'urgence" du manipulateur entraîne l'application de l'effort de freinage électropneumatique maximum.

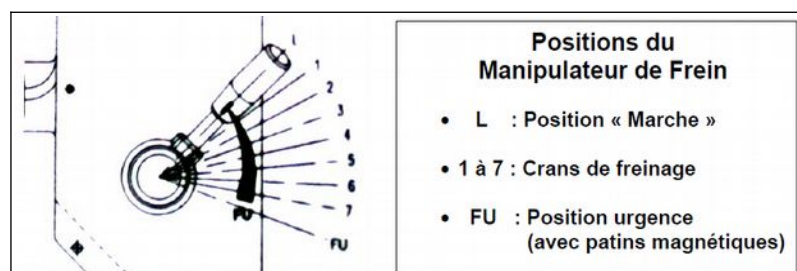


Fig 18 : Positions du manipulateur de frein électropneumatique (source SNCF)

- d'un freinage **électromagnétique** agissant sur les rails par deux patins situés sur les bogies porteurs, en cas de freinage d'urgence ou par commande manuelle via un commutateur sur le pupitre de conduite. Il applique sur le rail un effort de frottement et un effort d'attraction magnétique (d'une force d'environ 50kN par sabot).



Fig 19 : Patin magnétique d'une Z150 (photo SNCF)

- et d'un frein d'immobilisation inépuisable (par des ressorts accumulateurs) qui agit sur tous les essieux.

La particularité des Z150 est que le bogie moteur, central, est le seul bogie à être équipé du frein électrique. Les trois bogies sont équipés du freinage électropneumatique.

L'**activation du freinage d'urgence** est automatique lors :

- du déclenchement de la veille automatique de contrôle de la vigilance du conducteur ;
- d'une chute de pression dans les réservoirs pneumatiques ;
- de manque de tension de commande dans le circuit de basse tension ;
- d'un frein électrique défectueux qui ne fournit pas l'effort demandé ;
- du fonctionnement du signal d'alarme à disposition des passagers, dans certaines conditions ;
- du recul de l'automotrice alors que le sens de marche avant est demandé ;
- du dépassement de la vitesse maximum de plus de 10 % (Z150 = seuil à 80 km/h).

Il est également possible de le commander intentionnellement par :

- le bouton-poussoir ou le robinet de freinage d'urgence en cabine ;
- le manipulateur de frein en position d'urgence.

Dans une pente de 60 ‰, les distances d'arrêt en freinage d'urgence, sous charge maximale et hors temps de réaction de l'agent de conduite, sont environ de : 16 mètres à 20 km/h, 55 mètres à 40 km/h et 119 mètres à 60 km/h.

### **2.6.3 - Le fonctionnement du système d'anti-enrayage des Z150**

L'adhérence désigne l'ensemble des forces qui s'exercent généralement entre deux solides, en contact étroit et les empêchent de glisser l'un contre l'autre. La puissance de traction et de freinage est transmise par les roues au rail et repose donc sur l'adhérence d'une roue en acier sur un rail en acier. La faible résistance à l'avancement, liée à la surface de contact très réduite entre la roue et le rail, est le fondement du transport ferroviaire. L'inconvénient de cette solution est le faible coefficient d'adhérence « roue-rail » qui limite les efforts transmissibles à l'accélération et au freinage. Ce coefficient d'adhérence varie en fonction de nombreux paramètres (état du rail, des roues, charge à l'essieu, efforts exercés sur les roues, vitesse...).

On parle d'adhérence dégradée quand le coefficient de frottement entre les roues et les rails est insuffisant pour transmettre les efforts mécaniques de traction ou de freinage.

- Le patinage apparaît en phase d'accélération, lorsque les roues glissent sur le rail. Le train est alors ralenti dans sa prise de vitesse voire ne réussit pas à franchir une rampe.
- L'enrayage apparaît en phase de freinage, lorsque les roues se bloquent et le train continue alors à avancer en glissant sur les rails. Le temps de freinage devient plus long et le rail se transforme en rabot ce qui peut former un plat sur la roue. L'envoi du train à l'atelier de maintenance sera donc nécessaire pour reprofiler la roue dans une machine-outil spécialisée.

Pour diminuer ces deux phénomènes, les Z150 sont équipées d'un système électronique d'anti-enrayage et d'anti-patinage. Tous les essieux (moteurs et porteurs) sont protégés par le système d'anti-enrayage et sont pour cela équipés de capteurs de vitesse connectés au contrôleur du véhicule. Le système d'anti-enrayage est toujours actif que ce soit par le frein électropneumatique ou électrique (et quelle que soit la position du manipulateur). L'anti-enrayage est coupé uniquement lorsque la poignée de freinage d'urgence est tirée. Il intervient en adaptant l'intensité du freinage à l'adhérence maximale



exploitable, afin de protéger les roues d'éventuels blocages et de réguler le glissement des roues pour optimiser la distance de freinage en adhérence dégradée.

Quand le train enrayer ou patine, le pictogramme du bouton-poussoir « anti-patinage » s'allume sur le pupitre. À noter qu'en descente et en présence d'un frein électrodynamique, le frein anti-patinage reste inactif, même si le bouton-poussoir est actionné. Or cet allumage invite, selon la documentation SNCF, le conducteur à acquiescer ce signal et à actionner le bouton-poussoir de sablage. En appuyant sur le bouton-poussoir anti-patinage, une pression d'environ 1 bar est envoyée vers les cylindres de frein du bogie moteur. Sans effet ni sur la traction ni sur la gestion de l'anti-enrayerage par le calculateur qui reste autonome, cela active légèrement les semelles des freins qui nettoient la surface de roulement des roues.

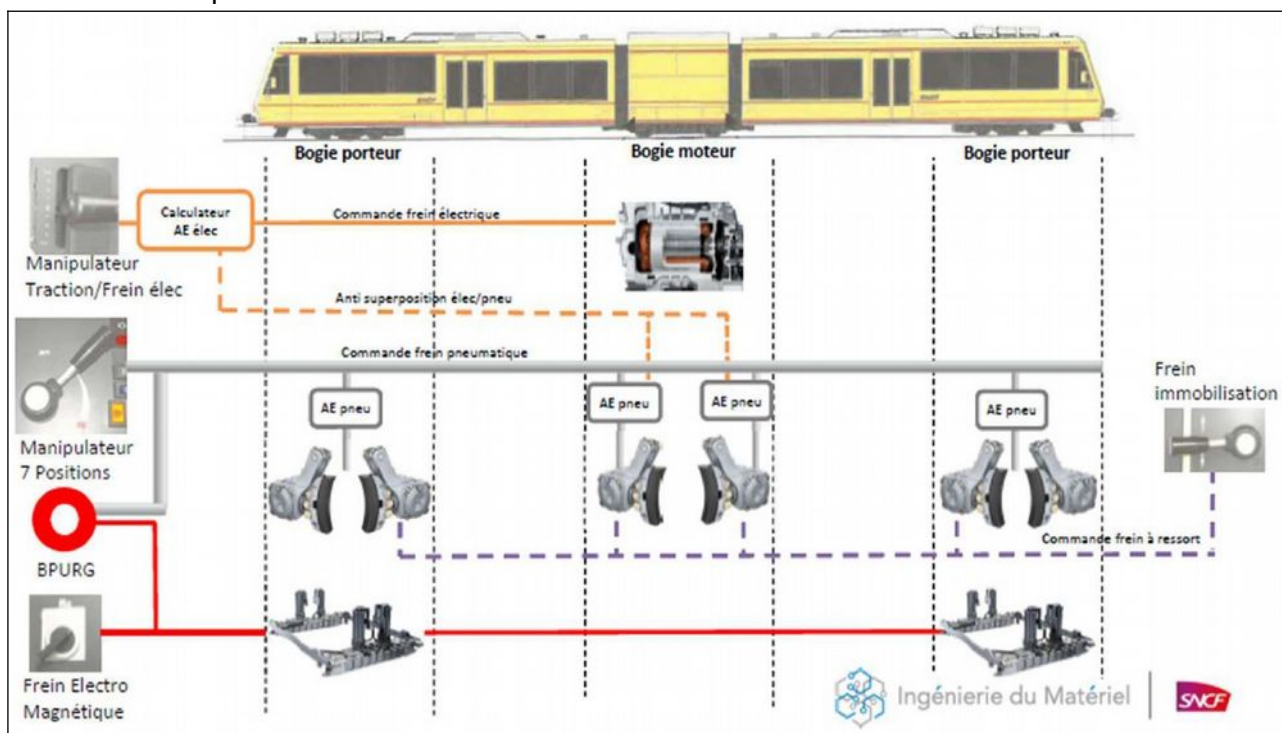


Fig 20 : Récapitulatif des types de freinage des Z150 (source SNCF)

#### 2.6.4 - Le sablage

L'utilisation de sable permet de compenser les carences d'adhérence roue-rail. Sur les Z100 et Z150, le sablage s'effectue uniquement à la demande du conducteur via un bouton-poussoir. Du sable est déposé par l'automotrice sur le rail via des buses accolées aux roues motrices.

Sur les Z150, quatre sablières sont prévues dans la partie centrale de la rame, dont deux actives dans chaque direction de marche. Les réservoirs de sable sont remplis en atelier lors des actions de maintenance. Et à sa prise de service, le conducteur contrôle à bord du train les quantités présentes et les ajuste.



Fig 21 : Buse de sablage (photo SNCF)

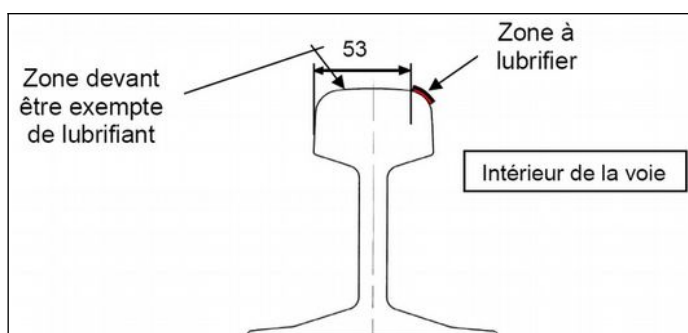
## 2.6.5 - Le graissage de rail

On parle habituellement de graisse mais il s'agit plus précisément d'un lubrifiant spécifique<sup>8</sup>.

### **Parties du rail devant être graissées – ou non**

Sous l'effet des efforts d'inscription des véhicules en courbe, une usure latérale peut se développer sur les files hautes. Au-delà d'un certain niveau d'usure, le rail doit être remplacé. L'usure latérale peut être combattue efficacement par l'entretien d'un film lubrifiant au contact entre la roue et le rail. Ce film doit être renouvelé régulièrement par le passage d'engins graisseurs, afin de conserver son efficacité. Le graissage de rail a pour vocation de faciliter l'inscription des bogies dans les rayons de courbes serrées de la voie et d'éviter les montées de roue.

À l'issue du passage de l'engin ou du convoi, le dessus du champignon devra être exempt de lubrifiant dans une zone délimitée par le bord extérieur du champignon jusqu'à une cote minimum de 53 mm. La zone lubrifiée est l'arrondi du champignon en contact avec le boudin de roue, la face active du rail, comme indiqué ci-contre.

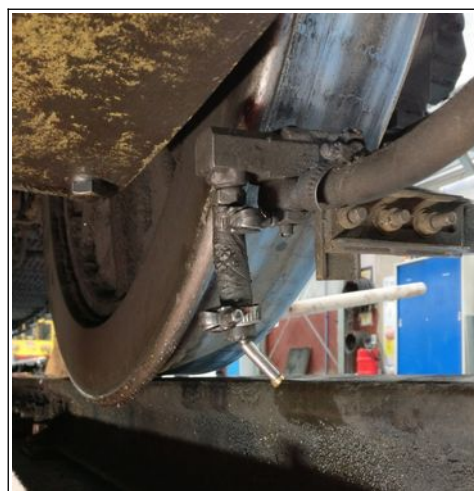


**Fig 22 : Zones du rail à lubrifier et à ne pas lubrifier** (source référentiel EPSF)

Les conséquences d'un excès de graissage (ainsi que d'une insuffisance) sont bien identifiées dans la documentation SNCF : des conséquences sur la sécurité à savoir l'augmentation des risques d'enrayage et de patinage, et des conséquences technico-économiques. Nous entrerons dans le détail des premières dans un paragraphe ultérieur.

### **Le graissage du rail par les Z100**

Le déclenchement du graissage se fait mécaniquement, par détection de courbe. Il s'effectue directement sur le congé de raccordement du rail par des buses. Au moment de l'accident, deux rames Z100 sont opérationnelles en graissage de rail (Z108 et Z113).



**Fig 23 : Graisseur de rail** (photo BEA-TT)

<sup>8</sup> La norme NF EN 15427+A1 de décembre 2010 « Gestion des frottements roue/rail – Lubrification des boudins de roues » prescrit les exigences relatives à l'application de lubrifiants à l'interface roue-rail, entre le boudin de roue et le rayon de guidage de rail (interface active) et inclut deux types de solutions : les systèmes embarqués sur les trains et les systèmes installés sur la voie.

## Le graissage de boudin de roue par les Z150

Les Z150 sont équipées d'un système de graissage par les boudins des roues : chaque bogie porteur est doté d'un système de graissage des boudins. Ce dispositif graisse les deux essieux porteurs correspondants dans chaque direction de marche.

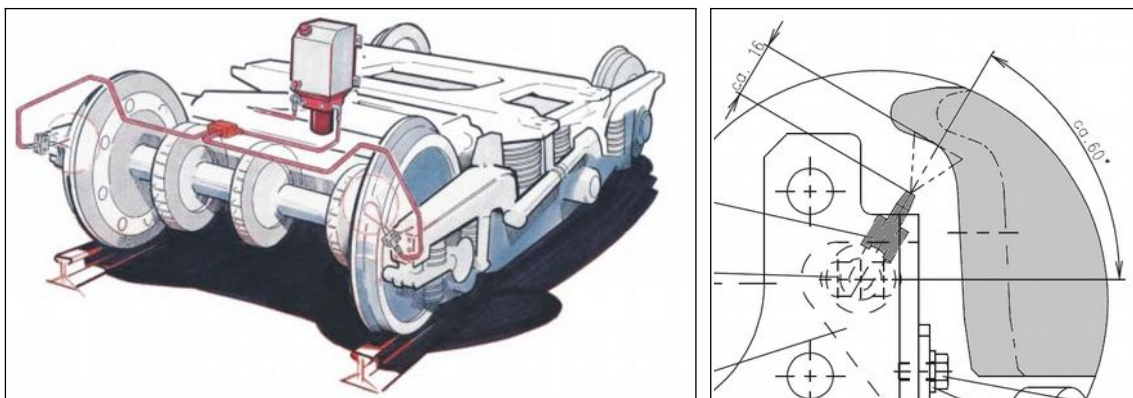


Fig 24 : Implantation et schéma des graisseurs de boudin sur les Z150 (source SNCF)

Par des impulsions, ce système projette sur le boudin de la roue une graisse qui, en circulation, vient s'appliquer sur le congé de raccordement du rail. À l'époque de l'accident, la durée des impulsions est de 5 secondes ( $\pm 1$  seconde) et l'intervalle est de 500 mètres entre chaque impulsion. Ces valeurs peuvent être ajustées de façon informatique sur le matériel roulant. Le système fonctionne correctement tant que la réserve de lubrifiant est suffisante (réservoir de 5 litres par bogie porteur).

### 2.6.6 - La veille automatique ou « homme mort »

Le dispositif de sécurité, dit "homme mort", est sur les Z150 une pédale au pied sur laquelle le conducteur appuie pour signifier sa présence. Il est intégré dans la centrale tachymétrique et comprend deux fonctions :

- Relâchement d'appui : si pendant 2,5 secondes le conducteur relâche la pédale le bourdonneur émet un signal sonore. Si la pédale est à nouveau appuyée, le signal sonore cesse. Dans le cas contraire, un freinage d'urgence est actionné après 2,5 secondes de signal sonore.
- Maintien d'appui : si pendant 30 secondes, le conducteur n'actionne pas le manipulateur de traction, ni ne relâche la pédale, le bourdonneur émet un signal sonore modulé. Si la pédale est alors relâchée ou le manipulateur déplacé, le signal sonore cesse. Dans le cas contraire, un freinage d'urgence est actionné 5 secondes après.

## 2.7 - L'exploitation de la ligne

### 2.7.1 - Les conducteurs

La conduite d'un train est effectuée par un conducteur de train ayant reçu les habilitations de conduite relatives à la ligne et au type de matériel roulant. Douze conducteurs titulaires et neuf conducteurs remplaçants sont habilités à conduire les trains Z100 et Z150, sur la ligne en "voie de gauche"<sup>9</sup> du Train Jaune.

9 Que cela soit à un croisement ou simplement en gare, la voie unique se dédouble en deux voies principales, les trains de chaque sens circulent normalement sur la voie de gauche dans le sens de leur marche et chacun des trains, en partant, talonne l'aiguille de sortie.

La conduite s'effectue depuis la cabine de conduite en tête dans le sens du mouvement. À la prise de service, le conducteur doit impérativement prendre connaissance des particularités du service, des avis signalisation et autres avis contre élargement.

La conduite est réalisée en respectant les limitations de vitesse, telles qu'indiquées dans la consigne locale d'exploitation. Les vitesses maximales de la ligne sont dissociées à la montée et à la descente selon les tronçons (tracé et déclivité) et par type d'engin. Elles évoluent de 25 à 50 km/h, incluant des restrictions de vitesse à 30 km/h, prescrites pour un motif de mauvais état général de la voie dans certaines zones de la ligne. Cette limitation de vitesse est prévue d'être levée à la suite des derniers travaux de modernisation des voies. Ainsi début 2021, les limitations de vitesse sur le parcours de Latour-de-Carol vers Villefranche (parcours du train accidenté) sont les suivantes :

VOYAGEURS		Z100	Z150
Voie Unique	Latour de Carol - Enveitg	30	30
	Bourg - Madame .....		25
	Tête Est Galerie du Col Rigat .....		30
	Font-Romeu - Odeillo - Via .....		25
	Mont Louis La Cabanasse .....		30
	Sauto .....		30
	Joncet.....	50	50
	Villefranche-Vernet les bains - Fuilla		

**Fig 25 Limitations de vitesse dans le sens Latour-de-Carol vers Villefranche** (source SNCF)

Ainsi la limitation de vitesse pour la Z152, en descente et dans la zone de l'accident, est de 30 km/h.

### 2.7.2 - Les contrôleurs

Il s'agit du métier d'agent du service commercial train (ASCT) : il est dénommé "contrôleur" dans l'ensemble du rapport. Les principales missions des contrôleurs sont de s'assurer de la fermeture des portes en sécurité des automotrices, du bien-être des voyageurs et d'effectuer le contrôle des titres de transport.

Ils se conforment aux ordres et instructions donnés par le chef de ligne. Ils sont également habilités à effectuer de façon exceptionnelle les missions d'agent de manœuvre en ligne.

### 2.7.3 - Les chefs de ligne et la régulation

Le chef de ligne, dont le poste est localisé à la gare de Villefranche – Vernet-les-Bains, est responsable de la sécurité des circulations. Il organise et suit la circulation des trains et dispose d'une liaison radio pour communiquer avec les conducteurs. Il contribue à la régularité des circulations. Il exerce sur la totalité de la ligne les fonctions d'agent circulation et d'agent sécurité électrique.

Son poste est composé de deux téléphones, d'écrans dont celui du système informatique relié à la radio – appelé "Cerdagne", et du graphique théorique des circulations des trains réguliers et facultatifs, sous forme papier. Il tient à jour divers registres.

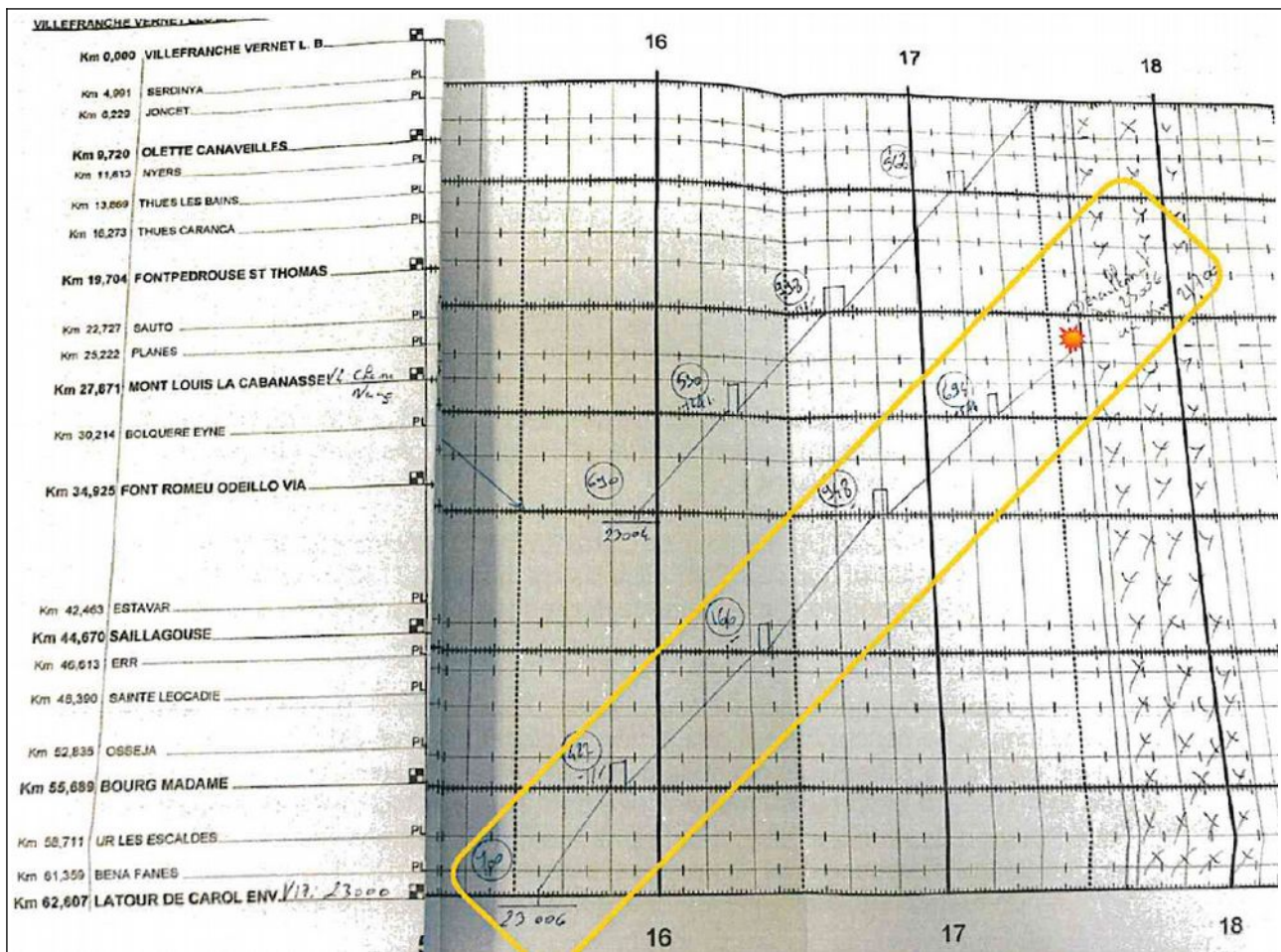


Fig 26 : Extrait du graphique réel des circulations tenu par le chef de ligne, entouré de jaune le sillonnage du train n° 23006 du 25/01/2021 (source SNCF)

## 2.8 - La maintenance

### 2.8.1 - La maintenance de l'infrastructure

L'Établissement Maintenance et Travaux Languedoc Roussillon (Infrapole) a la charge de la maintenance et des travaux d'infrastructure de la ligne du Train Jaune : voie, ouvrages d'art, ouvrages en terre, signalisation, alimentation électrique, télécommunications.

Répartis en deux brigades (à Mont-Louis et à Villefranche), les agents effectuent les actions de maintenance de surveillance, via des tournées périodiques à pied et en train ; et de maintenance corrective, via des actions planifiées de remplacement de tout ou partie de la voie, ou suite aux anomalies identifiées.

Les agents s'appuient sur le référentiel national IN00312 « Tournées de surveillance sur les lignes classiques à  $V < 220$  km/h » et sur le référentiel national MT03818 « Maintenance des voies à écartement de 1 mètre : - Ligne 600000 de Salbris à Luçay-le-Mâle - Ligne 669000 de Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol ».

### 2.8.2 - La maintenance des matériels roulants

L'Établissement Mobilités du Train Jaune (EMTJ) effectue la maintenance des Z100 et Z150 de la ligne. L'EMTJ doit assurer l'organisation de la maintenance sur son établissement, en garantissant à la fois le respect des cycles de maintenance définis et

l'optimisation de la disponibilité des matériels. Pour ce faire, il s'appuie sur un logiciel de gestion de la maintenance assistée par ordinateur

L'EMTJ a en charge la maintenance préventive des niveaux 2 et 3 (décrite ci-après), les opérations de maintenance évolutive (ordres de modification, noria, etc.), les opérations particulières (messages urgents, demandes d'investigation, etc.) et les opérations de maintenance curative (pannes, chocs, etc.). La maintenance de niveau 1 correspond aux vérifications de prise de service par le conducteur et les niveaux 4 et 5 aux révisions générales tous les 9 ou 12 ans sur les Z100.

La **maintenance préventive** des niveaux 2 et 3 consiste en :

- Des examens mécaniques tous les 37 jours au maximum. La visite est du même type pour les Z150 et les Z100.
- Au passage des saisons, s'ajoutent des maintenances dites de « saison froide » ou de « saison chaude » (comme la vérification des climatisations).
- Des travaux systématiques tous les 3 mois.
- Des grandes visites tous les 13 mois.
- Des grandes visites générales tous les 3 ans.

La grande visite générale de la Z152 s'est achevée en mars 2017 et l'automotrice était à jour de sa maintenance préventive le jour du déraillement. Les Z150 ont un potentiel d'existence jusqu'à 19 ans (2023). À l'issue, il est planifié de les remplacer par d'autres matériels roulants, c'est pourquoi il n'est pas envisagé de rénovation à mi-vie.

La **maintenance corrective** peut être déclenchée par diverses origines :

- par la consultation du carnet de bord et des bulletins de signalement (avec les anomalies renseignées par le conducteur) par les agents de maintenance lors de l'examen du matin.
- par le chef de ligne, qui contacte l'EMTJ et leur signifie un dysfonctionnement sur la base d'un code défaut remonté par un conducteur en cabine (cette anomalie, mineure ou majeure, est remontée par l'automotrice). Le conducteur peut appliquer son guide de dépannage si l'anomalie est mineure.
- par l'équipe de maintenance, qui détecte elle-même le défaut.

## 2.9 - Les conditions météorologiques

Le 25 janvier 2021 en fin de journée, à partir de la gare de Mont-Louis, le brouillard était dense. Il s'agissait d'une brume amenée par le "marin", vent du sud-est qui souffle sur le golfe du Lion et la Provence : se chargeant d'humidité lors de son parcours au-dessus de la Méditerranée, il va ensuite la restituer sous forme de nuages bas, brume, ou brouillards et parfois de pluies, sur les hauteurs qui bordent la mer.

Ce jour-là, le soleil s'est couché à 17 h 55. À 17 h 10, en quittant Mont-Louis la luminosité diminuait.



**Fig 27 : Position finale du train Z152 et conditions météo** (photo SNCF)

## 3 - Compte rendu des investigations effectuées

### 3.1 - Résumé des déclarations

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 différentes déclarations recueillies et avec les constats ou les analyses présentées par ailleurs.

#### 3.1.1 - *Le conducteur du train déraillé*

Entré à la SNCF en 1997 comme conducteur de manœuvre, il réussit en 2003 son examen de conducteur de ligne et conduit des trains de fret et de voyageurs. À la séparation entre les activités de Voyageurs et de Fret au sein de la SNCF, il conduit uniquement des trains de fret. En novembre 2019, il est affecté à la conduite sur le Train Jaune. Il est en cours de formation lorsqu'une grève commence, en décembre 2019. Sa formation, qui doit durer deux à trois semaines, a alors été saccadée. Mi-février 2020, il valide la conduite des Z100 et des Z150. Puis la pandémie de la Covid-19 ainsi que des travaux sur la ligne ont stoppé l'exploitation. Il reprend la conduite en mai 2020.

Il a conduit la veille, le 24 janvier 2021, et fait trois trajets en Z100. Il n'a pas rencontré de problème d'adhérence, les conditions étaient bonnes.

Le 25 janvier 2021, il prend son service à 14 h 54 à Latour-de-Carol. C'est son premier parcours de la journée. Le contrôleur est assis derrière lui, à droite, dans l'espace voyageurs. La météo est bonne sur le plateau, le temps est dégagé. En descendant vers Villefranche, il voit du brouillard dans la vallée. Après la gare de Mont-Louis, le train entre dans ce brouillard. Les difficultés commencent : le train enraye plusieurs fois. Le conducteur gère ces enrayages avec le freinage électrique et le sablage commandé manuellement. L'adhérence revient. Il estime que ces pertes d'adhérence ont lieu sur quelques dizaines de mètres.

Au niveau du Pont Gisclard, le brouillard est si dense que les arceaux en bas de pylône du pont ne sont plus visibles depuis la cabine. Il n'avait jamais vu ça, le contrôleur non plus. À la sortie du pont, dans les courbes, le train enraye de nouveau. Le conducteur estime être à une vitesse entre 25 et 30 km/h. Il constate de nouveau le fonctionnement du dispositif anti-enrayage par l'allumage du bouton-poussoir « anti-patinage ». Il actionne le bouton-poussoir du sablage ainsi que celui de l'anti-patinage. Il ne touche plus au manipulateur de frein électrique positionné sur une plage de freinage. Pendant 2 kilomètres, sa vitesse est au-dessus de 30 km/h. Il subit deux à trois glissades puis un enrayage final. Il pense pouvoir récupérer cet enrayage. Mais ça s'emballe, le train prend une vitesse excessive. Le conducteur remet de la traction par le manipulateur puis met celui-ci sur zéro pour tenter de reprendre de l'adhérence puis freine de nouveau, toujours en électrique. À l'entrée du tunnel de La Castagnal, il enclenche le freinage d'urgence. Le train déraile alors et s'arrête après le tunnel.

Le conducteur est abasourdi. Il cherche la radio : le combiné est tombé, il ne le trouve pas. C'est le contrôleur qui appelle le chef de ligne, pour demander la coupure d'urgence et en expliquant pourquoi. Le conducteur sort les cales pour les installer sur les essieux non déraillés (le premier essieu porteur avant et les deux essieux moteurs au centre).

Un agent de la brigade de Mont-Louis et les pompiers sont les premiers intervenants qui les rejoignent sur site.

### **3.1.2 - Le contrôleur du train déraillé**

Il est entré en 2000 à la SNCF comme contrôleur sur des TER, Corail et TGV. Il intègre le Train Jaune en avril 2017.

Le 25 janvier 2021, le contrôleur prend son service à Latour-de-Carol. Le conducteur précédent informe le conducteur du train n° 23006 et lui-même, que le matin il a subi un enrayage. Leur prise de service se passe normalement.

Le contrôleur est assis dans le compartiment voyageurs, derrière le conducteur, à sa droite. Il n'y a pas de voyageur. La porte de la cabine est ouverte mais ils ne parlent pas, excepté une fois où le conducteur lui signale la présence d'animaux sauvages.

Entre le viaduc de Cabanas et la halte de Planès, le contrôleur se lève et se tient dans l'encadrement de la porte. Le conducteur lui indique que le train subit un premier enrayage. La vitesse est de 40 km/h. Il voit le conducteur utiliser deux boutons : le sablage et l'anti-patinage. En gare de Planès, le train a retrouvé une vitesse de 30 km/h. Le contrôleur retourne s'asseoir. À partir du pont Gisclard, les conditions météorologiques se dégradent : ils entrent dans un brouillard très dense. Le contrôleur se relève, car le train reprend de la vitesse qu'il estime entre 40 et 45 km/h. Le conducteur utilise toujours les deux boutons mais il ne maîtrise plus la vitesse. Le contrôleur lui demande s'il n'y a pas quelque chose d'autre à faire. Le conducteur lui répond par la négative. Au passage à niveau n° 26, le train va si vite qu'il le franchit alors que les barrières n'ont pas fini de se baisser. Au replat de la gare de Sauto, la vitesse est encore élevée. La voie poursuit en descente puis très vite, le train s'engage dans des courbes. Le contrôleur dit au conducteur « coupe tout, coupe tout » mais le conducteur stressé ne réagit pas. Le contrôleur estime que la situation devient incontrôlable. Alors, avant d'entrer dans le tunnel de La Castagnal, il retourne s'asseoir pour se protéger. Dans le tunnel, le train penche à gauche, le contrôleur voit des étincelles, le train se remet droit puis déraille à la sortie du tunnel. Il est alors soulagé d'être toujours en vie.

Constatant que le conducteur est choqué, le contrôleur appelle le chef de ligne pour lui demander la coupure d'urgence. Puis il part en queue du train pour observer la situation. Ne voyant pas le nom du tunnel à cause du brouillard, il descend du train, l'identifie en s'approchant et le notifie au chef de ligne. Puis il prévient le cadre d'astreinte.

Un agent de la brigade de Mont-Louis les rejoint en premier, puis les pompiers et deux collègues de Villefranche arrivent sur le lieu du déraillement.

### **3.1.3 - Le chef de ligne en poste au moment du déraillement**

Entré en 2000 à la SNCF, il suit une formation d'agent de circulation et devient agent de main d'œuvre au fret. En 2011, il intervient sur le Train Jaune et sur le TER en partie basse (vers Perpignan). En 2018, il est nommé chef de ligne pour gérer la circulation du Train Jaune. Cette mission inclut la gestion des incidents, qui concernent habituellement les passages à niveaux (ratés d'ouverture), des défauts de matériel (pannes) et des divagations de bestiaux. Ils sont trois chefs de ligne en roulement.

Le lundi 25 janvier, la journée est normale et calme. Ses échanges avec le conducteur du train n° 23006 consistent en des dépêches, au niveau des points de croisement, depuis Latour-de-Carol. Elles ont été faites de façon tout à fait normale et sans mention d'aucun enrayage. Les échanges, enregistrés, entre le conducteur et le chef de ligne ne présentent pas de particularité. Les conditions d'exploitation et de circulation sont normales.

Vers 17 h 40, il reçoit un premier appel du régulateur sous-station qui l'avertit d'un déclenchement de disjonction entre Mont-Louis et Fontpédrouse. Ce dernier lui demande



s'il y a un train sur ce tronçon et s'il a des informations sur cette coupure. À ce moment-là, de façon quasi concomitante, le chef de ligne reçoit un autre appel, celui du contrôleur du train lui demandant la coupure d'urgence. Le chef de ligne lui indique alors qu'elle est déjà réalisée et l'interroge sur le pourquoi de sa demande. Le contrôleur l'informe alors du déraillement et précise que le train a fait un enrayage. Le chef de ligne lui demande s'il y a des blessés. Le contrôleur indique qu'ils ne sont que tous les deux, ils vont bien mais le conducteur est sous le choc, et le contrôleur lui précise le lieu du déraillement.

Étant donné qu'il s'agit du seul train en circulation sur la ligne, le chef de ligne n'a pas besoin d'alerter d'autre train et il commence à lancer les avis pour alerter les secours et les astreintes. Les astreintes prennent alors le relais et mettent en œuvre les mesures de protection sur le site du déraillement.

### 3.1.4 - Le conducteur de la circulation n° 17301 le matin du 25 janvier

Entré à la SNCF fin 1996, il réussit son examen de conducteur de ligne fret et voyageurs fin 1997. À la séparation de la SNCF entre les activités de Voyageurs et de Fret, il conduit des trains de fret. En 2015, il obtient sa mutation à Villefranche sur le Train Jaune.

Le 25 janvier, il prend son service vers 6 h 40. L'automotrice Z152 était au dépôt après une maintenance. Il sort et prépare le train. Il commence son parcours de Villefranche vers Latour-de-Carol. Il ne rencontre pas d'anomalie jusqu'à la halte Bolquère, entre Mont-Louis et Font-Romeu : une zone limitée à 15 km/h, en pente assez faible. Y arrivant un peu au-dessus de la vitesse limite, il freine. Suite à ce freinage un peu plus sévère, son train enraye. Alors il ajoute le frein pneumatique. C'est alors que le disjoncteur du train s'ouvre, amenant le train à effectuer un arrêt d'urgence. Le conducteur indique que cette disjonction entraînant un arrêt d'urgence inopiné arrive fréquemment. Une anomalie étant apparue au pupitre du train, le conducteur applique le guide de dépannage de la machine, cela n'entraîne aucune restriction. Il remplit ensuite son carnet de bord, avertit le chef de ligne et prévient également ses collègues du dépôt. Puis il repart.

Son parcours se termine à Latour-de-Carol sans aucune autre particularité.

## 3.2 - Les constats sur l'automotrice Z152 après le déraillement

Trois essieux sur les six ont déraillé : le second essieu sur le premier bogie (porteur) et les deux essieux du bogie arrière. Ces deux derniers essieux sont en appui contre le bord intérieur de la file gauche du rail : la remorque de queue est déportée d'un mètre environ par rapport aux files de rail.



Fig 28 : Vue arrière du train avec bogie déraillé (source SNCF)

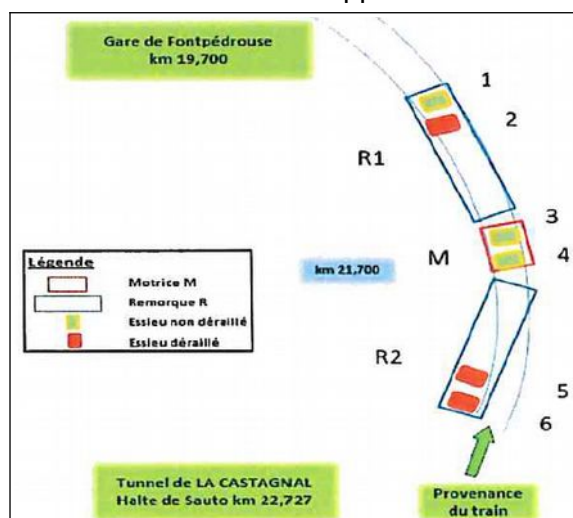


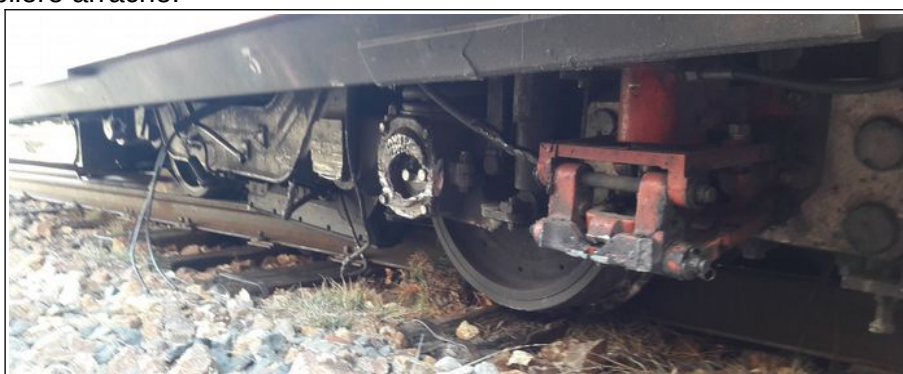
Fig 29 : Schéma du train Z152 et des essieux déraillés ou non déraillés (source SNCF)

De gros impacts ont marqué la toiture du train, à l'avant et arrière, des deux côtés du train. Ils sont majoritairement localisés sur le côté gauche dans le sens descendant. Des rayures sont présentes sur la carrosserie, les flancs gauche et droit du train.



**Fig 30 : Impacts côté gauche de la Z152** (photos SNCF)

Des éléments du bas de caisse ont été détériorés principalement côté file de gauche dans le sens de marche : organes de roulement, tuyauteries d'air, équipements de sablage, frotteurs de captage, retours de courant, câbles électriques arrachés, réservoir de sablière arraché.



**Fig 31 : Déraillement du second essieu du bogie avant** (photo SNCF)



**Fig 32 Déraillement du bogie arrière** (photo SNCF)

Le relevé des codes défauts de la Z152 pour la journée du 25 janvier 2021 indique :

- Des défauts de fermeture des contacteurs de ligne, pendant 2 à 3 secondes (à 7 h 19, à 10 h 34 et à 12 h 03) : ce sont des défauts récurrents sans gravité.
- Des défauts correspondant à :
  1. un essieu bloqué pendant 2 secondes à 10 h 34 (cause non identifiée),
  2. suivi à 10 h 43 d'un défaut sur la vitesse essieu 4 (durée 9 minutes et 2 secondes)

qui signale que la vitesse de l'essieu 4 (deuxième essieu moteur) est non plausible : il s'agit de l'enrayage suivi de l'anomalie remontée (disjonction) par le conducteur du train n° 17301. Si c'était un problème de capteur, le défaut aurait persisté mais il a cessé. Ici aussi, la cause n'est pas identifiable.

- À 17 h 05, soit au moment de l'accident, trois défauts apparaissent : un défaut de communication de l'automate avec le module sur lequel sont reliés tous les capteurs de vitesse des essieux et deux défauts d'essieu bloqué.

Ce relevé permet de vérifier que le dispositif d'anti-enrayage est resté actif.

### 3.3 - Les données de l'enregistreur des paramètres de conduite

Les trains de type Z150 disposent d'un enregistreur de données sous format numérique. Ce système d'Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité en Statique (ATESS) enregistre divers paramètres de conduite du train<sup>10</sup>. À noter que **l'état de commande du manipulateur Traction/Freinage et l'état de commande du manipulateur de frein électropneumatique ne sont pas enregistrés par l'ATESS**. L'activation du freinage d'urgence est bien enregistrée, sans pouvoir distinguer s'il est activé par le bouton-poussoir d'urgence (BP URG) enfoncé ou par le manipulateur du frein électropneumatique placé sur la position "Urgence".

Les ATESS des Z150 enregistrent avec un pas de 10 mètres. Plusieurs valeurs de vitesse peuvent être affectées au même kilométrage du train (à la précision du décamètre donc). Afin de conserver toutes les informations, en cas de multiples enregistrements au même pas, nous avons fractionné de façon homogène ces décamètres puis les valeurs de vitesse ont été ordonnées chronologiquement.

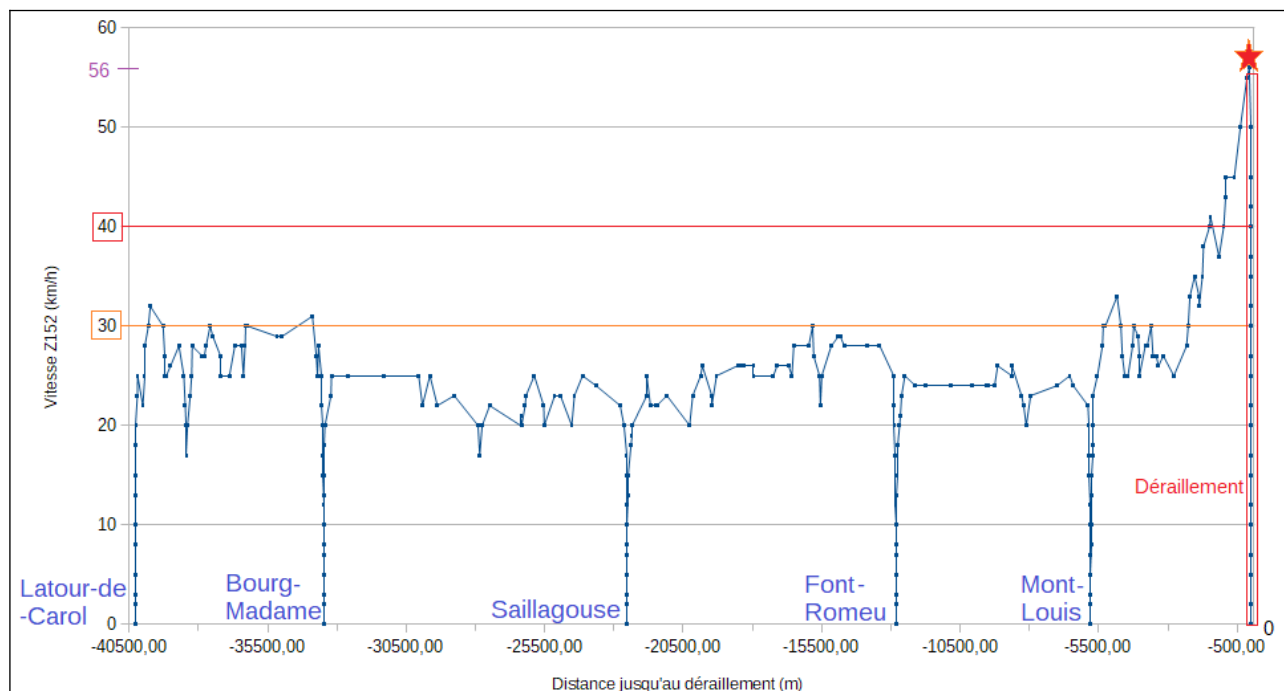
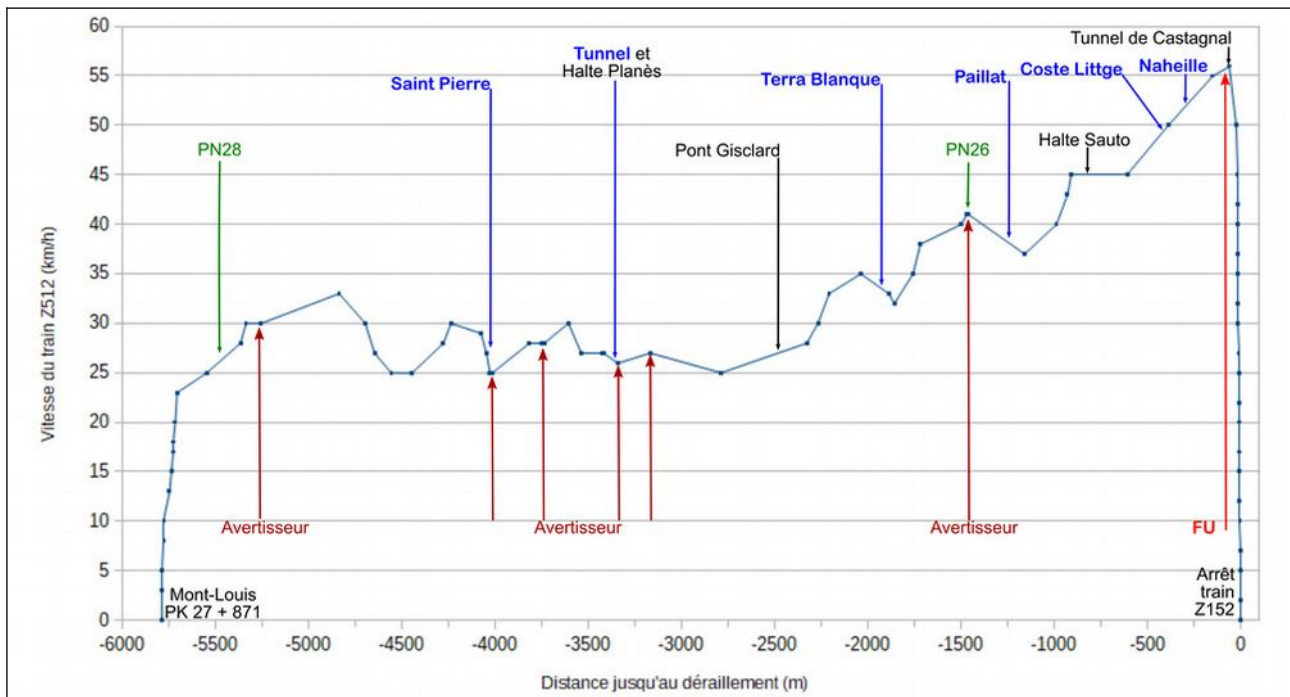


Fig 33 : Vitesse du train Z152 selon la distance – parcours complet jusqu'au déraillement

<sup>10</sup> Ces paramètres sont : vitesse, commande avertisseur actionnée/relâchée, seuils de vitesse atteints, action sur le BP URG ou sur le manipulateur sur position d'urgence, déclenchement du freinage d'urgence par un équipement de sécurité, sens du sélecteur de sens de marche, portes contrôlées fermées ou non, mise en mouvement du train, commande de l'ouverture des portes et côté choisi, fin de commande ouverture portes, etc.



**Fig 34 : Zoom sur le parcours du Z152 depuis la gare de Mont-Louis, avec les actions réalisées par le conducteur et les lieux traversés**

Dans l'ordre chronologique, nous observons :

- le départ du train de la gare de Mont Louis à 17:25:12, au pk 27,871.
- la commande de l'avertisseur est actionnée puis relâchée aux environs du pk 27,341 – après le PN28.
- puis de nouveau il est fait usage de l'avertisseur (trois coups) aux environs du pk 26,161 à 17:29:08, qui correspond à l'approche du tunnel de Saint Pierre. Une autre salve de deux coups d'avertisseur a lieu 250 mètres plus loin.
- à l'approche du tunnel Planès, l'avertisseur est de nouveau actionné (trois coups).
- à 17:34:34, 1 470 m avant l'arrêt du train, une première fois, la commande avertisseur est actionnée puis relâchée puis à 17:34:36, 10 m plus loin, une seconde fois l'avertisseur est actionné puis relâché. Cela correspondrait à la traversée du PN 26. Ce sont les dernières actions sur le sifflet par le conducteur malgré les franchissements ultérieurs du tunnel de Paillat, de celui de Coste-Littge et enfin de Naheille.
- des reprises de vitesse sont suivies de faibles décélérations (35 à 32 km/h avant Terra Blanche, de 41 à 37 km/h après le PN26).
- on constate une augmentation progressive de la vitesse, de 40 à 56 km/h.
- à 60 mètres avant l'arrêt du train (à  $\pm 9$  m près du fait de la précision de l'ATESS), à 17:36:30, le manipulateur est tiré ou le bouton coup de poing au pupitre est enfoncé. Nous considérons que le déraillement commence à ce moment-là, quand la vitesse maximale commence à décroître brutalement.
- la décélération franche et quasi linéaire de la vitesse de 56 à 0 km/h proviendrait de l'effet combiné du freinage d'urgence et de la sortie de voie de 3 essieux porteurs.
- la fin du déraillement correspond à la vitesse nulle observée à 17:36:36, 6 secondes après le freinage d'urgence.

## Enrayages de la Z152

Le témoignage du conducteur indique que le train a fait face à des enrayages marqués à partir du viaduc de Gisclard, environ 2,7 km avant le déraillement. Il est possible de vérifier en comparant les enregistrements de l'automotrice aux distances réelles :

- l'ATESS enregistre une distance parcourue de 5730 mètres entre la gare de Mont-Louis et le début du déraillement.
- Par ailleurs, la gare de Mont-Louis est au pk 27,871 et nous avons vu qu'au pk 21,914, des vieux supports isolateurs dans le tunnel sont détruits et des marques de peinture sont visibles dans l'ouvrage : la distance sur site entre Mont-Louis et le début du déraillement est donc de 5957 mètres.
- De plus, selon le témoignage du conducteur, le freinage d'urgence a été enclenché à l'entrée du tunnel de La Castagnal. Or celui-ci mesure 159 mètres et le train s'est arrêté 99 mètres après la sortie du tunnel. Quand bien même le freinage d'urgence aurait été enclenché en sortie de tunnel, cela ne correspond pas aux 60 mètres mesurés par l'ATESS entre le FU et l'arrêt. À noter que le déraillement n'a pas fait perdre le compte des mesures de distances : la prise de vitesse pour l'ATESS est sur l'essieu porteur<sup>11</sup> sous la cabine de conduite, essieu qui n'a pas déraillé.

Quand il y a enrayage, la distance mesurée sur les roues ne correspond plus à la distance réellement parcourue par le train, un glissement s'opère au niveau du contact rail-roue – sans aller jusqu'au blocage des roues. Or ici nous obtenons une différence de 227 mètres entre la distance réelle et celle mesurée par l'ATESS. Cela peut correspondre au blocage d'une roue et donc à l'enrayage de cette roue. Il y a donc bien eu enrayage.

Les données de l'ATESS du matin n'ont pas été analysées : l'enrayage le matin à Bolquère, entre Mont-Louis et Font Romeu, sur 50-70 m n'a pas pu être étudié. À noter que les témoignages nous indiquent qu'un enrayage peut se déclencher après un freinage un peu "sec", que cela dépend de l'expérience des conducteurs.

L'absence d'enregistrement dans l'ATESS du positionnement du manipulateur sur la traction, le neutre ou le freinage, ainsi que le pas d'enregistrement à 10 mètres, empêchent une détermination fine des enrayages et donc une analyse précise.

Toutefois, le conducteur ayant considéré qu'il arrivait à maîtriser ces enrayages avec son freinage électrique, auquel s'ajoute l'absence de défaut relatif à l'anti-enrayage et les allumages multiples du bouton-poussoir anti-patinage, il est donc probable que le système d'anti-enrayage lors du freinage électrique, était efficient. Le freinage maximal n'ayant pas été appliqué, le système d'anti-enrayage ne sera pas plus approfondi.

### 3.4 - Les constats sur l'infrastructure

Lors du déraillement, la voie a été endommagée : le troisième rail (alimentation électrique) a été arraché sur 210 mètres, avec 50 isolateurs cassés. En amont de cette zone des impacts sont constatés sur les supports du troisième rail et une cinquantaine de traverses en bois sont endommagées par les essieux déraillés.

---

<sup>11</sup> La centrale tachymétrique est constituée pour des raisons de sécurité de deux unités identiques qui se contrôlent mutuellement. Elles mesurent la vitesse du véhicule à partir des impulsions venant de deux capteurs de vitesse disposés sur les essieux porteurs (essieux 2 et 5). Cette vitesse est affichée sur les indicateurs de vitesse en cabine.

Un bus de liaison entre les deux unités et les indicateurs de vitesse sert à comparer les quatre vitesses mesurées et affichées. En cas de différence, un défaut est annoncé et le système continue de travailler avec la vitesse la plus vraisemblable.

Dans le tunnel de La Castagnal, une partie des vieux isolateurs fixés en hauteur (supportant il y a des années un câble électrique) ont été détruits : seuls les deux premiers et le dernier sont intacts.

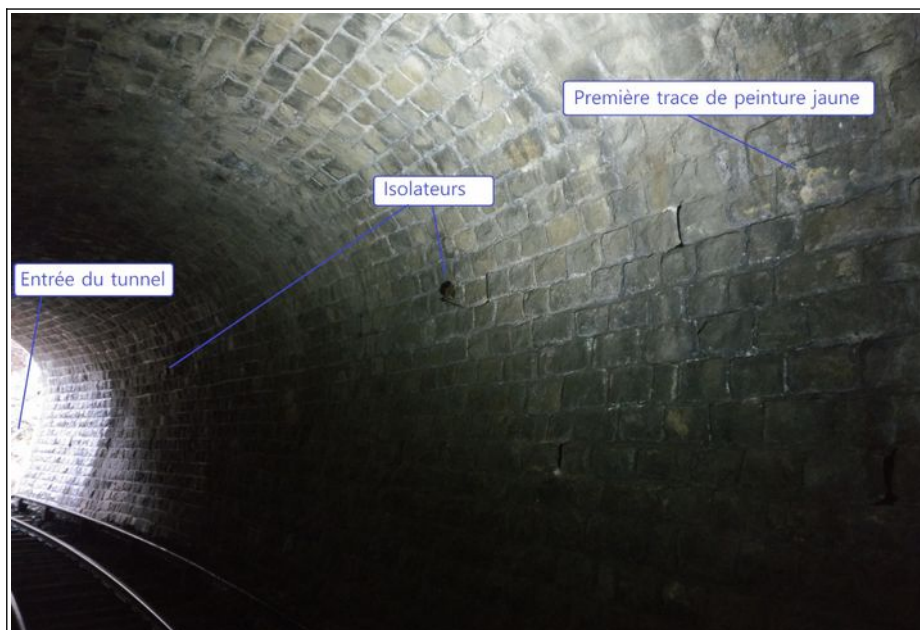


Fig 35 : Supports électriques intacts dans le tunnel et traces de peinture (photo BEA-TT)

Ces dommages, qui n'ont pas occasionné de dégâts majeurs au tunnel, témoignent du frottement du train sur la paroi du tunnel, par basculement de la caisse sur sa gauche.

### 3.5 - La localisation exacte du déraillement

Une trace de boudin de roue sur la surface de roulement du rail est visible au pk 21,870 à l'intérieur du tunnel de La Castagnal : ce serait le début du déraillement. L'arrêt du train a eu lieu au pk 21,680, 190 mètres après le déraillement et 99 mètres après la sortie du tunnel.

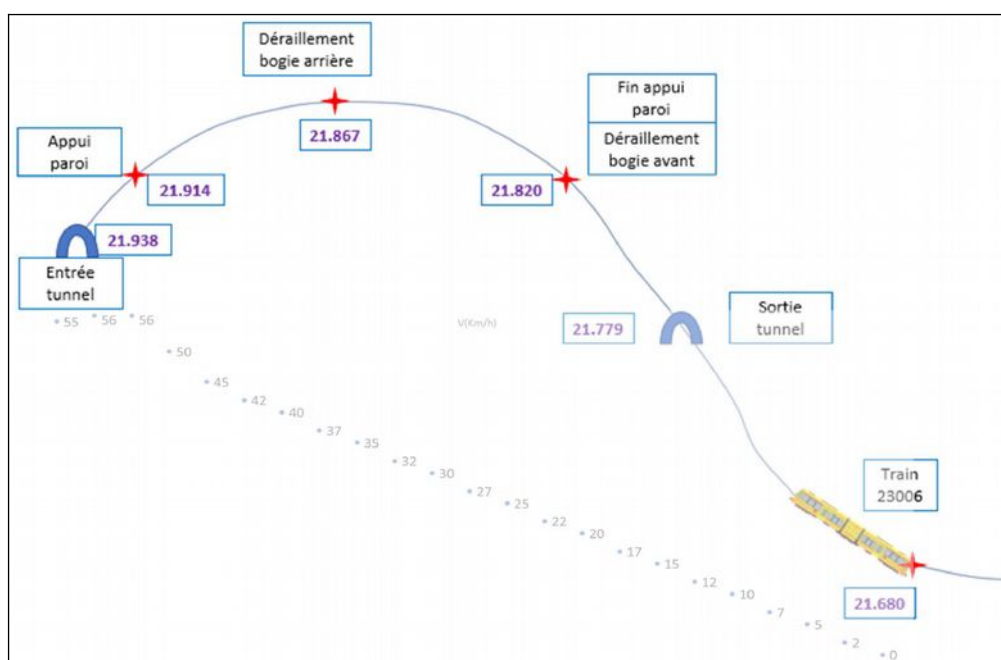


Fig 36 : Schéma des phases du déraillement (source SNCF)

### 3.6 - Les observations approfondies faites sur site par la SNCF

Suite à ce déraillement, la Direction des Audits de Sécurité de SNCF a réalisé une enquête sur site et rédigé un rapport fourni. Une expertise sur le graissage des rails, par le Pôle Expertise Voie de SNCF Réseau, les a complétés.

Sur l'ensemble des zones expertisées, un graissage est bien présent (noté satisfaisant, voire à la limite de l'excès) sur le flanc actif du champignon au niveau des files hautes des courbes. Néanmoins, trois zones relativement proches du tunnel de La Castagnal sont clairement en excès de graissage.

En effet, sur la base du document "Surveillance des rails posés sur voies principales, Organisation et méthode" (MT02070) auquel le graissage des rails doit répondre, les points kilométriques observés lors de cette expertise sont :

- pk 21,780 file haute (en tête du tunnel de La Castagnal côté Fontpédrouse) : "Satisfaisant"
- pk 21,930 file haute (en tête du tunnel La Castagnal côté Pont Gisclard) : "Excès"

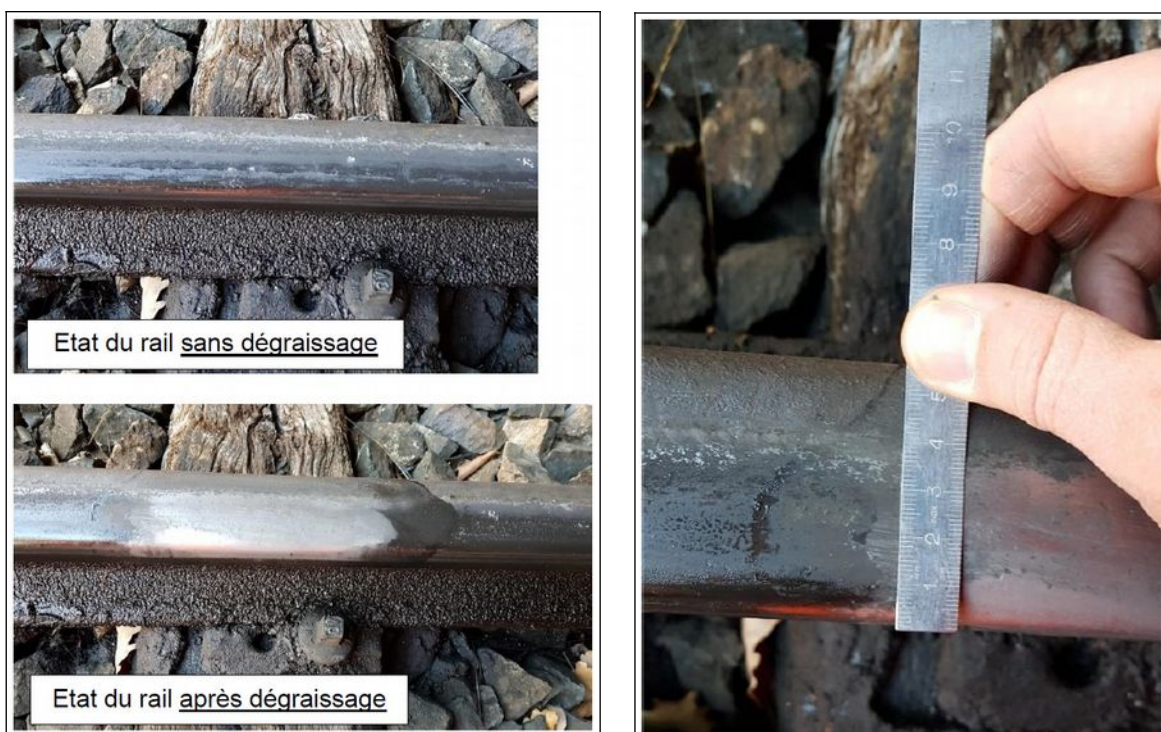


Fig 37 : État du rail au pk 21,930 file haute, en tête du tunnel de La Castagnal côté Gisclard : excès de graissage d'une bande de 35 mm par rapport au flanc actif du champignon (source : SNCF)

- pk 22,000 file haute : "Excès"
- pk 22,100 file haute (exposée plein soleil) : "Satisfaisant"
- pk 22,200 file haute (exposée plein soleil) : "Satisfaisant"
- pk 22,350 file haute (exposée ombre, côté entrée tunnel de Naheille) : "Excès"
- pk 22,550 file haute (exposée plein soleil) : "Satisfaisant"



Fig 38 : État du rail au pk 22,550 sur la file haute : graissage satisfaisant (source : SNCF)

- pk 22,610 file haute (exposée plein soleil, gare de Sauto) : "Satisfaisant"
- pk 23,500 file haute (exposées plein soleil) : "Satisfaisant"
- pk 23,570 file haute (exposées plein soleil) : "Satisfaisant"
- pk 24,400 Pont Gisclard (exposé plein soleil) : "Satisfaisant"

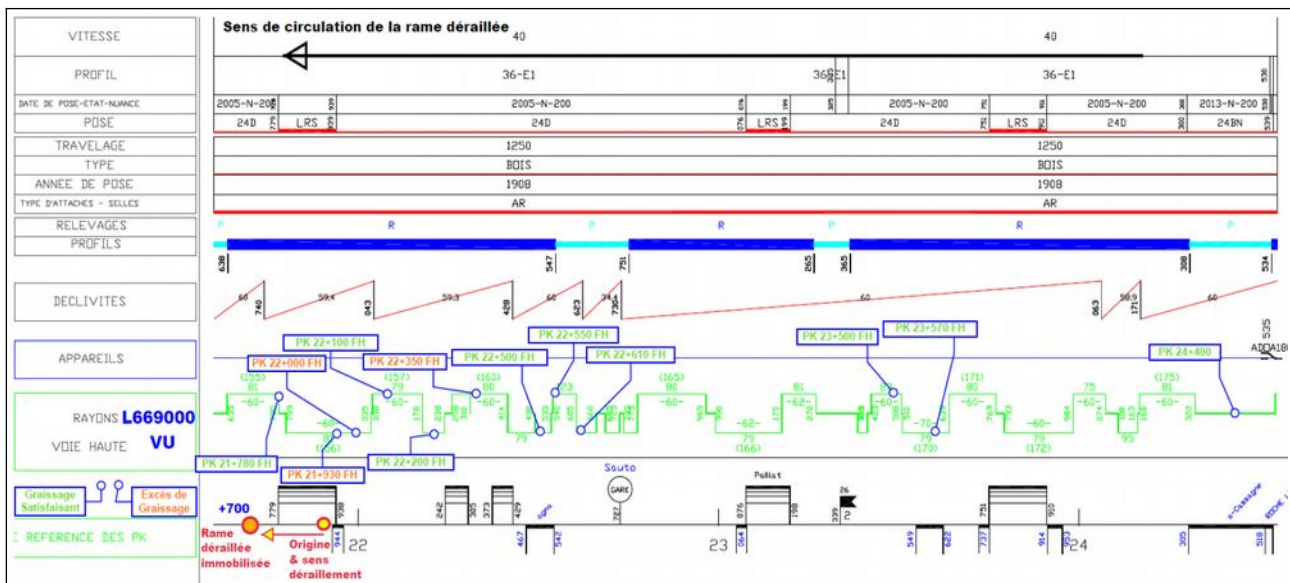


Fig 39 : Localisation des 3 zones en excès de graissage – pk en orange (source SNCF)

Les pk 23,500 et pk 23,570 font partie des points de contrôle (point témoin jugé critique par rapport au graissage du fait d'une courbe serrée ou enchaînement de courbe) vérifiés tous les 6 mois par l'équipe de maintenance et dont les relevés sont cohérents avec cette expertise. Depuis 2016, sur ces deux points témoins, seules les appréciations "Acceptable" ou "Satisfaisant" ont été attribuées.



Les derniers contrôles sont les suivants au PK 23+500 :

Numero zone	Ligne	Voie	Numero point	Pk début Pk graissage	File de graissage	T°	Condition atmosphérique	Note de graissage	Usure latérale	Observation	Date réalisée	Date max. de réalisation
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		25/11/2020	25/05/2021
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		03/06/2020	12/06/2020
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Neige	A	0.0		12/12/2019	20/12/2019
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		20/06/2019	26/06/2019
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		26/12/2018	11/01/2019
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		11/07/2018	23/07/2018
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	A	0.0		23/01/2018	27/01/2018
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		27/07/2017	27/07/2017
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$T^{\circ} < 0$	Neige	A	0.0		27/01/2017	02/02/2017
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		02/08/2016	11/08/2016
5712	669000	UNIQUE	5	023+0500	G	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Humide	S	0.0	RAS	11/02/2016	19/02/2016

et au PK 23+570 :

Numero zone	Ligne	Voie	Numero point	Pk début Pk graissage	File de graissage	T°	Condition atmosphérique	Note de graissage	Usure latérale	Observation	Date réalisée	Date max. de réalisation
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		25/11/2020	25/05/2021
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		03/06/2020	12/06/2020
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Neige	A	0.0		12/12/2019	20/12/2019
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		20/06/2019	26/06/2019
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		26/12/2018	11/01/2019
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		11/07/2018	23/07/2018
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	A	0.0		23/01/2018	27/01/2018
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$15 \leq T^{\circ} < 30$	Sec	A	0.0		27/07/2017	27/07/2017
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$T^{\circ} < 0$	Neige	A	0.0		27/01/2017	02/02/2017
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Sec	S	0.0		02/08/2016	11/08/2016
5712	669000	UNIQUE	6	023+0570	D	$0 \leq T^{\circ} < 15$	Humide	S	0.0	RAS	11/02/2016	19/02/2016

Fig 40 : Derniers relevés aux points de contrôle (points témoins de graissage) (source : SNCF)

Sur la base de ces prélèvements, l'expertise conclut qu'« il est donc plausible que des enrayages importants puissent avoir eu lieu, d'autant plus si le train était déjà en survitesse à l'approche de ces zones sur-graissées. ».

À l'issue de cette expertise, le mainteneur de l'infrastructure (Infrapole), a réalisé la vérification systématique de l'état du graissage du rail sur les portions de ligne qui présentent les plus fortes déclivités (rampes  $\geq$  à 4 %). **Un linéaire cumulé de 5890 mètres de rail a été jugé en excès de graissage.** Le dégraissage manuel de ce linéaire s'est achevé le 6 février 2021.

Il a été vérifié la possibilité d'autres composants tombant sur le rail, dégradant ainsi l'adhérence : un flexible de graissage peut fuir (par exemple, surgraissage en septembre 2021) mais aucun train ne présentait ce défaut le 25 janvier 2021. De plus, il n'a pas été observé d'amas graisseux sous les caisses des Z150 et Z100 observées. Enfin, il n'est pas remonté de problématique due aux feuilles sur cette ligne (végétation d'arbustes épineux secs, peu garnis en période hivernale), ni de chute d'agglomérats graisseux sur la voie.

De plus, sur toute la longueur des zones expertisées par la SNCF et tout particulièrement au niveau du Pont Gisclard, du sablage « récent » est observé et ceci, uniquement sur la file droite (rail côté Nord), que ce soit en alignement, en courbe à gauche ou à droite, et quel que soit le rayon.



Fig 41 : Traces de sablage sur la file droite (source SNCF)

### 3.7 - Les circulations ayant précédé le déraillement

Des trains ont circulé sur la zone du déraillement le lundi 25 janvier (et les jours précédents). Le lundi 25 janvier 2021, ont circulé les trains :

- n° 17301 – matin, de Villefranche à Latour-de-Carol (sens montée) : la Z152 subit des enrayages simples et un freinage intempestif.
- N° 17303 – début d'après-midi, de Villefranche à Font-Romeu : parcours réalisé par les Z111+Z108, pour lequel l'ATESS indique un léger patinage sur la zone de sortie du tunnel de La Castagnol.
- N° 23004 – après-midi, de Font-Romeu à Villefranche (sens descente) : parcours sans particularité avec les Z108+Z111.
- N° 23006 – après-midi, de Villefranche à Latour-de-Carol : enrayages et déraillement de la Z152.

Si la zone entre Mont-Louis et Fontpédrouse a été parcourue peu avant (une heure – voir graphique Fig 26), aucune remontée spécifique n'a été faite sur cette zone. Les enrayages du matin ont eu lieu dans l'autre sens, vers Bolquère (après Mont-Louis). Le patinage simple subi par le train n° 17303 n'a pas été détecté/remonté par le conducteur.

### 3.8 - Le retour d'expérience concernant l'adhérence sur le Train Jaune

Pour la mémoire historique, cette ligne a connu un tragique accident peu avant sa mise en service. Le 31 octobre 1909, lors des essais en charge pour tester la résistance du pont Gisclard, le train est parti en dérive suite à une baisse de la pression des freins et une erreur humaine, et s'est écrasé à Paillat. On déplore six morts, dont Albert Gisclard le concepteur du pont<sup>12</sup>, et dix blessés.



Fig 42 : Débris des automotrices suite à l'accident du 31 octobre 1909

---

<sup>12</sup> Albert Gisclard a conçu un système de pont suspendu rigide permettant de supporter sans déformation les plus lourdes charges et qui résolvait le problème de l'utilisation des ponts suspendus pour les chemins de fer. Le premier pont de ce type a été édifié sur la ligne du Train Jaune, franchissant le ravin dit la Cassagne à 80 mètres au-dessus de la rivière la Têt.

Cent ans plus tard, le 19 octobre 2009, trois voitures d'un train ont déraillé entre Sainte-Léocadie et Osseja, sans faire de blessé. Un rail cassé était à l'origine de l'accident.



**Fig 43 : Train déraillé en 2009 et rail cassé**  
(source SNCF)

Les derniers accidents que le Train Jaune a connus sont les suivants :

- en juillet 2019 en gare de Villefranche, un déraillement à faible vitesse sur une aiguille entrebâillée du fait du talonnage de celle-ci par deux trains successifs. La cause a été identifiée comme étant la mauvaise utilisation des installations de sécurité par l'aiguilleur, dans le cadre d'un mode opératoire partiellement décrit ;
- en avril 2019 en gare d'Olette, une collision d'un train avec deux blocs de granit s'étant détachés d'un ancien mur et entraînant le déraillement du train ;
- en juillet 2019 sur la traversée du PN 36, une collision avec un tracteur.

Ces accidents n'ont causé aucun blessé et ils ne concernent pas l'adhérence rail-roue.

Avant l'événement du 25 janvier 2021, des patinages et des enrayages ont eu lieu sur cette ligne. Nous avons pu lister de façon non exhaustive :

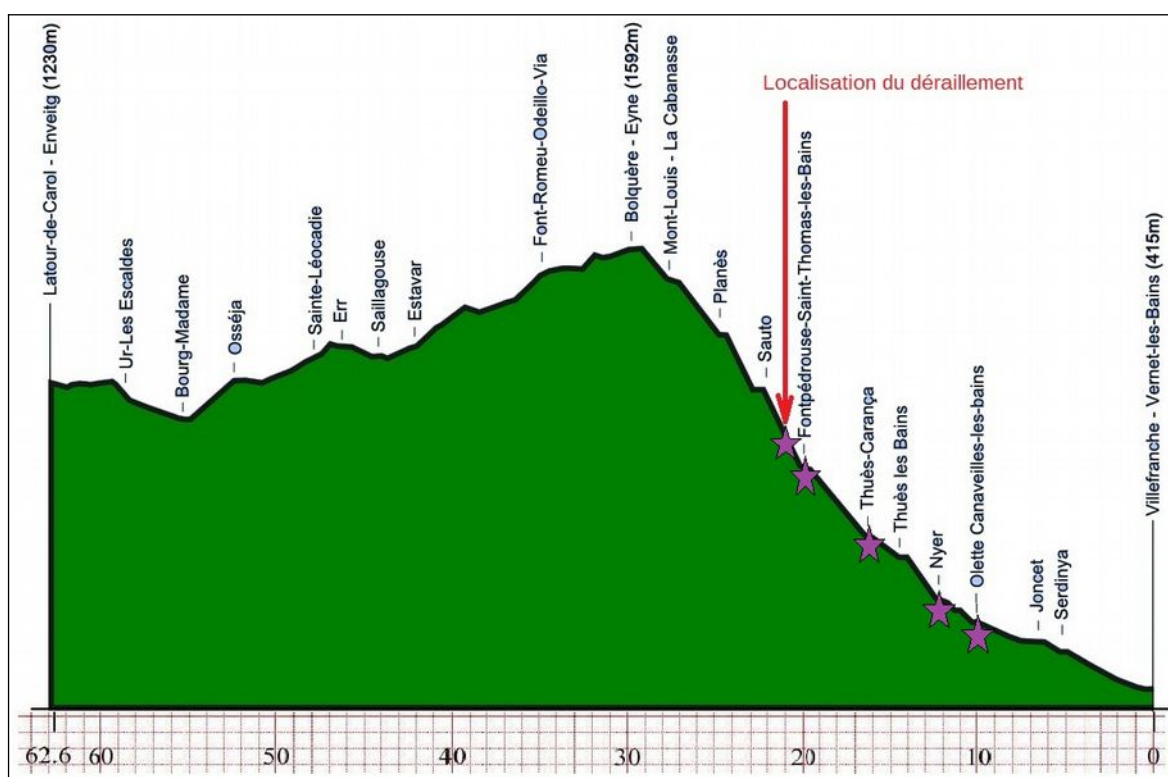
- En janvier 2018, a eu lieu un **patinage** à partir de la halte de Thuès. Cet évènement a conduit à ajouter dans la consigne locale d'exploitation l'article 413 : il traite, comme nous verrons plus loin, des difficultés de démarrage des trains dans le sens montant (sens impair).
- Le 1<sup>er</sup> juin 2020, de mauvaises conditions météo dues à la pluie ont conduit le train à rencontrer des difficultés à se mettre en vitesse à Fontpédrouse et à anticiper pour obtenir l'arrêt. Le retard du train est indiqué comme étant dû à un problème d'**enrayage**.
- Le 18 novembre 2020, un **patinage** a lieu à Olette. Le train est dans l'impossibilité de tractionner, sans plus de précision.
- L'automotrice Z152 indique dans son historique de maintenance, un « accompagnement en ligne **patinages** » le 23 décembre 2020, par un agent du matériel roulant. Le lieu n'est pas cité.
- Le 9 janvier 2021, un **patinage** a lieu depuis Fontpédrouse. Dans des conditions d'adhérence dégradée par du brouillard, circulant à 30 km/h, le train patine énormément et oblige le conducteur à s'arrêter au pk 21,4. Essayant de repartir, le conducteur n'y parvient pas et demande par radio au chef de ligne à revenir en arrière jusqu'à la gare de Fontpédrouse pour prendre de l'élan. Après avoir reçu l'autorisation, il revient à Fontpédrouse et repart en direction de Mont-Louis.

Mais l'adhérence était vraiment trop mauvaise et il est obligé de s'arrêter au pk 21,7 (pour mémoire, point kilométrique où a eu lieu le déraillement dans l'autre sens 16 jours plus tard). Ne pouvant pas continuer la marche du train, le conducteur repart en arrière jusqu'en gare de Fontpédrouse de la même façon que précédemment. Le chef de ligne a annulé la mission du train pour le faire redescendre jusqu'à Villefranche. Nous n'avons pas plus d'information sur les suites données à ce patinage.

- Post-accident, le 30 juillet 2021, une fiche « incident astreinte » décrit un **enrayage** sur un train commercial entre les pk 11,300 et pk 13,900, détecté par le conducteur du train. La cause identifiée est l'excès de graissage avec de la pluie. L'intervention effectuée par SNCF Réseau est une demande de sablage en continu sur toute la zone concernée, par la première circulation du lendemain avant une reprise en circulation normale.



**Fig 44 : État du dessus du rail au pk 12,700 file droite**  
(photo SNCF)



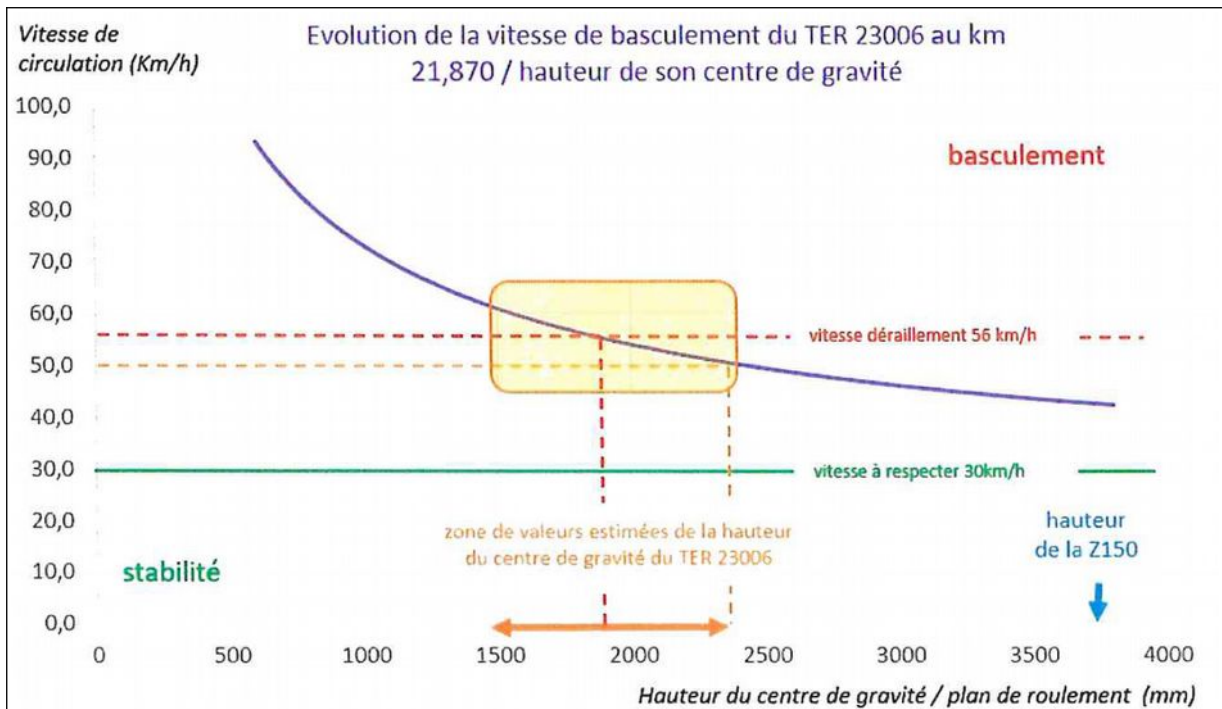
**Fig 45 : Localisation des enrayages et patinages identifiés**

En conclusion, s'il ne ressort pas de lieu spécifique, des situations d'adhérence dégradée ont été détectées dans une section allant du tunnel de La Castagnol à la gare d'Olette.

### 3.9 - La dynamique possible du déraillement du train

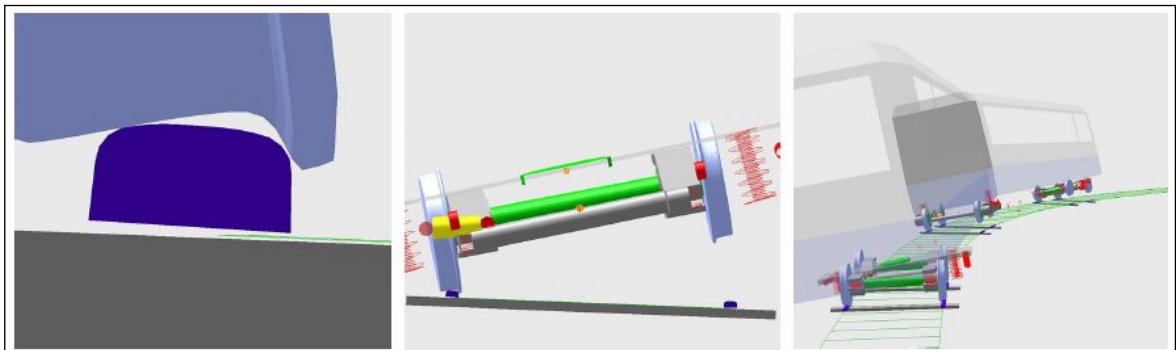
Les traces en hauteur dans le tunnel attestent que le train a déraillé par basculement suivi d'une montée de roue : cela s'est produit du fait d'une survitesse dans les courbes serrées. En effet, dans les courbes, le train en vitesse subit une force transversale qui déleste la roue intérieure et produit un effet de renversement vers l'extérieur. À partir d'une certaine vitesse, qui dépend notamment de la hauteur du centre de gravité du train et du rayon de courbure de la voie (et du profil du rail), le train bascule.

Les calculs réalisés par les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF à partir des conditions de tracé de la voie au pk 21,870 montrent qu'au-delà de 50 km/h, la stabilité du train peut être affectée.












**Fig 46 : Evolution de la stabilité du train en fonction de la vitesse et de la hauteur estimée du centre de gravité d'une Z150** (source SNCF)

Le train peut donc déverser au pk 21,870 (rayon de 81 mètres, dévers de 60 mm) à partir d'une vitesse de 50 km/h (avec l'hypothèse la plus haute du centre de gravité).



**Fig 47 : Simulation dynamique d'un basculement**  
(source RAIB – Report 18/2017: Overturning of a tram at Sandilands junction, Croydon – Bombardier)

Dans les faits, le train a déversé à 56 km/h au pk 21,870, dans une courbe à gauche (courbe n°156) de 81 mètres avec un dévers de 60 mm.

PKD	PKF	Longueur	Sens de courbes	Rayon de courbes	Sinuosité	Dévers en pleine courbe	Numéro de la courbe	Points remarquables
21+542	21+635	0,093	A	0		0		
21+635	21+780	0,145	D	81		60	155	Tête Train 21+680
21+780	21+799	0,019	A	0		0		tunnel LA CASTAGNAL 21+779 au 21+938
21+799	22+035	0,236	G	81		60	156	
22+035	22+038	0,003	A	0		0		
22+038	22+178	0,14	D	79		60	157	
22+178	22+238	0,06	G	109		40	158	
22+238	22+258	0,02	A	0		0		tunnel Nabeille 22+242 au 22+305
22+258	22+310	0,052	D	231		25	159	

**Fig 48 : Caractéristique de la voie juste avant le tunnel de La Castagnal** (source SNCF)

Si le train avait été à la vitesse de 56 km/h dans la courbe précédente n° 157 au pk 22,038 (au lieu d'environ 52 km/h selon l'ATESS), comme le rayon de la courbe est également de 81 m avec un dévers de 60 mm, le train aurait déversé dans cette courbe mais de l'autre côté, puisque le sens de la courbe est là à droite. Inutile de préciser qu'alors les conséquences du déraillement auraient été dramatiques.



**Fig 49 : Début de la courbe n° 157** (photo BEA-TT)

### 3.10 - Les conclusions sur les constats immédiats

Le 25 janvier 2021, en fin de journée, le Train Express Régional n° 23006 circule depuis la gare de Latour-de-Carol en direction de son terminus la gare de Villefranche – Vernet-les-Bains. Cette automotrice, n° 152 de type Z150, ne transporte pas de voyageurs. Seuls sont présents à bord le conducteur et le contrôleur.

À partir du pont Gisclard, un brouillard intense enveloppe la ligne dans la descente des gorges de la Têt. Le train subit plusieurs enrayages que le conducteur gère via des actions de freinage électrique puis des actions sur les boutons-poussoirs de sablage et d'anti-patinage. La vitesse du train augmente. Un dernier enrayage a lieu à vitesse élevée. Le conducteur n'arrive pas à récupérer l'adhérence en appliquant les mêmes gestes que précédemment. Il n'utilise pas le freinage pneumatique. Le convoi se présente à l'entrée du tunnel de La Castagnal dans une courbe à droite, avec une vitesse qui atteint 56 km/h.

Le train subit un délestage des roues côté droit, bascule, heurte les supports du troisième rail juste avant d'entrer dans le tunnel et touche en partie haute côté gauche la paroi du tunnel. Il déraile. Puis il heurte plus loin le troisième ancien support électrique, fixé sur le côté de la paroi du tunnel, ainsi que les supports suivants. Le train retombe ensuite en position verticale avant la fin du tunnel.

Le conducteur déclenche le freinage d'urgence dans le tunnel. Le train s'immobilise en voie 99 mètres après la sortie du tunnel de La Castagnal, par l'effet combiné du freinage d'urgence (via l'essieu moteur non déraillé) et du ripage des essieux qui ont déraillé sur le ballast. En effet, le second essieu sur le premier bogie (porteur) et les deux essieux du bogie arrière ont déraillé. Il est 17 h 38.

Le conducteur et le contrôleur ne sont pas blessés mais sous le choc.

La cause première du déraillement est la survitesse du train Z152 dans une courbe.

L'excès de vitesse est dû à la difficulté du conducteur à maîtriser la vitesse à la suite de plusieurs enrayages en zone de forte pente.

La recherche des causes sous-jacentes à l'origine de cette situation nous conduit à approfondir les investigations selon les thématiques suivantes :

- le comportement de conduite du conducteur ;
- l'excès de graisse sur la table de roulement du rail, sur un linéaire important de la ligne ;
- les remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages.

## 3.11 - Le comportement de conduite lors de la descente

### 3.11.1 - La conduite le 25 janvier 2021 après-midi

En préambule, le conducteur a bien effectué ses visites d'aptitude sécurité (2019), d'aptitude psychologique (2018) et sa visite médicale du travail (2020). Il est autorisé à la conduite des Z150 depuis février 2020. Le conducteur a 60 journées de service à son actif (45 sur des Z100 et 15 sur des Z150). Le dernier accompagnement en ligne par son dirigeant de proximité (DPX) a été réalisé en mai 2020 entre Latour-de-Carol et Villefranche – Vernet-les-Bains : la conduite observée avec des conditions d'adhérence dégradées a été jugée « convenable ». Depuis février 2020, les six accompagnements par son DPX ne font pas apparaître de défaut majeur et le niveau global observé est conforme aux attentes. Ce conducteur avait bien été suivi par son encadrement et les relevés des ATESS indiquaient un respect des vitesses limites.

En janvier 2021, la vitesse limite à partir de Mont-Louis en descente est de 30 km/h (voir Fig 25).

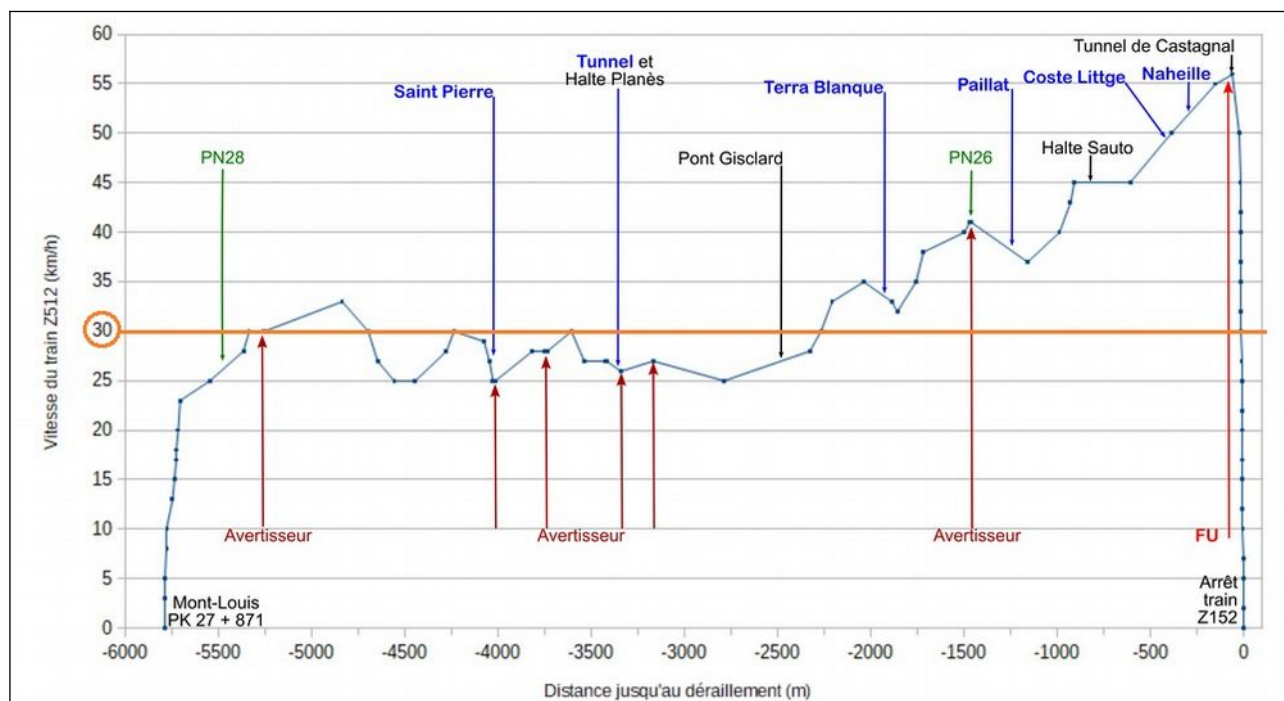


Fig 50 : Parcours et conduite du conducteur, avec visualisation de la limitation de vitesse

Un kilomètre après la gare de Mont-Louis, on note un dépassement de 3 km/h de la vitesse limite. Dans son témoignage, le conducteur indique rencontrer les premiers enrayages peu après cette gare, sur une dizaine de mètres, avec allumage du bouton-poussoir d'anti-patinage. Puis la vitesse repasse en dessous de la limite.

À partir du pont Gisclard, la vitesse augmente doucement et régulièrement. À partir de 2,27 km avant l'arrêt du train (environ 3 minutes avant la fin du déraillement), sa vitesse sera toujours au-dessus de la vitesse autorisée.



À noter que le train franchit le passage à niveau n° 26 à 40 km/h.



**Fig 51 : Arrivée sur le PN 26, 16 secondes avant son franchissement (ici à vitesse de 25 km/h)** (photo BEA-TT)

Puis il traverse la halte Sauto à 45 km/h, soit 15 km/h au-dessus de la limitation.



**Fig 52 : Halte de Sauto** (photo BEA-TT)

Le conducteur a donc un parcours professionnel sans écart mais réalise le 25 janvier 2021 un excès de vitesse conséquent et sur une longue distance, jusqu'à l'accident.

### **3.11.2 - La conduite des Z150 en zone de forte pente**

Les règles d'exploitation concernant les fortes pentes sont décrites dans le référentiel national des conducteurs de ligne (TT00511) de SNCF Voyageurs. La circulation des trains sur ces sections de lignes est soumise à des règles particulières (composition, freinage, conditions de remorque, vitesse limite). Elles ont pour but de garantir l'efficacité de freinage (c'est-à-dire éviter des dérives dues à l'épuisement du frein) et d'éviter la détérioration des organes de roulement. Puis, les livrets de lignes doivent identifier les parcours à fortes pentes. Les trains parcourant de telles lignes doivent être freinés au frein automatique modérable au desserrage C'est bien le cas sur le Train Jaune.

Des prescriptions particulières sont définies dans le TT00511 à l'article A 61.02 "Modération de la vitesse dans les fortes pentes", où le principe de base est que « *si le conducteur dispose d'un frein dynamique, il doit l'utiliser en priorité afin de limiter l'utilisation du frein pneumatique.* » Ainsi, le conducteur doit modérer la vitesse dans la forte pente :




- si l'engin moteur est équipé d'un frein dynamique en état de fonctionnement, le conducteur du train doit utiliser en priorité le frein dynamique ;
- si l'efficacité du frein dynamique est insuffisante, le conducteur doit commander immédiatement un serrage gradué et effectuer la descente en modérabilité, selon des techniques que nous ne détaillerons pas ici.

Du témoignage du conducteur et du contrôleur, nous comprenons que le conducteur n'a pas actionné le frein pneumatique en serrage gradué au cours des enrayages. Le conducteur accidenté n'a donc utilisé que le frein électrique dans sa gestion du freinage en descente. De plus, il l'a laissé réglé sur un cran de freinage et n'a plus agi que sur les boutons-poussoirs de sablage et de l'anti-patinage (voir Fig 16).

Lors d'une descente de la ligne à bord de l'automotrice de type Z150, le BEA-TT a pu observer que le frein électrique est beaucoup utilisé et qu'à contrario, le frein pneumatique l'est très peu voire pas du tout. Cette observation basée sur un seul conducteur (en plus du témoignage du conducteur accidenté) ne peut pas prétendre à être représentative. Toutefois, ce comportement a été confirmé par le DPX (dirigeant de proximité) comme n'étant pas une exception.

Il nous a été expliqué que dans le cas où un conducteur combine les deux freinages, le deuxième cran du frein pneumatique (sur les 8 crans) des Z150 freine très fort et de façon saccadée, créant une gestion du freinage très peu précise et des secousses fortement inconfortables pour tous. En circulation, cette réaction mécanique de la Z150 nous a été montrée, sans pouvoir y apporter d'explication. Cette réaction de la machine pourrait conduire les conducteurs à n'actionner que très peu ce manipulateur du frein pneumatique. Ceci peut également expliquer le temps mis par le conducteur accidenté à tirer ce manipulateur jusqu'au huitième cran, celui du freinage d'urgence.

Le DPX indique que pour rattraper un enrayage sur une Z150, il faut : – freiner en électrique, – sabler manuellement, – freiner en pneumatique. Le manuel de conduite des Z150 (TT00696) donne les règles ci-dessous à observer en cas de patinage. Mais aucune mention n'est faite du cas d'enrayage. Le commutateur des patins magnétiques est uniquement utilisé par l'exploitant comme commutateur de test lors de la préparation courante d'une rame Z150.

<p>Le patinage est combattu automatiquement par l'électronique de l'élément automoteur, sans mise en action du sablage.</p> <p>Le conducteur est renseigné sur l'état de l'adhérence de l'élément par l'allumage du BPL (ANTIPATINAGE)</p>	
<p><b>En US seulement :</b></p> <p>Dans le cas de conditions très défavorables, si l'antipatinage est insuffisant :</p>	
<p>➤ Appuyer sur BPL (ANTIPATINAGE) (1 bar environ aux CF des bogies moteurs)</p>	
<p>➤ Appuyer sur BPL (SABLAGE) si nécessaire</p>	

**Fig 53 Règles à observer en cas de patinage en Unité Simple (US)** (source SNCF)

Concernant le patinage, la consigne locale d'exploitation dans son article 413 complète :

*« Le conducteur d'un train impair rencontrant des difficultés au démarrage de la halte de THUES Carença (Km 16,273) demande verbalement, par radio, au chef de ligne l'autorisation de retour en arrière jusqu'à l'ancienne halte de Thuès.*

*Le chef de ligne, après s'être assuré que la voie est libre et le restera en appliquant les prescriptions de l'article 415.4, autorise par dépêche le conducteur à :*

- retourner jusqu'au Km 15,725 (ancienne halte de THUES) en ne franchissant le PN 20 Km 16,200 qu'après avoir constaté sa fermeture et en sifflant par intermittence,
- reprendre sa marche dans le sens impair,
- passer sans arrêt à la halte de THUES CARENCA en sifflant.

*Durant ces opérations, le conducteur prendra les mesures d'immobilisation nécessaires afin d'éviter une dérive du convoi. »*

En conclusion, deux possibilités combinables peuvent être envisagées pour expliquer une partie du comportement du conducteur concernant le non usage du frein pneumatique : 1- le conducteur ayant conduit sur d'autres types de matériel roulant et sur des lignes très plates (fret) n'était plus habitué à conduire dans de fortes pentes et n'a pas de réflexe de conduite dans cette situation ; et/ou 2- il est probable que le frein pneumatique soit très peu utilisé de façon générale sur la ligne du Train Jaune, car jugé difficilement gérable et brutal, et donc son usage n'est plus spontané voire réfréné.

Pour compléter ces éléments, nous allons proposer des hypothèses concernant le comportement global du conducteur, notamment vis-à-vis de la survitesse.

### **3.11.3 - L'analyse du comportement du conducteur**

Nous avons constaté dans les données de l'enregistreur de paramètres, une survitesse par rapport à la consigne d'exploitation et ce, à partir du pont Gisclard. Cette survitesse va croissant jusqu'au déraillement à 56 km/h. Afin d'expliquer pourquoi le conducteur ne freine pas plus fort pour revenir à 30 km/h, et pourquoi il croit maîtriser les enrayages, nous allons approfondir les facteurs humains.

Une explication possible est celle de l'effet de "tunnélisation attentionnelle", qui peut se définir comme « *l'allocation de toute l'attention sur une tâche unique pendant une durée qui dépasse l'optimal, ce qui entraîne la négligence des autres informations, et l'échec d'autres tâches à effectuer*<sup>13</sup> ». Il s'agit d'une focalisation exclusive de l'attention et du raisonnement sur un seul objectif, en ne prenant pas en compte la globalité et la complexité de la situation, perdant de vue l'ensemble d'une situation. C'est la persistance à maintenir une décision dans des situations dangereuses. Dans ce cas-là, l'individu résiste aux stimuli de son environnement et ne peut donc réévaluer la situation correctement. Il est persuadé que le choix d'action qu'il a réalisé initialement est toujours le meilleur malgré une évolution du contexte environnemental. Par conséquent, il nie les nouvelles informations de façon inconsciente et se trouve donc dans l'incapacité de réviser ses choix.

Ici, le conducteur a pu se focaliser sur un élément, en oubliant le reste, et a pu voir ses capacités à prendre les bonnes décisions réduites. Il s'est focalisé sur le frein électrique. On peut ainsi supposer chez le conducteur une défaillance quant au diagnostic porté sur la situation : les situations d'enrayage ne l'alertent pas sur l'état du rail, qui va diminuer les capacités de freinage du matériel roulant. Puis malgré une bonne visibilité sur l'indicateur de vitesse au pupitre, il ne saisit pas l'information de vitesse en augmentation (il ne dépasse pas la limite des 30 km/h par violation volontaire). Le franchissement du passage à niveau n° 26 alors que les barrières n'ont pas fini de se baisser aurait dû l'alerter.

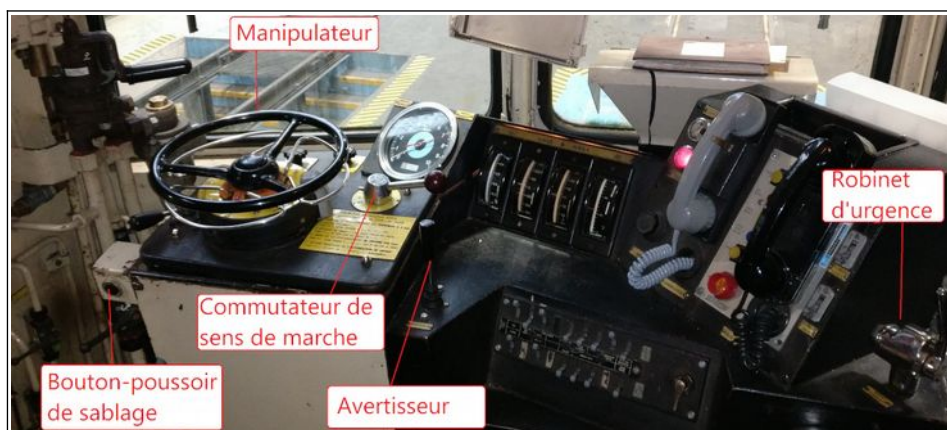
Son pronostic de l'évolution de la situation n'est pas bon. Les premiers enrayages lui ayant presque donné raison, il persévère dans sa méthode de gestion de l'enrayage par les boutons-poussoirs et le frein électrique calé sur le même cran, estimant gérer à bon escient les situations d'enrayage que subit le train. Il ne modifie pas le frein électrique et encore moins n'active le frein pneumatique jusqu'au déraillement. À la halte de Sauto, il était envisageable de réduire fortement la vitesse en profitant du replat de la zone. En outre, sa main gauche actionne les boutons-poussoirs sablage et anti-patinage. L'usage du bouton-poussoir d'anti-patinage soulève un doute quant à sa compréhension de la différence entre patinage et enrayage. Il ne déplace pas sa main vers le frein pneumatique. Le témoignage du contrôleur confirme cet effet de "tunnélisation" subi par le conducteur : quand il lui demande « y a-t-il autre chose à faire ? » le conducteur lui répond « non ».

---

13 Wickens CD. Attentional tunneling and task management (Tech. Rep. AHFD-05-23/NASA). Savoy, IL: University of Illinois, Institute of Aviation, Aviation Human Factors Division; 2005.

De plus, sur cette ligne circulent deux types de matériels roulants, avec des postes de conduite différents (voir figure ci-dessous pour le poste de conduite d'une Z100). Les conduites sont également différentes, sans parler des comportements mécaniques et dynamiques des machines elles-mêmes. La façon de conduire n'est pas la même avec une Z100, qui ne possède pas d'anti-enrayeur, mais où il est possible de doser le freinage pour retrouver l'adhérence (en desserrant la pression). Pour chacun des types de matériels, il y a un mode de freinage "privilegié" : pour les Z100, le freinage au frein pneumatique semble bien adapté, même pour les freinages légers ; pour les Z150, le frein pneumatique semble fort, le frein électrique est privilégié pour les freinages légers mais n'agit que sur le bogie central.

Au moment où l'enrayage final est largement engagé, le conducteur place à un moment donné le manipulateur de traction sur « zéro » afin de tenter de récupérer de l'adhérence puis il le replace en position « • » (maintien de la vitesse constante en freinage électrique). Le train est alors à une vitesse entre 40 et 50 km/h. Cette action, qui lui vient probablement de souvenirs de la formation aux Z100 et de sa formation initiale 18 ans plus tôt, est contraire aux actions nécessaires pour freiner, mettre le frein en position « zéro » a en effet eu notamment pour conséquence d'arrêter le système d'anti-enrayage. La gestuelle à avoir sur les Z150 n'est pas intégrée ou mélangée à celle pour d'autres matériels.



**Fig 54 : Pupitre d'une automotrice Z100** (photo BEA-TT)

Enfin, les témoignages et l'ATESS ne permettent pas d'identifier de façon certaine comment le freinage d'urgence final a été commandé. Mais que l'enclenchement du freinage d'urgence ait été réalisé par le manipulateur de freinage dynamique poussé au maximum ou qu'il ait été commandé par le bouton-poussoir ou le robinet de freinage d'urgence, le résultat est identique : le freinage d'urgence est appliqué tardivement, pour les mêmes raisons que ci-dessus, auxquelles s'ajouteraient le stress ou la sidération créés par la situation qui échappe au conducteur.

Le fait de conduire des trains différents pour un même conducteur ne semble pas conduire à une accidentologie particulière, les conducteurs peuvent circuler avec divers matériels roulants sur le RFN – avec l'habilitation nécessaire, y compris sur une même journée de service. Toutefois, cette hétérogénéité des commandes de freinage (emplacement, fonctionnement...) a pu créer une confusion dans l'esprit du conducteur et avoir une influence sur la survenue de l'accident. À cela s'ajoute une longue expérience du conducteur accidenté sur des matériels roulants de type locomotives électriques BB 26000 et BB 27000. En l'absence d'étude spécifique et en l'absence également de retour d'expérience négatif, cette hypothèse ne sera pas plus approfondie.

En conclusion, le conducteur a probablement focalisé sur le maintien des actions ayant été concluantes sur les enrayages précédents, sans prendre en compte d'autres informations (vitesse en augmentation notamment), dans un effet de "tunnélisation".

Cette tunnélisation aurait pu être contrée par de bons réflexes d'anticipation et de freinage, donnés par la formation – d'autant plus sur une ligne avec des matériels aux commandes et aux comportements différents. Ces réflexes, pas suffisamment ancrés chez le conducteur, n'ont pas pris le dessus dans cette situation de crise et de sidération pour lui permettre d'agir avec efficacité.

Comme dans un grand nombre de situations, le facteur humain n'est pas le seul facteur en jeu dans la survenue d'un accident. Si l'humain a réalisé une erreur, des facteurs externes ont pu contribuer à l'y conduire. Nous allons en étudier un certain nombre dans les paragraphes suivants.

### **3.11.4 - La formation des conducteurs**

La formation des conducteurs de la SNCF est généraliste : en effet, bien que restant dans un périmètre donné (TER ou fret notamment), les conducteurs doivent pouvoir conduire sur des lignes variées et des matériels différents. Ils bénéficient à leur entrée d'une formation interne longue (12 mois pour le conducteur accidenté) qui alterne cours théoriques en centre de formation et stages pratiques dans leur établissement d'affectation. Cette formation de socle commun est validée par une évaluation professionnelle à l'issue de laquelle leur est attribué le titre de "Conducteur de trains". Des formations continues d'une ou plusieurs journées sont apportées régulièrement aux conducteurs.

Dans le cas de la ligne du Train Jaune, une formation initiale complémentaire est apportée aux conducteurs nouveaux arrivants sur la ligne. Elle porte sur les différents matériels roulants et les spécificités de la ligne elle-même. Elle dure au total 6 jours (2 jours théoriques sur la ligne, 2 sur la Z100 et 2 sur la Z150), suivie de 15 jours d'étude de la ligne en doublon avec un conducteur expérimenté. Le dossier pédagogique<sup>14</sup> de la formation initiale au Train jaune, dans sa version de 2017, spécifie l'objectif de formation et les objectifs pédagogiques, les méthodes à utiliser, les supports de formation et outils utilisés, les évaluations et les textes de référence. La formation aux Z150 se compose d'une partie théorique en gare de Villefranche la première journée et d'une partie pratique avec la conduite en ligne sur un train commercial la seconde journée. Après des résultats positifs aux évaluations, les conducteurs font environ 15 jours d'étude de la ligne et de conduite en double. Le conducteur accidenté déclare avoir conduit plutôt des Z100 que des Z150 lors de sa formation. En toute fin, le conducteur est certifié à la conduite sur la ligne du Train Jaune.

Les objectifs pédagogiques prescrivent que le conducteur soit capable à l'issue de la formation de :

- faire une préparation courante, une remise en service, une visite à l'arrivée et une mise en stationnement ;
- appliquer le guide de dépannage de la Z150 en cas d'incident en ligne et utiliser l'outil de gestion des défauts ;
- former une unité multiple de Z150 ;
- mettre la Z150 en conduite voyageurs ;
- conduire la Z150 en respectant les prescriptions du manuel de conduite.

Plus particulièrement dans l'objectif pédagogique « conduire la Z150 en respectant les prescriptions du manuel de conduite », il est précisé ce que le stagiaire doit comprendre et apprendre :

---

14 Un dossier pédagogique structure toute formation réalisée par la SNCF. Il contient : l'objectif de formation et les objectifs pédagogiques, les méthodes à utiliser, les supports de formation et outils utilisés, les évaluations, et les textes de référence.

« Le conducteur doit connaître les spécificités de la conduite avec la Z150 :

- *Utilisation des différentes positions du manipulateur traction/freinage pour régler la vitesse (système non assimilable à un système de vitesse imposée)*
- *En pente utiliser en priorité le freinage rhéostatique (le frein pneumatique n'est utilisé que si le frein électrique est insuffisant)*
- *Frein rhéostatique interdit en dessous de 5 km/h [...] »*

En supplément, le formateur doit commenter les articles du chapitre 2 "Règles de conduite" du manuel de conduite (TT00696 pour les Z150) traitant du démarrage d'une rame, du réglage de la vitesse, des opérations d'isolement d'un poste de conduite, des opérations de mise en service d'un poste de conduite, des règles à observer en cas de patinage et du graissage du troisième rail.

Enfin dans le questionnaire (QCM) d'évaluation, une des dix questions porte sur la façon dont le conducteur doit régler sa vitesse en pente :

« En pente, pour régler ma vitesse :

- 1 *J'utilise le frein rhéostatique combiné au frein pneumatique en permanence*
- 2 *J'utilise en priorité le frein rhéostatique puis le frein pneumatique si nécessaire<sup>15</sup>*
- 3 *J'utilise le frein pneumatique en priorité »*

Le formateur a donc bien pour objectif que soit assimilé, par les conducteurs en formation initiale sur le Train Jaune, l'usage prioritaire en pente du freinage électrique (rhéostatique) puis l'usage du frein pneumatique seulement si le frein électrique est insuffisant.

De plus, dans le référentiel conducteur de ligne au chapitre D "Circulation et conduite du train" (TT00514) de la SNCF, l'article D 24.04 « Adhérence dégradée - Patinages - Enrayages » indique l'attitude à avoir :

« - Le conducteur commande une décélération dans une zone favorable à l'enrayage

- *Anticiper, si possible, la réduction de la vitesse du train (frein dynamique, ...).*
- *Anticiper, si possible, le freinage pneumatique.*
- *Sabler par intermittence pendant le freinage sauf dans les zones d'aiguilles.*

- Le conducteur constate l'enrayage de son train

1- *Une prescription s'impose (arrêt, limitation de vitesse, ...)*

- *Ne pas desserrer les freins.*
  - *Laisser agir le dispositif d'anti-enrayage sur les engins moteurs équipés.*
- *Sabler pendant le freinage.*
- *Freiner d'urgence si nécessaire.*

2- *Autres cas*

- *l'engin moteur est équipé d'un dispositif d'anti-enrayage : laisser agir le dispositif.*
- *l'engin moteur n'est pas équipé d'un dispositif d'anti-enrayage : réduire, si possible, l'effort de retenue. »*

La gestuelle à avoir en forte pente et lors d'enrayage est bien décrite dans plusieurs documents et doit être mentionnée pendant la formation initiale du Train Jaune. Il n'est pas fait mention de geste à avoir en pente dans le livret de ligne, dans le manuel de conduite ni dans le mémento des conducteurs.

S'ajoute pour le conducteur accidenté le contexte du déroulement de sa formation qui est saccadée et qui s'étale sur plusieurs mois au lieu des 2-3 semaines habituelles. Puis les premiers jours de conduite du conducteur accidenté une fois habilité, sont coupés par un

---

15 La bonne réponse est évidemment la n° 2.

long arrêt du fait de la pandémie. Sans pouvoir juger de l'impact concret que cela a pu avoir, cette situation n'a pas non plus favorisé une assimilation sereine de ses apprentissages.

Le conducteur a eu l'examen de conduite il y a longtemps. Il indique avoir appris qu'il ne faut pas freiner car cela peut empirer l'enrayage. Il a déjà subi des patinages mais jamais des enrayages. Il indique que la formation du Train Jaune n'a pas insisté sur l'enrayage. Par ailleurs, une formation "fortes pentes" existe à la SNCF : elle concerne par exemple des conducteurs des lignes Lagogne – Nîmes et Marvejols – La Bastide Saint-Laurent-les-Bains, présentant des tronçons avec fortes pentes, mais elle ne concerne pas ceux du Train Jaune. Le conducteur accidenté ne l'a pas suivie. Les informations et la pratique sur ce risque sont données de façon intégrée à la formation initiale du Train Jaune.

En conclusion, le conducteur n'a pas eu les bons gestes en situation d'adhérence dégradée. Il aurait dû mieux évaluer la réduction de la vitesse de son train. Bien qu'ayant une bonne visibilité sur l'indicateur de vitesse de sa Z150, il n'est plus revenu à la limitation prescrite : il aurait dû anticiper le freinage pneumatique – agissant sur tous les bogies. Il a sablé pendant le freinage et appuyé sur le bouton-poussoir anti-patinage, bloqué dans son effet de "tunnélisation" sur des gestes qui jusque là avaient été concluants. De plus, ses réflexes face à un enrayage n'étaient pas solides. Il n'avait pas à desserrer le frein rhéostatique, il aurait dû laisser agir le dispositif d'anti-enrayage (en ayant actionné le frein pneumatique) et freiner d'urgence plus tôt.

Sa formation initiale a eu lieu 18 ans plus tôt et la formation au Train Jaune, réalisée dans des conditions malaisées pour des raisons extérieures aux formateurs, ne semble pas lui avoir rappelé les réflexes nécessaires pour faire face à ce risque notable, risque auquel il pouvait être confronté pour la première fois depuis longtemps. Côté documentaire, les informations sur le comportement à avoir étaient bien présentes, bien qu'au milieu d'une masse importante d'informations.

### **3.12 - Les enrayages (et patinages) : de l'observation au signalement jusqu'à leur traitement**

#### **3.12.1 - Les observations d'un enrayage par les conducteurs**

Le référentiel TT00514 cite les situations favorables à une dégradation de l'adhérence – les conditions atmosphériques (début de pluie, brouillard, rosée, neige...), la pollution du rail ou des roues (dépôt de corps gras, feuilles...), l'effort de traction ou de freinage incompatible avec la limite d'adhérence, des particularités de la voie (courbe...), pouvant être à l'origine de ce phénomène. Il précise comment détecter ou anticiper ces situations :

*« Le conducteur peut craindre ou déceler des conditions d'adhérence anormalement faible :*

- par la connaissance de la météo ;*
- dès sa prise de service ;*
- par une information directe de l'Activité ou de l'établissement ;*
- par une information d'un agent du SGC lorsque la circulation s'effectue immédiatement après le passage du train laveur ;*
- par l'intermédiaire de l'outil Sirius ;*
- par l'observation de la voie ;*
- par sa connaissance de ligne ;*
- en traction, en constatant le fonctionnement de l'antipatinage ;*
- lors du freinage, en constatant un fonctionnement répété de l'anti-enrayeur ;*

- par des réactions lors du freinage ;
- par l'observation attentive des appareils de bord ;
- par un bruit ou un ressenti caractéristique ...

Compte tenu des informations dont il dispose et des indices constatés en ligne, le conducteur adapte la conduite du train en réduisant si nécessaire sa vitesse et en anticipant les freinages pour limiter les efforts de retenue. »

Concernant spécifiquement l'enrayage, le référentiel TT00514 définit l'enrayage et distingue deux niveaux :

- **L'enrayage simple** : dénommé ainsi « lorsque les mesures préventives (anticipation, sablage, freinage adapté...) ou curatives (intervention du conducteur ou d'un dispositif automatique), permettent de le contenir. L'enrayage simple peut avoir un caractère répétitif compte tenu des conditions d'adhérence. »
- **L'enrayage important** : correspond au cas où « les actions préventives (lorsqu'il est prévisible) ou curatives mises en œuvre par les conducteurs et l'action des équipements éventuels de l'engin moteur restent sans effet. Un tel enrayage peut être à caractère exceptionnel, pouvant survenir en toute saison, et dont l'origine est une cause accidentelle (épandage d'oléagineux, excès de graissage...) ou saisonnier (feuilles mortes, gel...), donc prévisible. Un enrayage ne peut donc être qualifié d'important que lorsque les actions du conducteur et des systèmes n'ont pas permis l'atteinte de l'objectif en respectant la totalité des principes suivants : anticipation des freinages (si enrayage prévisible), vitesse et conduite adaptées aux conditions (si enrayage prévisible), laisser agir les systèmes automatiques, sablage efficient, utilisation du freinage d'urgence. »

La protection indiquée dans le TT00514 par la SNCF face au risque d'enrayage est la suivante :

« Afin de limiter ces risques, le conducteur doit prendre les mesures préventives lorsqu'il présume, détecte ou lorsqu'il est avisé d'une partie de voie dont l'adhérence est dégradée. L'anticipation de la mise en action du frein, en freinant plus tôt, moins fort, y compris avec le frein électrique ou le frein hydrodynamique, permet de diminuer la valeur de la première dépression. Cette anticipation est d'autant plus importante que l'adhérence est susceptible d'être réduite. Par contre, avec certains matériels, sur les zones détectées comme sensibles à l'adhérence dégradée, l'utilisation du freinage pneumatique est à privilégier. Cela permet de répartir l'effort de retenue sur l'ensemble des essieux et ainsi favoriser le maintien du contact « roue-rail ».

Sur certaines séries d'engins moteurs, l'enrayage est combattu par un dispositif automatique d'anti-enrayage. Le fonctionnement correct de l'automatisme est néanmoins subordonné à une bonne gestuelle d'utilisation du frein : pas de coupure de l'effort de freinage qui perturberait les calculs du dispositif d'anti-enrayage (redéfinition des paramètres de vitesse, de modération du frein...).

Sur les séries d'engins moteurs non équipés ou lorsque ce dispositif fonctionne anormalement, le conducteur peut, quand l'arrêt ne s'impose pas, diminuer l'effort de retenue.

Le sablage est utilisé à titre préventif sur une zone favorable à l'enrayage. Cette utilisation doit être raisonnable. [...]

**Le signalement d'un enrayage est une phase importante à ne pas négliger.** Cette phase doit notamment permettre de préciser le type d'enrayage (simple / important) et de déterminer avec le plus de précision possible le lieu où il a été décelé. Cela conditionne les mesures à prendre par le GI pour en limiter les effets ou les causes. Ces mesures peuvent aller de la simple visite de voie ou du matériel pour un enrayage simple, à la mise en place d'une organisation plus conséquente dans le cas d'un enrayage important.



Lorsque toutes les mesures préventives ou curatives ont été prises, le freinage d'urgence peut s'avérer nécessaire pour provoquer l'arrêt du train. »

Au cours de leur conduite, il est attendu des conducteurs de prendre des mesures spécifiques liées à un enrayage important :

« Outre les mesures de prévention décrites précédemment, le signalement immédiat de l'enrayage important, avec l'indication précise du lieu (à défaut donner les PK encadrants les plus proches), permet au SGC de prendre les mesures utiles pour arrêter ou faire arrêter les circulations se dirigeant vers la zone concernée. Une organisation lourde est donc mise en œuvre (visite de la voie par du personnel spécialisé, signalisation maintenue autant que possible en position d'ouverture de part et d'autre de la zone signalée, réduction de la vitesse des trains, ...).

Dans le cadre de cette organisation, un avis spécifique est remis au conducteur : l'Avis d'Enrayage : Formulaire AVEN.

Jusqu'à ce qu'ils aient acquis l'assurance que la circulation normale peut être reprise, les agents-circulation ou aiguilleurs intéressés remettent ou transmettent aux conducteurs cet avis. La partie de voie concernée par celui-ci, s'étend sur 1000 mètres de part et d'autre de la zone où l'enrayage important a été constaté. »

<b>AVEN</b>		
Ordre est donné au conducteur du train ..... <small>(numéro)</small>		
au ..... <small>(no signalisée)</small>	sur la voie ..... <small>(numéro)</small>	
<input type="checkbox"/> de ne pas dépasser la vitesse des MA80 sans dépasser 50 km/h <input type="checkbox"/> de ne pas dépasser la vitesse des MA80 sans dépasser la vitesse de ..... km/h du km ..... au km ..... situés entre ..... et ..... <small>(points facilement repérables)</small>		
<input type="checkbox"/> de faire part de ses constatations sur les conditions d'adhérence de son train (palinages et enrayages) par radio, ou à défaut, au premier téléphone de voie, à la première gare ou au premier poste situé après la zone d'enrayage.		
Motif : Enrayage important		
XX		
Dépêche n° .....		
Poste : ..... <small>(nom du poste)</small>	Date : ..... <small>(jour/mois/année)</small>	Heure : ..... <small>(heures/minutes)</small>
<input type="checkbox"/> délivré directement <input type="checkbox"/> transmis par radio <input type="checkbox"/> transmis par téléphone <input type="checkbox"/> transmis numériquement	Signature :	
Compte rendu procédure AVEN : ..... ..... .....		
Poste : ..... <small>(nom du poste)</small>	Date : ..... <small>(jour/mois/année)</small>	Heure : ..... <small>(heures/minutes)</small>

Fig 55 : Modèle d'avis d'enrayage (AVEN) (source SNCF)

Il est précisé dans le référentiel TT00514 que « Il est important de bien différencier l'enrayage simple de l'enrayage important préalablement à tout signalement. En effet, le terme utilisé conditionne la mise en œuvre de mesures de grande ampleur dans le cas d'un signalement par le conducteur d'un enrayage important. » Un enrayage important peut conduire soit à un arrêt des circulations soit à des restrictions de vitesse.

Une fois l'enrayage subi, détecté, catégorisé, il est notifié par le conducteur au chef de ligne.

### 3.12.2 - Le traitement par le chef de ligne

Le chef de ligne a à sa disposition un document opérationnel des incidents de circulation, décrivant les mesures à prendre pour assurer la sécurité des circulations et des personnes dans les cas d'incident qui y figurent. Dans ce document, une fiche traite de l'enrayage important. Les risques et la définition des enrayages en deux niveaux (simple / important) y sont repris.

Dans cette partition en deux niveaux, on constate que l'enrayage ayant conduit à l'accident correspond à un enrayage important et donc doit faire l'objet d'un AVEN. A contrario, tous les enrayages précédents, ayant été jugés comme maîtrisés par le conducteur n'auraient pas conduit à un AVEN.

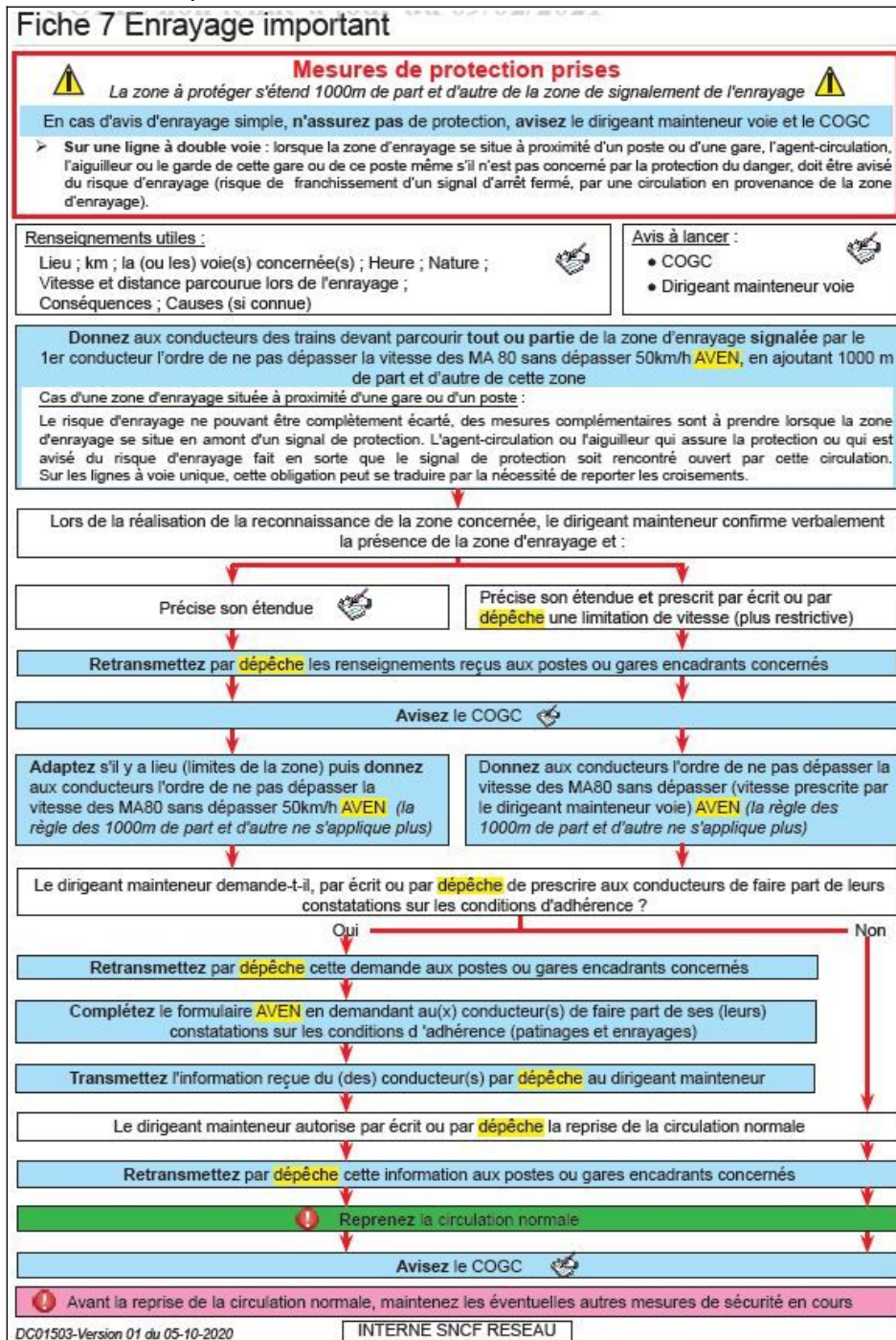


Fig 56 : Process à suivre en cas d'enrayage (source SNCF, Version 01 du 05-10-2020)

En cas d'enrayage important, le process ci-dessus ne prévoit pas d'arrêt des circulations : le chef de ligne doit donner aux conducteurs des trains devant parcourir tout ou partie de la zone d'enrayage signalée par le premier conducteur « l'ordre de ne pas dépasser la vitesse de la marche autorisée des Z150 à 80 km/h sans dépasser 50 km/h » ou une vitesse inférieure si prescrite par l'avis (via le formulaire d'avis enrayage (AVEN) que le chef de ligne remplit), en ajoutant 1000 mètres de part et d'autre de cette zone. De son côté, le conducteur recevant un formulaire AVEN doit prendre connaissance de l'avis, ne pas dépasser la vitesse autorisée et effectuer une décélération dans la zone favorable à l'enrayage. Si l'avis prescrit de faire part de ses constatations, les communiquer par radio, à défaut, après arrêt au premier téléphone, à la première gare ou au premier poste. Le carnet des AVEN relatif à la ligne du Train Jaune, avant le déraillement, a pu être consulté au poste du chef de ligne à Villefranche : il s'avère qu'aucun formulaire n'a été rempli.

Puis lors de la réalisation de la reconnaissance de la zone concernée, le dirigeant mainteneur voie confirme verbalement la présence de la zone d'enrayage et précise son étendue, et le cas échéant, prescrit par écrit ou par dépêche une limitation de vitesse (plus restrictive).

Les enrayages simples doivent, comme nous l'avons vu, eux aussi être notifiés au chef de ligne. Le traitement est alors différent. Il est indiqué qu'en cas d'avis d'enrayage simple, le chef de ligne ne doit pas assurer de protection, mais aviser le dirigeant mainteneur voie et le Centre Opérationnel de Gestion des Circulations (COGC – le centre national qui gère les circulations et les aléas, pour le réseau national), en donnant des renseignements (lieu, pk, voie concernée, heure, nature, vitesse et distance parcourue lors de l'enrayage, conséquences, cause si connue).

Ainsi, tout enrayage signalé au chef de ligne doit dans tous les cas être notifié au dirigeant mainteneur voie (anciennement Chef de District Voie (CDT)) et au COGC (voir Fig 57). Dans le cas du Train Jaune, le CSSE (Centre de Supervision Sud Est – anciennement CSQSE) centralise tous les appels de signalement (dérangements, problèmes à la voie...) provenant des agents circulations, régulateurs... de la zone Sud-Est. Il répercute le signalement aux astreintes du mainteneur concerné. Si l'enrayage est classé comme important, le chef de ligne doit alors émettre un AVEN pour les conducteurs des circulations suivantes.

Depuis le déraillement du Train Jaune, afin de suivre tous les enrayages – simples ou importants – et les patinages sur la ligne de Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol, le chef de ligne doit en plus des éventuels avis à lancer en application de la fiche 7, compléter la fiche suivante. Un carnet de rapport mis en place depuis décembre 2021 permet de tracer les incidents, dont les enrayages et patinages, pour que le responsable du service de l'exploitation puisse faire un point hebdomadaire avec le responsable de la maintenance des infrastructures et pour qu'une information semestrielle ou annuelle puisse être faite au service de contrôle.

<h1 style="margin: 0;">Défaut d'adhérence</h1> <h2 style="margin: 0;">Fiche de questionnement des ADC à l'usage des AC et Régulateurs</h2>			
GARE DE :		COGC TABLE :	
<b>SIGNALEMENT :</b>			
DATE :	HEURE :	TRAIN :	
<b>QUESTIONNEMENT DE L'ADC :</b>			
LE TRAIN ÉTAIT-IL EN PHASE DE FREINAGE ?			
OUI		NON	
IL S'AGIT D'UN ENRAYAGE		IL S'AGIT D'UN PATINAGE	
LE FREINAGE ÉTAIT-IL ANTICIPÉ AU MOINS 200 m AVANT LE REPERE HABITUEL ?	OUI	NON	
LES SABUÈRES ONT-ELLES ÉTÉ UTILISÉES ?	OUI	NON	
LE POINT D'ARRÊT OU LA LIMITATION DE VITESSE ONT-T-ILS ÉTÉ RESPECTÉS ?	OUI	NON	
CAUSES PROBABLES :	CAUSES PROBABLES :		
L'ENRAYAGE EST-IL ...		LE PATINAGE EST-IL ...	
SIMPLE ? <small>(Les mesures préventives ou curatives prises par l'ADC permettent de le contenir)</small>	<b>IMPORTANT ?</b>	<b>IMPORTANT ?</b>	SIMPLE ? <small>(Les mesures prises par l'ADC ou un automate permettent de le contenir)</small>
<b>MESURES A PRENDRE :</b>			
APPLICATION DC 1503 Art. 1.11	APPLICATION DC 1503 FICHE 7	APPLICATION DC 1503 Art. 1.15	APPLICATION DC 1503 Art. 1.16
AVIS GARE DE :		HEURE :	
LOCALISATION :			
DU KM .....	AU KM .....	DU KM .....	AU KM .....
DU KM .....	AU KM .....	DU KM .....	AU KM .....
DU KM .....	AU KM .....	DU KM .....	AU KM .....
DU KM .....	AU KM .....	DU KM .....	AU KM .....
AVIS CDT	NOM :	HEURE :	
AVIS COGC	<small>PLUS TRANSMISSION DE LA RICHE PAR FAX AU 45 02 43</small>		HEURE :

Fig 57 : Questionnement à dérouler en cas de perte d'adhérence (source SNCF)

Cette fiche de questionnement déroule les questions à poser aux conducteurs. Elle n'inclut pas le fait de demander au conducteur de faire part de ses constatations sur les conditions d'adhérence de son train.

Le conducteur du matin du déraillement a informé le chef de ligne de sa disjonction ayant suivi un enrayage. Il a également prévenu son collègue de l'après-midi sur le fait qu'il avait subi des enrayages. Mais il n'y a pas de trace de cette information, exceptée la mention de "patinage important" dans le bulletin de signalement de la Z152 (Fig 60).

Après le déraillement, en décembre 2021, un seul avis était rempli dans le carnet des AVEN et porte sur un enrayage important le 26 août 2021. Cet AVEN donne l'ordre d'une réduction de vitesse à 50 km/h du pk 14,500 au pk 22,700 situés entre Nyer et Sauto. Cette dépêche a été transmise au train suivant par téléphone. Il trace la demande du chef de ligne au conducteur de faire part de ses constatations sur les conditions d'adhérence de son train (patinages et enrayages). Le conducteur recevant cet AVEN a répondu « aucun enrayage constaté ». Il s'avère qu'aucune alerte n'a alors été remontée au mainteneur de l'infrastructure : le sujet a été clôturé par le chef de ligne.

Ainsi, malgré son occurrence après le déraillement, l'AVEN du 26 août 2021 a été transmis au COGC, au CSSE et à l'astreinte du mainteneur de l'infrastructure mais n'aurait pas fait l'objet d'un traitement formel par les mainteneurs de l'infrastructure et du matériel roulant pour vérifications et si besoin, actions.

Fig 58 : Fiche de questionnement remplie le 26/08/2021 (source SNCF)

Fig 59 : AVEN rempli du 26/08/2021 (source SNCF)

De plus, seuls les signalements d'enrayage important transmis par les conducteurs au chef de ligne sont a priori enregistrés dans le carnet des AVEN, et non les patinages. Ainsi le patinage important ayant eu lieu le jour même du déraillement (cf carnet de bord de la Z152, voir Fig 60 ci-dessous) n'a pas fait l'objet d'une remontée particulière au conducteur ni n'aurait été remonté aux mainteneurs. Certes, il ne s'agit pas de remplir un AVEN mais la problématique d'un enrayage ou d'un patinage est la même : la mauvaise adhérence rail - roue.

En conclusion, le chef de ligne doit transmettre l'information, qui doit parvenir aux mainteneurs de l'infrastructure et du matériel roulant, quel que soit le niveau de l'enrayage rencontré. Puis, s'il s'agit d'un enrayage important, le traitement est évidemment plus profond : avis aux conducteurs suivants et intervention rapide du mainteneur de l'infrastructure. Ce process n'est pas totalement suivi, même après le déraillement.

### 3.12.3 - Les actions du mainteneur de l'infrastructure et/ou du mainteneur du matériel roulant

Le mainteneur du matériel roulant a connaissance des difficultés rencontrées par le matériel roulant et les conducteurs via le bulletin de signalement de conducteur au matériel.

BULLETIN DE SIGNALEMENT		Numéro de l'engin 252 20			
NOM ETABLISSEMENT DATE	TRAIN N° POSTE UTILISE	ANOMALIES CONSTATEES REPARATIONS DEMANDEES	SUITES DONNEES		
		Mise en charge los de graissage robotique (Bolquere)			
25/01	17301	Allumage de pince Defaut technique (Chigotat)			
		Avarie S4			
		Guide P524 Defaut non catique			
		p 527 Sonde cablage			
		PHL rone Avarie sous traction			
		chef de Pigne Avarie			
		De plus Patinage			
		im partant ale FTD			
		8 NTL			
A COMPLETER EN CAS D'ANOMALIE (disjonction, vacma,...)					
UTILISATION		NATURE DU COURANT		CONDITION	
Tract.	Frein	Vi	Continu	Monophasé	Marche Arrêt
	X		X		X km/h
CONDITION CLIMATIQUE		NATURE DU TRAIN		ENDROIT	
		Voyageurs	Marchandises	Lieu	PK
	Bone	X			3
CONDITION D'APPUI		NATURE DU SON		FUIE C.G.	
Avec	Sans	R.A	C.A	Sans	Avec Sans

Fig 60 : Bulletin de signalement de la Z152 du 25/01/2021 (source SNCF)

BULLETIN DE SIGNALEMENT		Numéro de l'engin 152 11			
NOM ETABLISSEMENT DATE	TRAIN N° POSTE UTILISE	ANOMALIES CONSTATEES REPARATIONS DEMANDEES	SUITES DONNEES		
		impasse fil de traction	- voir fiche rose		
	P2	Patat sous traction	Comme dans P05		
			références		
	17301				
	17304	Patinages importants	- VT 2 EXT + VT INT		
	17311	+ Allumage BPLS	self 2 CVS aux HS		
		+ défauts 70 62 14			
		124 224			
		+ double prise en charge à FTB	Ventilateurs RPL		
		Tappet liou et e-tric gare	+ essais avec		
		Application GAA	Baseline OK		
		P524 → 533			
		Les défauts reapparissent			
		BUS élément HS			
		P405			
		Secours p 4003 retour			
		à VVA			
A COMPLETER EN CAS D'ANOMALIE (disjonction, vacma,...)					
UTILISATION		NATURE DU COURANT		CONDITION	
Tract.	Frein	Vi	Continu	Monophasé	Marche Arrêt
					km/h
CONDITION CLIMATIQUE		NATURE DU TRAIN		ENDROIT	
		Voyageurs	Marchandises	Lieu	PK
CONDITION D'APPUI		NATURE DU SON		FUIE C.G.	
Avec	Sans	R.A	C.A	Sans	Avec Sans

Fig 61 : Bulletin de signalement de la Z152 du 19/11/2020 (source SNCF)

Dans le cas où un conducteur a fait remonter un enrayage et où cette remontée a été transmise par le chef de ligne au COGC et au CSSE, ce dernier doit à son tour relayer l'information auprès du secteur voie concerné pendant les heures de service ou des agents d'astreinte en dehors des heures de service. Les réunions périodiques de site, incluant l'exploitant, le mainteneur de l'infrastructure et le mainteneur du matériel roulant, doivent permettre de vérifier ces transmissions d'information.

Une fois l'information transmise, plusieurs actions doivent être entreprises. Une tournée de reconnaissance pour constater l'état du rail selon les déclarations du conducteur de train est réalisée dans les meilleurs délais par le secteur voie ou l'agent territorial d'astreinte. En fonction des défauts constatés, le mainteneur de l'infrastructure est informé du sur-graissage. Si le conducteur détecte une anomalie de graissage sur son train, il inhibe le système de graissage, en suivant le manuel de conduite. Un contrôle visuel des trains graisseurs en exploitation est réalisé : si un engin présente une anomalie, il est rentré en atelier pour réparation et remis conforme. Nous n'avons pas eu connaissance d'un document qui précise ce processus.

Étant donné qu'il n'y a pas eu de signalement via un avis d'enrayage, il n'a pas eu d'action.

### 3.13 - La maintenance du rail

Il existe trois lignes à voie métrique sur le réseau ferré national : le chemin de fer du Blanc-Argent, la ligne de Saint-Gervais-les-Bains-Le-Fayet à Vallorcine et la ligne du Train Jaune. Elles appliquent les règles nationales de SNCF Réseau, telles le référentiel « Tournées de surveillance sur les lignes classiques à  $V \leq 220$  km/h » (MT00312) mais également le seul référentiel national de cadrage (MT03818 « Maintenance des voies à écartement de 1 mètre ») les concernant spécifiquement. À noter que l'organisation et la réalisation de la maintenance de la ligne est complexe du fait de l'absence de mécanisation et de moyens de manutention pour la réalisation des travaux, et de l'absence d'appareils de mesures et de surveillance adaptés aux lignes à voie métrique.

De façon générale, la maintenance de la voie s'effectue par un entretien courant, une maintenance prédictive (systématique, conditionnelle et prévisionnelle), une surveillance par des tournées et une maintenance corrective après défaillance. Les actions de maintenance de la voie étaient bien réalisées le 25 janvier 2021.

#### 3.13.1 - Les tournées

Il existe différentes catégories de tournées ou visites terrain :

- tournées de surveillance périodique de la voie ;
- tournées de surveillance périodique des appareils de voie ;
- tournées de surveillance périodique des rails ;
- tournées de surveillance périodique des abords ;
- tournées de surveillance périodique en train ;
- et d'autres tournées spécifiques (telles que la surveillance des zones sensibles, des tournées de contrôle des passages à niveau, de la surveillance des ouvrages, etc.).

De par leur fréquence plus élevée par rapport aux autres tournées de surveillance des rails (tournées rails, ultra-sons, etc.), les tournées de surveillance périodique constituent un élément fondamental pour la sécurité technique du rail. Il existe deux types de tournées de surveillance périodiques, comme sur le reste du réseau : celles effectuées par les agents des équipes d'entretien de la voie et celles de la responsabilité des dirigeants d'unité voie.

Les **tournées de surveillance périodique de la voie** sont des tournées à vision large, où le rail n'est pas le seul élément vérifié mais également les fontis, les rochers qui menacent, etc. Elles peuvent se faire à pied en cheminant dans la voie ou sur le quai contigu à la voie observée. Dans la mesure du possible, les tournées à pied sont réalisées de jour. Les différentes périodicités et modalités de la surveillance visuelle des rails sont définies selon le référentiel MT00312. Pour le groupe UIC<sup>16</sup> 9 AV auquel le Train Jaune appartient, la tournée voie se fait avec une périodicité de 8 semaines : cette périodicité est bien planifiée et respectée sur au moins les quatre dernières tournées.

Les objectifs principaux des tournées de surveillance périodique de la voie et des appareils de voie sont de :

- Déceler les défaillances qui pourraient se produire (ou évoluer) entre deux opérations de vérifications programmées, et atteindre un niveau de dégradation tel que la circulation normale des trains ne puisse être admise.

---

<sup>16</sup> L'Union internationale des chemins de fer (UIC) est une association internationale représentant au niveau mondial les entreprises ayant une activité dans le domaine du chemin de fer. L'UIC a établi une classification des lignes en fonction des charges de trafic supportées par l'infrastructure ainsi que du type de trafic. Le groupe UIC 1 correspond à des lignes très chargées et, à l'opposé, le groupe UIC 9 correspond à des lignes très faiblement chargées.

- S'assurer que les constituants de la superstructure et leurs assemblages ne vieillissent pas de façon anormale entre deux opérations de maintenance préventive.
- Détecter toute anomalie de l'infrastructure (ouvrages d'art, ouvrages en terre, plateforme, ouvrages hydrauliques, gabarit, position des voies, passages à niveau, etc.) susceptible de compromettre la sécurité des circulations.
- Permettre l'observation de l'ensemble des installations de signalisation et de traction électrique.
- Déclencher des opérations de maintenance.

Lors de la tournée voie, parmi d'autres évaluations à réaliser, la qualité du graissage du rail doit être vue. Mais ce n'est pas formalisé dans le référentiel. Et habituellement, les agents du Train Jaune constatent plutôt un manque de graissage.

La dernière tournée "à pied voie" avant l'accident, et dans cette zone (du pk 27,970 au pk 20,000), a eu lieu le 22/12/2020. C'est une tournée complète. En résultat, seule est mentionnée un composant cassé sur le troisième rail, au pk 20,440. Le reste est noté « sans évolution ». Les tournées précédentes du 22/12/2020 et du 19/08/2020 n'ont pas mentionné de point particulier sur le graissage. La dernière tournée voie d'un dirigeant a eu lieu le 10/11/2020 et ne mentionne rien sur le graissage non plus. L'excès de graisse sur le rail constaté après l'accident (voir chapitre 3.6) aurait également pu être signalé à cette occasion.

La **surveillance des rails** par tournées à pied et examens visuels spécifiques concerne les défauts visibles (fissurants ou non) des rails de voie courante, des joints collés, etc. La tournée rails consiste en un examen attentif des rails et a pour but :

- d'identifier des défauts nouveaux ;
- d'apprécier l'évolution des défauts connus ;
- de s'assurer de la cohérence entre les défauts sur le terrain et ceux enregistrés dans leur système de gestion informatique ;
- de collecter les informations utiles à la préparation des interventions de maintenance (nature et densité des défauts, impact sur les différents composants et sur la géométrie de la voie...).

Cette surveillance des rails doit être effectuée périodiquement voie par voie sur l'ensemble des voies principales, et ce quel que soit le groupe UIC. La périodicité pour le groupe UIC 9 AV à vitesse inférieure à 140 km/h, est de 36 mois ( $\pm$  60 jours). À noter que pour les autres groupes, elle est de 12 mois  $\pm$  60 jours.

La dernière tournée rail sur le Train Jaune avant le déraillement a été réalisée du 11/12/2018 au 14/01/2019, et du pk 19,7 au pk 27,8. Les défauts observés sont des défauts de grande longueur (patinage en continu sur une longueur appréciable) et une fissuration verticale longitudinale du champignon au stade 1. L'excès de graisse sur le rail n'est pas spécifiquement répertorié dans le catalogue des défauts de rail à identifier, mais il aurait pu être signalé à cette occasion.

En conclusion, les tournées de surveillance n'ont pas permis de lancer une alerte particulière sur l'excès de graisse du rail dans un contexte où les signalements de cas d'enrayage/patinage par les conducteurs étaient inexistantes.



### 3.13.2 - Les vérifications aux points témoins de graissage

Le référentiel de “Surveillance des rails posés sur voies principales” (MT02070) décrit la surveillance du graissage des rails. A minima, les tronçons de voies à mettre en surveillance “graissage” sont : les courbes de rayon  $R \leq 1200$  m sur les lignes des groupes UIC 1 à 6 et 7 à 9 AV (excluant donc les groupes 7 à 9 SV), ou les tronçons de voies, quel que soit le groupe UIC, présentant une insuffisance chronique de graissage ou une usure latérale du champignon des rails des files de grand rayon, à évolution rapide. La zone de l'accident (et en amont) correspond a minima au premier critère.

Des **Zones Enveloppes** homogènes en termes de graissage ainsi que des **points témoins de graissage** sont définis par le mainteneur de l'infrastructure, puis saisis et tenu à jour dans leur système de gestion informatique. En cas de besoin, les demandes de modifications du périmètre des voies en surveillance “graissage” (Zones Enveloppes, points témoins de graissage) sont transmises à la division de maintenance des rails qui validera la demande et procédera, le cas échéant, à la rectification correspondante dans l'application.

En définition, une Zone Enveloppe est une zone homogène en termes de trafic et de caractéristiques de la voie, définie par les paramètres : une ligne, une voie, un PK début et un PK fin, et elle comporte au moins un point témoin de graissage. Un point témoin de graissage est un point de prélèvement de la qualité du graissage, appartient à une Zone Enveloppe, et est défini par les paramètres ligne / voie / pk / file de rail et il est repéré sur le rail par son point kilométrique.

Une surveillance du niveau de graissage est effectuée par les agents de SNCF Réseau via une visite des points témoins de graissage selon une périodicité qui ne peut excéder six mois, et qui est fixée en fonction de la récurrence et de la criticité des problèmes (excès ou insuffisance). Au cours de cette visite, une note est attribuée à chacun des points de graissage. Lors du contrôle, le mainteneur apprécie la qualité et la conformité du graissage selon la Fig 22 sur une dizaine de mètres de part et d'autre du point témoin et consigne la note qu'il attribue dans la fiche de contrôle périodique. La note de graissage du point témoin est attribuée selon les critères suivants :

Note	Signification	Critères	Conséquences possibles
<b>S</b>	<i>Graissage Satisfaisant</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'un film lubrifiant.</li> <li>Le flanc actif n'est pas brillant.</li> <li>Il n'y a pas présence de limaille.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le rail de la file haute s'use normalement.</li> </ul>
<b>A</b>	<i>Graissage Acceptable</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le flanc actif est brillant, quel que soit l'état du film lubrifiant.</li> <li>Il n'y a pas présence de limaille</li> </ul>	
<b>I</b>	<i>Graissage Insuffisant</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le flanc actif est brillant.</li> <li>Aucun film lubrifiant n'est constaté.</li> <li>Il y a présence de limaille.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le rail de la file haute s'use anormalement.</li> </ul>
<b>E</b>	<i>Excès de graissage</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'une quantité de graisse trop importante sur la table et/ou sur le flanc de roulement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enrayage</li> <li>Patinage</li> <li>Évolution plus rapide des défauts de fatigue de contact</li> </ul>

Fig 62 : Critères d'attribution des notes, signification et conséquences possibles (source SNCF)

Les notes de graissage, ainsi que la valeur de l'usure latérale, sont saisies dans des fiches de visite. Un reporting du graissage est réalisé tous les six mois par l'établissement de maintenance matériel roulant. Ce reporting est diffusé à la Direction Maintenance et Travaux (DMT), de la zone de production Sud-Est SNCF Réseau. Dans le cas où un point témoin est classé E pour excès de graisse sur la table de roulement, une expertise de la DMT sera diligentée au plus tôt. En effet, il est bien identifié que la présence d'une quantité de graisse trop importante sur la table ou le flanc de roulement, en période chaude notamment, peut conduire à des enrayages.

Initialement, le référentiel MT02070 définit les points témoins de graissage et la périodicité. En complément, il a été mis en place une surveillance supplémentaire à 4 semaines selon le référentiel de maintenance des voies à écartement de 1 mètre (MT03818 – février 2018) : « l'usure des roues des matériels roulants Z100 et Z150 circulant sur la ligne 669000 est très sensible à l'efficacité du graissage des rails. La surveillance des points témoins de graissage doit être réalisée toutes les 4 semaines. ». Lors de la mise en place de cette surveillance supplémentaire, les mêmes points témoins de graissage ont été pris. Les dernières visites périodiques des points témoins de contrôle du graissage ont été le 16/11/2020, le 22/05/2020 et le 26/11/2019. Il s'agit plutôt d'une périodicité de six mois, la périodicité spécifique des 4 semaines n'était pas appliquée. Depuis le déraillement, SNCF Réseau a rectifié en ajoutant d'autres points à vérifier.

La ligne du Train Jaune comprend 12 points témoins de graissage.

> Accueil > Gestion zones témoins de graissage > Modification de la zone témoin de graissage

Unité : UP VOIE Ouest INFRAPOLE Languedoc-Rouss      Secteur DPX : SECT VOIE Perpignan

N° ligne : 669000      Ligne : Ligne de Villefranche-Vernet-Hes-Bains à Labur-de-Carol

Voie : UNIQUE(000-0218, 062+0561)      Libellé : Voie UNIQUE de à Enveitg (1) 0-218/62+561

Numero zone : 5712      Description : De Villefranche vâ Labur de carol

Pk début : 000-0218      Pk fin : 062+0561      Délai de surveillance : 6 mois

Points de graissage      12 point(s) de graissage

Point n°:	Ligne	Voie	File	Pk
1	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	006+0630
2	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	006+0780
3	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	011+0400
4	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	011+0650
5	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	023+0500
6	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	023+0570
7	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	029+0350
8	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	029+0600
9	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	039+0640
10	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	039+0750
11	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	D	052+0700
12	669000	UNIQUE(000-0218, 062+0561)	G	052+0750

Fig 63 : Liste des 12 points de graissage du Train Jaune et leurs pks (source SNCF)

Pour mémoire, le train déraillé s'est immobilisé au pk 21,680 et le Pont Gisclard est au pk 24,442. Les enrayages du train le 25/01/2021 ont eu lieu entre les points n° 7 et n° 4.

Les résultats obtenus lors du dernier contrôle avant l'accident, c'est-à-dire le 16/11/2020 ou le 25/11/2020, sont :

1. pk 6,630, note du graissage = "en excès"
2. pk 6,780, note du graissage = "satisfaisant"
3. pk 11,400, note du graissage = "satisfaisant"
4. pk 11,650, note du graissage = "en excès"
5. pk 23,500, note du graissage = "satisfaisant" = zone du début des enrayages

6. pk 23,750, note du graissage = "satisfaisant"
7. pk 29,350, note du graissage = "satisfaisant"
8. pk 29,600, note du graissage = "satisfaisant"
9. pk 39,640, note du graissage = "satisfaisant"
10. pk 39,750, note du graissage = "satisfaisant"
11. pk 52,700, note du graissage = "satisfaisant"
12. pk 52,750, note du graissage = "satisfaisant"

Le contrôle basé sur le relevé semestriel effectué sur des points test prédéterminés en fonction de particularités du tracé de la voie générant des contraintes sur les essieux n'a pas permis de détecter les excès de graissage identifiés après l'événement. Seuls deux points témoins – en dehors de la zone des enrayages de la Z152 – étaient en excès.

Lorsqu'un point témoin de graissage est constaté en excès, une expertise de la DMT est diligentée au plus tôt. En attendant cette expertise, la circulation ferroviaire n'est pas arrêtée mais, suite aux constatations réalisées par la maintenance voie, une communication est faite auprès de l'établissement mobilités du Train Jaune (EMTJ) et de l'établissement infrastructure circulation (EIC), permettant une prise en compte par les services chargés de la maintenance du matériel roulant de revoir les réglages des graisseurs. Certains excès de graisse peuvent être résorbés ponctuellement et manuellement par les agents de la voie.

Le nettoyage du rail ne peut pas se faire par une machine, une telle machine n'existant pas pour un rail d'écartement métrique. Le passage de trains non graissants est considéré suffisant par SNCF Voyageurs et SNCF Réseau pour enlever la graisse<sup>17</sup>. Cependant, par rapport à un rail propre, l'huile de graissage sur la table de roulement du rail réduit le coefficient d'adhérence, de façon corrélée à la quantité d'huile présente<sup>18</sup>. De nombreux facteurs influençant l'adhérence, nous n'entrerons pas dans des explications détaillées ici. Enfin, de par sa viscosité, une huile ne peut totalement être poussée hors de la table de roulement et laisser le rail propre. Habituellement, le nettoyage du rail est effectué par du lavage à haute pression, du brossage, voire du sablage.

À noter que le nettoyage au dégraissant et au chiffon tel qu'il a été réalisé après le déraillement sur 5890 mètres de voie n'est pas une action pratiquée usuellement, elle correspond à une action ponctuelle corrective forte.

En synthèse, différentes tournées et la vérification aux points témoins de graissage évaluent l'état du rail. Aucune n'a soulevé de problématique particulière liée à de la graisse sur la table de roulement alors qu'après le déraillement, 5890 mètres de rail ont dû être nettoyés de façon intensive. Le nettoyage est restreint à l'organisation de passages de trains non graissants. Sur le Train Jaune, le graissage du rail est connu, non pas pour son risque d'excès, mais plutôt pour les problèmes d'usure posés par son insuffisance.

### **3.13.3 - La formation des agents de voie**

Les agents suivent une formation initiale commune au centre de formation SNCF. Elle leur permet d'intervenir sur tout RFN. Un module spécifique leur est dispensé sur le Train Jaune du fait d'une caractéristique atypique, pour obtenir l'habilitation particulière au troisième rail. Régulièrement, un contrôle des agents est effectué par leur hiérarchie.

---

17 Il est considéré que la forme du contact entre le rail et la roue permet de chasser et évacuer la graisse sur les côtés du rail au passage du train.

18 « Adhesion in the wheel-rail contact », Yi Zhu (2013), Doctoral thesis, Department of Machine Design, Royal Institute of Technology, Stockholm, ISSN 1400-1179.

Suite à l'introduction des Z150 sur la ligne, les équipes ont dû faire face à des usures prématurées du rail et des manques de graissage. La sensibilisation s'est donc faite sur le manque de graisse et non l'excès.

### 3.14 - Les contraintes apportées par le matériel roulant

En préambule, la maintenance de la Z152 a été vérifiée et respecte le plan de maintenance préventif. Nos investigations ont plus particulièrement porté sur le système de graissage du rail que le matériel roulant apporte à la voie.

#### 3.14.1 - Le fonctionnement des graisseurs de rail et de boudin

Le graissage, présenté au chapitre 2.6.5, a pour objectif de faciliter l'inscription des bogies dans les rayons de courbes réduits de la voie. En 2010, les Z100 et les Z150 ont subi une usure prématurée des essieux du fait d'une insuffisance de graissage. Le graisseur de boudin des Z150 n'est pas auto-suffisant compte tenu du profil de la ligne et de son mode de fonctionnement. Les Z100 sont décrites comme plus fluides, s'inscrivant mieux que les Z150, qui elles crissent fortement dans les courbes serrées. Sans être optimal, le graissage résout partiellement cette problématique.

#### Graissage des rails par les Z100

Une partie des Z100 qui composent le parc sont équipées de graisseurs de rails. Le déclenchement du graissage se fait mécaniquement en situation de courbe. Le réservoir est d'une contenance de 27 litres. Des témoignages, le réservoir se vide rapidement : au-delà de la gare de Mont-Louis, il serait habituellement vide.

L'huile utilisée pour le graissage de rail est celle utilisée par SNCF Voyageurs pour l'ensemble de son matériel roulant, elle n'a pas évolué ces dernières années.

À la suite de l'événement, il est constaté le dérèglement des buses sur les quatre graisseurs de rail équipant les deux Z100 graisseurs en service (Z108 et Z113).



Fig 64 : Remise en position nominale du support et de la buse d'éjection sur une roue de la Z108, avec l'aide du calibre de réglage (source SNCF)

La fiche de visite des graisseurs de rails de roulement indique les contrôles et les réglages à réaliser sur ce composant par le service technique du matériel roulant. Un calibre de réglage permet de vérifier la position de l'éjecteur. Une entretoise permet si besoin de régler cette position. La vérification de la bonne orientation des buses se fait de manière visuelle, lors des examens mécaniques sur fosse, à une périodicité de 37 jours.

Le phénomène de graissage excessif du rail a fait l'objet de plusieurs actions ces dernières années, dont l'adaptation du guidage des Z100 pour améliorer la cible du graissage de rail.

De plus, le graisseur de rail est composé d'un support, d'un flexible et d'un éjecteur à proprement parler (nous ne nous focalisons pas sur la tuyauterie, la pression d'air ou le dispositif de commande). Le flexible est assez mobile (cf. comparaison entre Fig 65 et Fig 66). Sous l'effet de vibrations et des mouvements dynamiques du matériel roulant, on peut aisément supposer que les éjecteurs peuvent projeter le lubrifiant de graissage sur une zone plus large que prévu, dont la zone supérieure du rail.



**Fig 65 : Graisseur de rail installé sur une Z100 en position normale**  
(photo BEA-TT)



**Fig 66 : Graisseur de rail installé sur une Z100 avec angle d'inclinaison maximal du flexible**  
(photo BEA-TT)

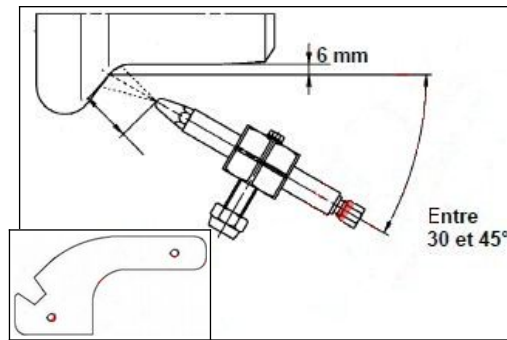
Les graisseurs de rail sont en cours de remplacement par des graisseurs de boudin.

### **Graissage de boudin par les Z150**

Le principe du graissage du boudin repose sur la pulvérisation de graisse sur le boudin. Lorsque le train se trouve en courbe, le boudin entre en contact avec la file extérieure et la graisse accumulée se dépose sur le flanc actif du champignon. Lorsque les courbes sont très longues, la réserve de graisse accumulée peut être insuffisante pour lubrifier de façon satisfaisante l'ensemble de la courbe. Cela se produit notamment lorsque l'état de graissage initial est faible.

La vérification de la bonne orientation des buses se fait de manière visuelle à l'aide d'un calibre lors des examens mécaniques sur fosse à une période de 37 jours.

Il s'agit, après avoir nettoyé la zone, de vérifier que l'impact de l'huile se situe au bas de la face active du boudin : si l'impact est hors tolérance alors il faut régler le porte buse. Il faut également vérifier, et si besoin remonter, le niveau d'huile dans les réservoirs. Le jour de l'accident, les graisseurs de boudin des rames Z150 ne présentaient aucune anomalie.



**Fig 67 : Réglage graisseur de boudins des Z150 et calibre** (source SNCF)

Le phénomène de graissage excessif du rail a fait l'objet de plusieurs actions depuis 2010 dont l'abaissement des fréquences des graisseurs de boudins.

Le lubrifiant utilisé pour les graisseurs de boudins, auparavant fourni par le constructeur Stadler, est depuis novembre 2021 une nouvelle huile de la référence standard homologuée SNCF, pour des raisons économiques. Les effets de l'amélioration sur la Z151 en circulation sont à l'étude par SNCF Voyageurs.

### **3.14.2 - Le sablage**

Il a été constaté par la SNCF que la conduite d'alimentation de la sablière de l'essieu 3 côté gauche est perforée de façon récente, sans pouvoir identifier si l'arrachement est antérieur ou postérieur au déraillement. Étant donné les nombreuses détériorations en partie basse de la Z152, il est complexe d'identifier si les sablières étaient toutes en bon état de fonctionnement.

Par ailleurs, sur toute la longueur des zones expertisées par la SNCF, du sablage est observé, uniquement sur la file droite que ce soit en alignement, en courbe à gauche ou à droite, et quel que soit le rayon. Le conducteur a précisé que, du fait des barrières le long du quai à gauche à la gare de Latour-de-Carol, il ne peut pas à sa prise de service vérifier et remplir les sablières côté gauche de la Z152.

Il est donc possible qu'une sablière parmi les deux actives dans le sens de circulation n'ait pas été en capacité d'amener du sable sur le rail afin de redonner de l'adhérence au contact rail-roue. Toutefois, le conducteur témoigne qu'il a réussi à récupérer plusieurs fois l'adhérence en freinant en rhéostatique et en sablant.

Avec ou sans sablage, en appliquant le freinage maximal via le freinage d'urgence, le conducteur aurait normalement obtenu un bien meilleur freinage qu'avec le seul freinage électrique. Le facteur causal de l'accident n'est pas tant l'impact du sablage du freinage que la gestion tardive d'une vitesse qui augmente dans un contexte d'enrayage répétitif. La problématique concernant le sablage sur une seule file de rail est principalement celle de coefficients d'adhérence différents entre les deux files, induisant potentiellement un risque de mise en crabe d'un essieu et donc des frottements sur les bords intérieurs des rails, si ce n'est un déraillement.

### **3.14.3 - Le contrôle de la survitesse sur le matériel roulant Z150**

Sur les Z150, quand la vitesse atteint un seuil maximum alors que le manipulateur traction-freinage est en position de traction, l'effort de traction est annulé. De même sur une position de freinage électrique, l'effort de freinage est augmenté de façon à éviter de dépasser cette vitesse. Puis, si ce seuil de vitesse est dépassé de 10 %, la fonction survitesse de la centrale tachymétrique actionne le freinage d'urgence.

Le paramètre de survitesse a été réglé sur 80 km/h pour les Z150. Or sur le Train Jaune, nous avons vu que l'exploitation autorise une vitesse maximale de 50 km/h et dans la zone du déraillement, cette limitation est réduite à 30 km/h. Cette vitesse de déclenchement avait été choisie à l'origine en anticipant une amélioration de l'infrastructure de la ligne avec la possibilité d'atteindre la vitesse maximale des rames Z150 de 80 km/h (sur la partie de la ligne située sur le plateau). La limite de vitesse au-delà de laquelle le freinage d'urgence s'enclenche automatiquement est donc inadaptée à la ligne du Train Jaune.

La gestion de la survitesse repose donc ici uniquement sur le conducteur, sans boucle de rattrapage.

À noter que les véhicules Z150 sur la ligne du Train Jaune ont été homologués en décembre 2004, sur la base de dossiers techniques de sécurité fournis par la SNCF à Réseau Ferré de France. Puis le contrôle de cette ligne a été pris en charge par l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF) à sa création en 2006 et enfin en 2019, il a été transféré au STRMTG. Étant donné ces changements depuis l'autorisation de circulation des Z150 et le passage sous le régime du décret STPG, il ne sera pas fait d'évaluation du process d'homologation. Toutefois, dans le cadre de la fourniture de nouveaux matériels roulants, une attention du système dans sa globalité est apportée via l'application du décret STPG (évaluation des gestes de conduite, impact du matériel sur l'usure de l'infrastructure, etc.).

### **3.15 - Les actions correctives apportées après l'accident**

Immédiatement après le déraillement et sur la base de l'analyse de l'accident de SNCF Réseau en tant que chef de file, des observations et conclusions de la Direction Audit et Sécurité de la SNCF, complétées par celles du Pôle Expertise Voie de SNCF Réseau, plusieurs actions ont été décidées et mises en œuvre :

- Avant reprise de l'exploitation, une description de l'incident auprès de tous les conducteurs de la ligne a été effectuée afin de leur faire partager les enseignements à en tirer. Elle a été suivie d'un accompagnement systématique des conducteurs sur la première semaine par l'encadrement Traction (sur des Z100 car seules automotrices en circulation à ce moment-là).
- Des rappels à l'oral ont été effectués auprès des conducteurs sur les différences entre patinage et enrayage et les gestes métiers associés, avec un point particulier sur la notion d'enrayage important. Un rappel a également été fait sur les signalements à effectuer auprès du chef de ligne pour déclencher les mesures propres à l'infrastructure.
- Le réglage de l'ensemble des graisseurs sur les Z100 en circulation a été réalisé, ainsi qu'une vérification que le lubrifiant utilisé n'a pas fait l'objet d'une modification de qualité ces derniers mois.  
Nota : la rame Z151 restante n'est revenue en circulation qu'une fois terminées ses opérations de maintenance, mi-2021.
- Une évaluation a été menée par SNCF Réseau quant à l'état du rail après les premières circulations Z100 de reprise.

D'autres actions ont été mises en œuvre dans les semaines suivant l'accident :

- Affirmer l'usage du frein pneumatique en complément du frein électrique quand celui-ci est insuffisant.

- Enrichir la réponse pédagogique de formation aux éléments automoteurs électriques Z150 afin de bien mettre en avant les éléments suivants :
  - interdire l'utilisation du dispositif d'anti-patinage en phase d'enrayage,
  - illustrer l'efficacité d'un freinage d'urgence par l'organisation d'un exercice pratique en ligne,
  - définir une gestuelle adaptée aux éléments automoteurs électriques Z150 en cas d'enrayage.

Concernant le matériel, les observations sur les quatre Z100 en service ont fait ressortir un mauvais réglage sur la Z108 et la Z113 (voir chapitre 3.14.1). La vérification de la bonne orientation des buses se fait de manière visuelle, lors des examens mécaniques sur fosse, à une périodicité de 37 jours. Des réflexions sont donc menées afin d'éviter les erreurs de réglages. Elles porteront notamment sur une étude des possibilités suivantes :

- Modification de l'ITM 40001 (inventaire des travaux de maintenance) par le remplacement de l'examen visuel par un contrôle de la bonne orientation des buses et de l'éjection de l'huile sur le rail avec l'outillage.
- Revoir la fréquence de graissage des Z150 dont la distance est comprise entre 250 et 700 mètres par linéaire de tours de roue.

De plus, sur les Z100, la modification technique des systèmes de graissage de rail en graisseur de boudin est engagée avec la Z104 comme prototype. La mise au point du nouveau système est en cours de réalisation. La date fixée pour équiper les engins en service commercial était la fin du 3<sup>e</sup> trimestre 2022. Il s'agit du même éjecteur que pour les Z150, tout en gardant le lubrifiant initial. Placé plus haut par rapport au plan de roulement, le système de graisseur de boudin subit moins de dérèglages provoqués par la végétation et des déchets rencontrés sur la voie. Son montage rigide lui permet d'obtenir un impact très précis de la pulvérisation, dont la volumétrie est maîtrisée par une pompe. Ces caractéristiques permettent de réduire significativement la quantité de lubrifiant pulvérisée.

À son retour, le conducteur accidenté a été repris en formation, puis a recommencé la conduite en binôme. Suivi par son dirigeant de proximité, le conducteur a été ré-évalué positivement, en s'assurant de la bonne prise en compte du frein pneumatique et des freinages d'urgence.

Concernant la surveillance et la maintenance du rail, la périodicité théorique de 8 semaines préconisée dans le référentiel MT00312 a été ramenée par SNCF Réseau à 6 semaines.

SNCF Réseau dispose d'un schéma de maintenance qui identifie les tournées de surveillance de l'état de graissage du rail. Des traçabilités sont prévues dans les outils de suivi mais restent à fiabiliser sur cette ligne.

De plus, SNCF Réseau étudie une planification de cette surveillance afin d'améliorer la qualité globale, y compris la vigilance des points témoins de graissage. SNCF Réseau prévoit également la mise en œuvre d'une tournée spécifique annuelle avec un expert Rail pour la réalisation de contrôles et de monitorats (formation continue).



Des actions à moyen terme ont également été identifiées :

- Examiner les procédures de signalement d'enrayage et de patinage en vigueur sur la ligne. Mise en œuvre des process plus en accord avec les spécificités de la ligne et notamment les signalements des difficultés rencontrées par les conducteurs.
- Confronter cet examen avec les remontées des tournées du mainteneur de l'infrastructure afin d'harmoniser les constats terrain et cibler les opérations de nettoyage préventif et de réglage des graisseurs sur les machines.
- Sensibiliser les équipes de maintenance réalisant les tournées de surveillance.  
Un item relatif aux mesures de patinage/enrayage sera inscrit au plan d'actions unique du rapport annuel de la sécurité de l'exploitation de 2021.
- Des points témoins de graissage ont été ajoutés sur la ligne du Train Jaune.
- Étudier avec le constructeur Stadler des deux rames Z150 l'abaissement du seuil de déclenchement automatique du freinage d'urgence (actuellement 80 km/h) à la vitesse plafond de la ligne du Train Jaune.

### 3.16 - Les observations sur site en novembre 2021

Le BEA-TT a effectué une visite sur la ligne du Train Jaune en novembre 2021 par temps de pluie. À cette occasion, il a pu être constaté en amont du tunnel de La Castagnol de la graisse remontant sur la table de roulement du rail. Un nettoyage rapide a été effectué afin de visualiser l'état escompté de la table de roulement. Cette information a été transmise à l'Infrapole.



**Fig 68 : À l'entrée du tunnel de La Castagnol, fin novembre 2021 : rail de circulation en l'état / même rail après nettoyage rapide (photos BEA-TT)**

La sensibilisation prévue des équipes de maintenance réalisant les tournées de surveillance n'a pas conduit à améliorer la surveillance du graissage de la table de roulement.

Ce jour-là, le remplacement des graisseurs de rail par des graisseurs de boudins sur les Z100 débutait.

Certaines améliorations annoncées au chapitre précédent sont donc à initier ou à renforcer.

## 4 - Déroulement de l'accident

Le 25 janvier 2021, en fin de journée, le Train Express Régional n° 23006 circule depuis la gare Latour-de-Carol en direction de son terminus la gare de Villefranche – Vernet-les-Bains. Cette automotrice, n° 152 de type Z150, ne transporte pas de voyageurs. Seuls sont présents à bord le conducteur et le contrôleur.

À partir du pont Gisclard, un brouillard intense enveloppe la ligne dans la descente des gorges de la Têt. À partir de ce point, de multiples zones sont en excès de graissage sur la table de roulement du rail. Cet excès provient des matériels roulants et de leur système de graissage du rail ou du boudin de la roue. Le train Z152 subit plusieurs enrayages que le conducteur gère via des actions de freinage électrique puis des actions sur les boutons-poussoirs de sablage et d'anti-patinage. Il juge que cette "méthode" fonctionne et poursuit ses actions de correction de l'enrayage toujours de la même manière. La vitesse du train augmente. Un dernier enrayage a lieu à vitesse élevée. Le conducteur applique les mêmes gestes que précédemment mais cela ne lui permet pas de récupérer l'adhérence. Il n'utilise pas le freinage pneumatique : il est probablement dans un effet de "tunnélisation". Le train se présente à l'entrée du tunnel de La Castagnal, dans une courbe à droite, avec une vitesse qui atteint 56 km/h.

Le train subit un délestage des roues côté droit, bascule, heurte les supports du troisième rail juste avant d'entrer dans le tunnel et touche en partie haute côté gauche la paroi du tunnel. Il déraile. Puis il heurte plus loin le troisième ancien support électrique, et les suivants. Le train retombe en position verticale avant la fin du tunnel.

Le conducteur déclenche le freinage d'urgence dans le tunnel. Le train s'immobilise en voie 99 mètres après la sortie du tunnel de La Castagnal, sur le côté gauche de la voie. Il est 17 h 38. Cet arrêt est certainement le résultat combiné du freinage d'urgence (via l'essieu moteur non déraillé) et du ripage des essieux qui ont déraillé sur le ballast. En effet, le second essieu sur le premier bogie et les deux essieux du bogie arrière ont déraillé.

Le conducteur et le contrôleur ne sont pas blessés mais sous le choc.

Le train présente des impacts sur le haut de la caisse, sur le flanc et au niveau du bas de caisse, côté gauche. Le déraillement provoque la coupure d'urgence électrique de la ligne. Un impact sur la voûte du tunnel de La Castagnal est observé, la voie est abîmée (le rail d'alimentation électrique, un support de troisième rail, quelques traverses et des isolateurs).

À la suite de l'évènement, l'exploitation de la ligne a été arrêtée.

Les opérations de relevage du train ont été compliquées du fait d'un accès difficile à cette zone. Puis le train Z152 accidenté a été rapatrié au dépôt en remorquage-poussage par des automotrices Z100.

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

### 5.1 - L'arbre des causes

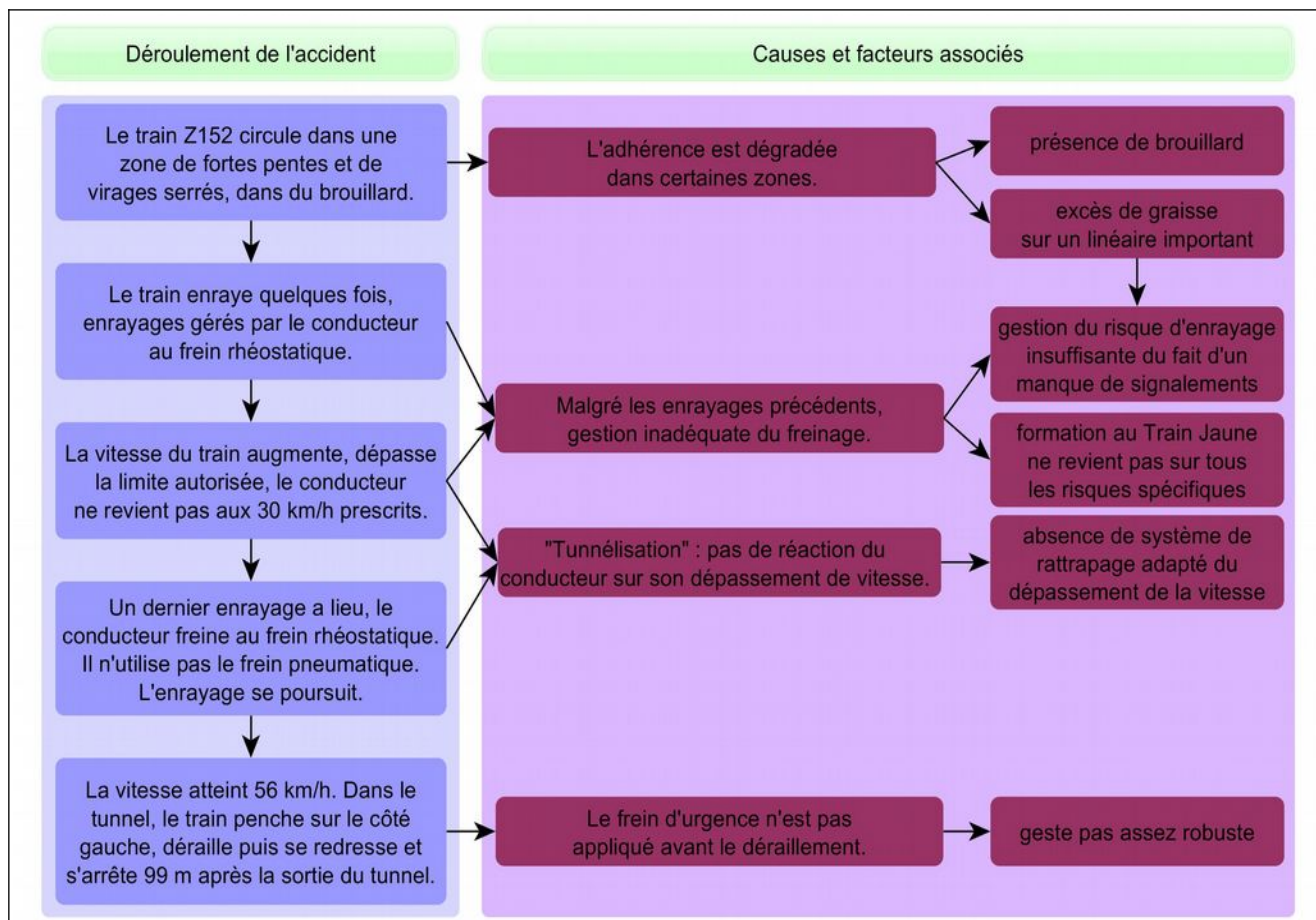


Fig 69 : Arbre des causes

### 5.2 - Les causes de l'événement

Le 25 janvier 2021, lorsqu'il descend de Mont-Louis à Fontpédrouse, le conducteur du train n° 23006 entre dans une zone de brouillard, subit des pertes d'adhérence et il reste en excès de vitesse à partir du Pont Gisclard. À vitesse élevée, dans une courbe et à l'entrée du tunnel de La Castagnal, l'automotrice Z152 bascule sur le côté gauche, prend appui sur le côté du tunnel, déraile, se redresse et s'arrête 99 mètres après la sortie du tunnel.

La cause première du déraillement est la survitesse du train Z152 dans une courbe.

Les investigations ont identifié plusieurs facteurs contributifs :

- la gestuelle inadaptée du conducteur ;
- l'excès de graisse sur la table de roulement du rail, sur un linéaire important de la ligne ;
- le déficit de gestion du risque d'enrayage par manque de remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages.

### 5.3 - Le comportement de conduite du conducteur

À partir du pont Gisclard, lors de la descente vers Fontpédrouse, le conducteur subit des enrayages. Sa gestuelle est inadaptée lors de telles situations : il n'effectue pas de rupture du pic de vitesse ou de modérabilité de la vitesse, pas d'usage du frein pneumatique, un usage tardif du freinage d'urgence et un mauvais geste de remise de traction. Probablement prisonnier d'un effet de "tunnélisation", avec des connaissances peu consolidées quant au comportement à avoir en enrayage, doublé d'une confusion possible entre les types de conduite des deux matériels, ses actions ne correspondent pas au mode de freinage adapté pour une Z150. Le BEA-TT émet ainsi la recommandation suivante.

**Recommandation R1 à l'attention de SNCF Voyageurs :**

**En formation des conducteurs, insister sur les risques spécifiques de cette ligne (fortes pentes, problématique de graissage, conditions météorologiques, etc.) et l'entériner dans la réponse pédagogique. Rendre robustes les réflexes de conduite, adaptés à ces risques, en particulier la gestuelle de conduite en cas d'enrayage.**

Suite à cet accident, il a été constaté que le seuil de vitesse au-delà duquel les Z150 enclenchent un freinage d'urgence est de 80 km/h. La raison du choix de la valeur de vitesse limite n'a pu être déterminée, ce paramètre ayant été approuvé lors de l'homologation des véhicules sur cette ligne. Au vu du profil de ligne, une action possible pourrait être d'équiper la ligne avec une balise avec deux seuils de vitesse 30 km/h et 50 km/h. Cette limite de survitesse n'a pas été réglée pour le cas de la ligne du Train Jaune, puisque la vitesse de 80 km/h n'y est jamais permise. Le BEA-TT émet ainsi la recommandation suivante.

**Recommandation R2 à l'attention de SNCF Voyageurs :**

**Sur les Z150, étudier l'abaissement du seuil de déclenchement automatique du freinage d'urgence (actuellement 80 km/h) en l'adaptant aux vitesses maximales autorisées de la ligne. Demander pour les matériels roulants qui remplaceront à l'avenir les Z150 sur le Train Jaune, un seuil de vitesse limite déclenchant un freinage d'urgence aux vitesses maximales autorisées de la ligne.**

De façon générale, *le BEA-TT invite le STRMTG à vérifier la présence d'une analyse spécifique dans les projets concernant les nouvelles lignes de transports guidés pour lesquelles la pente et les courbes peuvent présenter des risques, ainsi que les mesures de couverture associées.*

### 5.4 - Le graissage du rail

Graisser le rail est nécessaire pour tout système ferré dont la ligne présente des courbes, mais l'application du graissage doit absolument se faire sur le côté du rail en évitant les projections sur la table de roulement.

Des modifications ont été engagées par SNCF Voyageurs sur les matériels Z100 : les graisseurs de rail sont en cours de remplacement par des graisseurs de boudins.

**Recommandation R3 à l'attention de SNCF Voyageurs :**

**Poursuivre l'amélioration du système de graissage du rail par les Z100, en achevant l'installation des graisseurs de boudins.**

Lors de la vérification complète de l'état du graissage du rail sur la ligne dans les zones de plus fortes pentes de la ligne du Train Jaune, SNCF Réseau a identifié un linéaire cumulé de 5890 mètres de rail en excès de graissage. Le contrôle des points témoins encadrants la zone des enrayages est bon mais donne une image très ponctuelle et non représentative de l'état de l'ensemble de la table de roulement. De plus, l'identification de la problématique de graissage via les différentes tournées de voie ou rail pose question. Le BEA-TT émet ainsi la recommandation et l'invitation ci-dessous.

**Recommandation R4 à l'attention de SNCF Réseau :**

**Améliorer la qualité de mise en œuvre des dispositifs existants pour la surveillance de l'état de graissage du rail sur la ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol et les adapter si nécessaire :**

- Identifier quelle tournée de surveillance doit vérifier l'état de graissage du rail.
- Améliorer la détection des excès de graissage lors des tournées.
- Améliorer la traçabilité du suivi des tournées afin d'analyser l'évolution du graissage par les matériels roulants.
- Statuer sur l'application de la surveillance à 4 semaines, au regard de la périodicité de principe donnée par le référentiel de maintenance des voies à écartement de 1 mètre.

En complément, *le BEA-TT invite SNCF Réseau à étudier l'ajout d'un ou plusieurs points témoins de graissage, entre le pont Gisclard et la gare de Fontpédrouse.*

La qualité de l'adhérence du contact rail-roue est un élément fondamental du système ferroviaire. Pour éviter un enrayage, le nettoyage du rail est indispensable. Sur le Train Jaune, l'excès de graisse sur la table de roulement du rail est "nettoyé" par le passage de trains non graissants et cette pratique est considérée comme suffisante par SNCF Réseau pour enlever la graisse étalée sur le rail. Toutefois, étant donné l'accident et l'état du rail observé en novembre 2021 par rapport à une table de roulement propre, et étant donné la méthode de nettoyage en correctif et l'absence de nettoyage préventif, le BEA-TT émet donc la recommandation suivante.

**Recommandation R5 à l'attention de SNCF Réseau :**

**Sur la ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol, conduire une réflexion sur la transposition des règles de nettoyage du rail existant sur le Réseau Ferré National, que ce soit en maintenance préventive ou corrective afin d'améliorer le nettoyage.**

De plus, bien que ceci ne soit pas un facteur causal du déraillement, le fait de ne pouvoir sabler que d'un seul côté d'un train crée le risque de mise en crabe et l'usure des bords intérieurs des rails si une roue glisse et l'autre, sablée, récupère l'adhérence. C'est pourquoi *le BEA-TT invite SNCF Voyageurs à améliorer le process complet de remplissage des sablières.*

## **5.5 - Les remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages**

Une alerte doit être faite au chef de ligne par les conducteurs, que ce soit un simple enrayage ou un enrayage important. Le traitement est ensuite différent. Ce sont des précurseurs à utiliser. Le rôle des conducteurs dans la remontée d'informations est prépondérant, tout comme celui du chef de ligne. De plus, la notion d'enrayage important est à calibrer proprement, sans attendre le niveau d'enrayage conduisant à un déraillement pour lancer une alerte. Le BEA-TT émet donc la recommandation suivante adressée au chef de file en tant que pilote ainsi qu'à l'entité coopérante.

**Recommandation R6 à l'attention de SNCF Réseau et SNCF Voyageurs :**

**Sur la ligne reliant Villefranche – Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol, améliorer le processus de signalement et de traitement des enrayages, et notamment :**

- **Systématiser la remontée d'informations par les conducteurs aux chefs de ligne en cas d'enrayage et de patinage, qui eux-mêmes transmettent aux mainteneurs de l'infrastructure et du matériel roulant.**
- **S'assurer que la définition d'enrayages « importants » est correctement appréhendée par les conducteurs et les chefs de ligne et améliorer leurs traitements. Préciser quelles actions sont attendues des mainteneurs une fois informés.**
- **Renforcer la communication entre les différentes entités d'exploitation, de maintenance de la voie et de la maintenance du matériel roulant.**
- **S'assurer que ces nouvelles mesures sont prises en compte de façon fiable et auditable.**

## 6 - Conclusions et recommandations

Le 25 janvier 2021, en fin de journée, le Train Express Régional n° 23006 circule depuis la gare Latour-de-Carol en direction de son terminus la gare de Villefranche – Vernet-les-Bains. Cette automotrice, n° 152 de type Z150, ne transporte pas de voyageurs. Seuls sont présents à bord le conducteur et le contrôleur. Le début du parcours s'effectue sans particularité.

À partir du pont Gisclard, un brouillard intense enveloppe la ligne dans la descente des gorges de la Têt. À partir de ce point, de multiples zones sont en excès de graissage sur la table de roulement du rail. Cet excès provient des matériels roulants Z100 et de leur système de graissage du rail. Le train Z152 subit plusieurs enrayages que le conducteur gère via des actions de freinage électrique puis des actions sur les boutons-poussoirs de sablage et d'anti-patinage. Il juge que cette "méthode" fonctionne et poursuit ses actions de correction de l'enrayage toujours de la même manière. La vitesse du train augmente. Un dernier enrayage a lieu à vitesse élevée. Le conducteur applique les mêmes gestes que précédemment mais cela ne lui permet pas de récupérer l'adhérence, il n'utilise pas le freinage pneumatique : il est probablement dans un effet de "tunnélisation". Le train se présente à l'entrée du tunnel de La Castagnal, dans une courbe à droite, à la vitesse de 56 km/h.

Le train subit un délestage des roues côté droit, bascule, heurte les supports du troisième rail juste avant d'entrer dans le tunnel et touche en partie haute côté gauche la paroi du tunnel. Il déraile. Puis il heurte plus loin le troisième ancien support électrique, et les suivants. Le train retombe en position verticale avant la fin du tunnel.

Le conducteur déclenche le freinage d'urgence dans le tunnel. Le train s'immobilise en voie 99 mètres après la sortie du tunnel de La Castagnal, sur le côté gauche de la voie. Il est 17 h 38. Cet arrêt est certainement le résultat combiné du freinage d'urgence (via l'essieu moteur non déraillé) et du ripage des essieux qui ont déraillé sur le ballast. En effet, le second essieu sur le premier bogie et les deux essieux du bogie arrière ont déraillé.

Le conducteur et le contrôleur ne sont pas blessés mais sous le choc. Le train présente des impacts sur le haut de la caisse, sur le flanc et au niveau du bas de caisse, côté gauche. Le déraillement provoque la coupure d'urgence électrique de la ligne. Un impact sur la voûte du tunnel de La Castagnal est observé, la voie est abîmée (le rail d'alimentation électrique, un support de troisième rail, quelques traverses et des isolateurs). À la suite de l'évènement, l'exploitation de la ligne a été arrêtée.

La cause première du déraillement est la survitesse du train Z152 dans une courbe.

L'excès de vitesse est dû à la difficulté du conducteur à maîtriser la vitesse à la suite de plusieurs enrayages en zone de forte pente.

Les investigations ont identifié plusieurs facteurs contributifs :

- le comportement inadapté de conduite du conducteur.
- l'excès de graisse sur la table de roulement du rail, sur un linéaire important de la ligne.
- le déficit de gestion du risque d'enrayage par manque de remontées d'informations des incidents en ligne consécutifs aux patinages et enrayages.

En conséquence, le BEA-TT formule des recommandations relatives à la formation des conducteurs, à la remontée d'informations aux mainteneurs de l'infrastructure et du matériel roulant par les conducteurs et les chefs de ligne, au système de graissage, à la valeur de vitesse déclenchant un freinage d'urgence sur les Z150 et au contrôle et l'entretien de l'état du rail.



# ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Plan détaillé de la ligne du pk 25,222 au pk 20,590

Annexe 3 : Règlement général de protection des données

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

La Directrice par intérim

La Défense, le

27 JAN. 2021

### DECISION

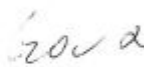
La directrice du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le Code des transports et notamment les articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 relatifs, en particulier, à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport terrestre ;

Vu les circonstances du déraillement d'un train survenu le 25 janvier 2021 à Fontpédrouse sur la ligne reliant Villefranche-Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol (66) ;

décide

**Article 1:** Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-2 et R. 1621-22 du Code des transports concernant le déraillement d'un train survenu le 25 janvier 2021 à Fontpédrouse sur la ligne reliant Villefranche-Vernet-les-Bains à Latour-de-Carol dans les Pyrénées-Orientales.

  
\_\_\_\_\_  
Marie-Thérèse GOUX

## Annexe 2 : Plan détaillé de la ligne du pk 25,222 au pk 20,590

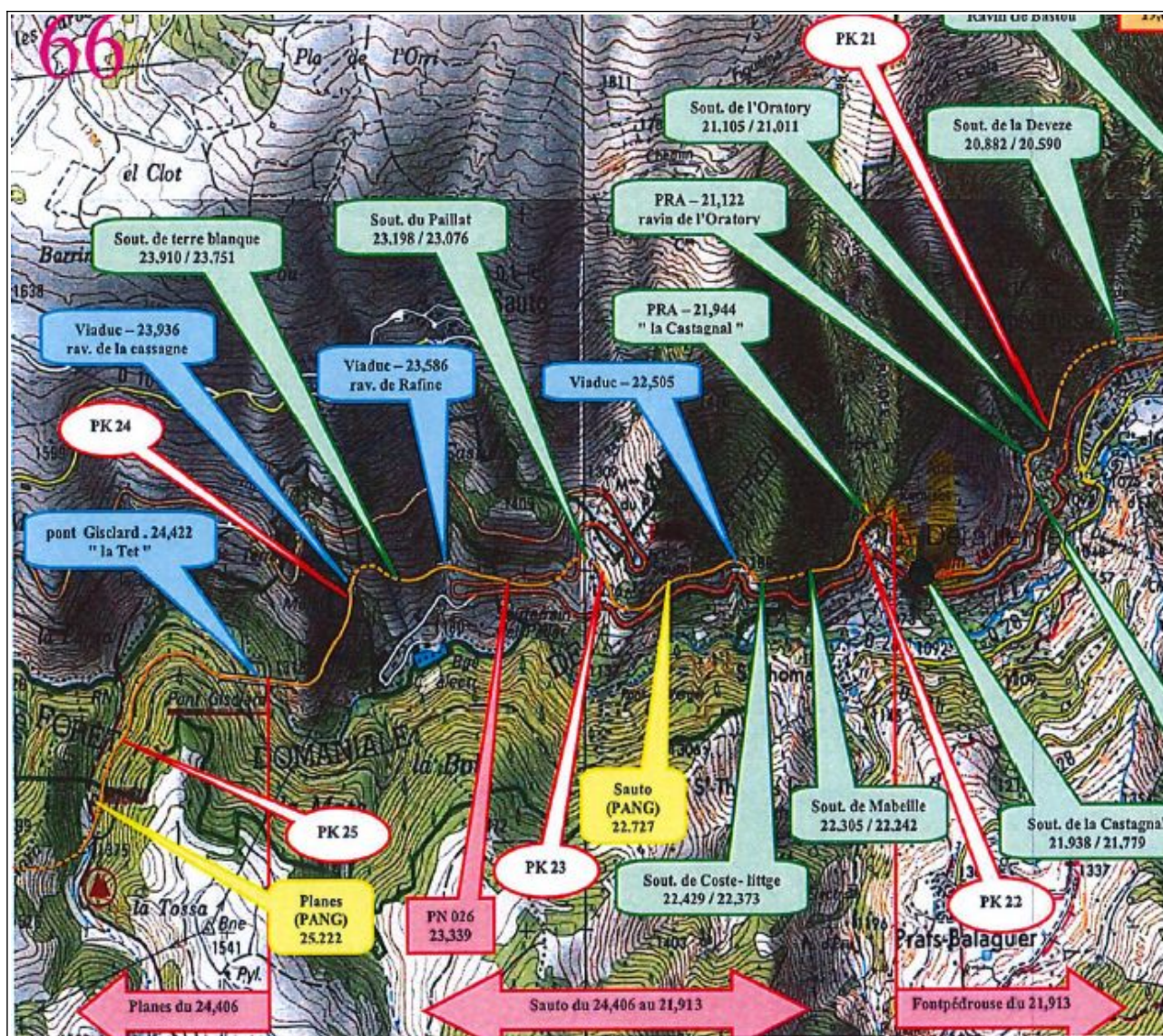


Fig 70 : Extrait du plan de la ligne avec identification des points kilométriques, des ouvrages, arrêts et passage à niveau (source SNCF)

## Annexe 3 : Règlement général de protection des données

Le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) est investi d'une mission de service public dont la finalité est la réalisation de rapports sur les accidents afin d'améliorer la sécurité des transports terrestres (articles L. 1621-1 et 1621-2 du code des transports, voir la page de présentation de l'organisme).

Pour remplir cette mission, les personnes chargées de l'enquête, agents du BEA-TT habilités ainsi que d'éventuels enquêteurs extérieurs spécialement commissionnés, peuvent rencontrer toute personne impliquée dans un accident de transport terrestre (articles L. 1621-14) et recueillir toute donnée utile.

Ils traitent alors les données recueillies dans le cadre de l'enquête dont ils ont la responsabilité uniquement pour la seule finalité prédéfinie en garantissant la confidentialité des données à caractère personnel. Les rapports d'enquêtes sont publiés sans le nom des personnes et ne font état que des informations nécessaires à la détermination des circonstances et des causes de l'accident. Les données personnelles sont conservées pour une durée de 4 années à compter de la publication du rapport d'enquête, elles sont ensuite détruites.

Le traitement « Enquête accident BEA-TT » est mis en œuvre sous la responsabilité du BEA-TT relevant du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires (MTECT). Le MTECT s'engage à ce que les traitements de données à caractère personnel dont il est le responsable de traitement soient mis en œuvre conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (ci-après, « *règlement général sur la protection des données* » ou RGPD) et à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

Les personnes concernées par le traitement, conformément à la législation en vigueur, peuvent exercer leurs droits auprès du responsable de traitement : **droit d'accès aux données, droit de rectification, droit à la limitation, droit d'opposition.**

Pour toute information ou exercice de vos droits, vous pouvez contacter :

1- Le responsable de traitement, qui peut être contacté à l'adresse suivante :

- à l'adresse : [bea-tt@developpement-durable.gouv.fr](mailto:bea-tt@developpement-durable.gouv.fr)
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

**Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires**

A l'attention du directeur du BEA-TT

Grande Arche - Paroi Sud, 29<sup>e</sup> étage, 92055 LA DEFENSE Cedex

2- Le délégué à la protection des données (DPD) du MTECT :

- à l'adresse suivante : [dpd.daj.sg@developpement-durable.gouv.fr](mailto:dpd.daj.sg@developpement-durable.gouv.fr) ;
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

**Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires**

A l'attention du Délégué à la protection des données

SG/DAJ/AJAG1-2

92055 La Défense cedex

Vous avez également la possibilité d'adresser une réclamation relative aux traitements mis en œuvre à la Commission nationale informatique et libertés (3 Place de Fontenoy - TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07).





Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



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

Téléphone : 01 40 81 21 83

[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)

