

BEA-TT

Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre

*Rapport d'enquête technique
sur le déguidage d'une rame
de tramway sur pneumatiques
de Clermont-Ferrand (63),
survenu le 10 janvier 2011*

Mars 2012

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



**Conseil Général de l'Environnement
et du Développement Durable**

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

Affaire n°BEATT-2011-001

**Rapport d'enquête technique
sur le déguidage d'une rame
du tramway sur pneumatiques
de Clermont-Ferrand (63),
le 10 janvier 2011**

Bordereau documentaire

Organisme commanditaire : Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL)

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

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur le déguidage d'une rame du tramway sur pneumatiques de Clermont-Ferrand (63), le 10 janvier 2011

N°ISRN : EQ-BEAT--12-02--FR

Proposition de mots-clés : accident, déguidage, déraillement, tramway sur pneus, transport guidé

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre du titre III de la loi n°2002-3 du 3 janvier 2002, codifié aux articles L 1621-1 à 1622-2 du code des transports, et du décret n°2004-85 du 26 janvier 2004, relatifs notamment aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

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

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - Circonstances de l'accident.....	13
1.2 - Bilan humain et matériel.....	13
1.3 - Engagement et organisation de l'enquête.....	13
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	15
2.1 - La ligne de tramway de l'agglomération clermontoise.....	15
2.2 - Les caractéristiques générales du tramway.....	16
2.3 - Le système de guidage des rames Translohr.....	17
2.3.1 -Les caractéristiques et le fonctionnement du système de guidage.....	17
2.3.2 -Le risque de déguidage.....	18
2.3.3 -L'expérience des précédents déguidages.....	19
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	21
3.1 - Les résumés des témoignages	21
3.1.1 -Le témoignage du conducteur de la rame accidentée.....	21
3.1.2 -Les autres témoignages.....	21
3.2 - L'exploitation des enregistreurs de données et du rapport d'accident de l'exploitant.....	22
3.3 - La qualification du personnel de l'exploitant.....	24
3.4 - L'alarme COMA pour défaut de mise au rail.....	24
3.4.1 -Les caractéristiques et le fonctionnement de l'alarme COMA.....	24
3.4.2 -Les procédures de traitement des anomalies prévues par le règlement de sécurité de l'exploitation.....	26
3.4.3 -Le traitement des alarmes COMA ayant précédé l'accident.....	26
3.5 - L'infrastructure.....	27
3.5.1 -Les constats effectués après l'accident.....	27
3.5.2 -Les caractéristiques et le fonctionnement des appareils de dilatation.....	28
3.5.3 -La surveillance et la maintenance des appareils de dilatation.....	29
3.5.4 -L'état de l'appareil de dilatation sur lequel s'est produit le déguidage.....	30
3.6 - Le matériel roulant.....	30
3.6.1 -Les constats effectués après l'accident.....	30
3.6.2 -Les bandages des galets.....	31
3.6.3 -Le rôle joué dans l'accident par la détérioration des bandages.....	32
3.7 - Les mesures conservatoires prises après l'accident.....	33
3.7.1 -Les mesures prises par la société T2C.....	33
3.7.2 -Les mesures prises par Lohr Industrie.....	33
3.7.3 -Les mesures prises par le préfet.....	34

3.8 - Les contrôles et le retour d'expérience.....	34
3.8.1 -Le dispositif de contrôle de la sécurité.....	34
3.8.2 -Le dispositif de retour d'expérience.....	35
3.8.3 -Les recommandations d'ores et déjà formulées.....	36
4 - DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT ET DES SECOURS.....	37
5 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.	39
5.1 - L'arbre des causes.....	39
5.2 - La conception des bandages des galets de guidage et les conditions de circulation d'une rame avec un bandage détérioré.....	40
5.3 - La conception du dispositif de détection des déguidages.....	40
5.4 - La surveillance et la maintenance des appareils de dilatation et plus généralement du rail et du système de guidage.....	41
5.5 - L'organisation des contrôles et du retour d'expérience.....	41
6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	43
6.1 - Les causes de l'accident.....	43
6.2 - Les recommandations.....	43
ANNEXES.....	45
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	47
Annexe 2 : Fonctionnement du système de guidage.....	48
Annexe 3 : Fiche de traitement d'un défaut de mise au rail.....	49
Annexe 4 : Fiche de traitement d'un défaut de bandage.....	50

Glossaire

- **AOT** : Autorité Organisatrice des Transports
- **BMA** : Boitier de Mémorisation et d’Affichage
- **BMC** : Bureau Massif Central (BMC) du STRMTG, dénommé Bureau Interdépartemental des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés du Centre (BIRMTG-C) avant le 1^{er} janvier 2011
- **COMA** : Contrôle de mise à la masse
- **Défaut de mise au rail** : Défaillance du contact électrique avec le rail de guidage qui assure la mise à la terre des rames et le retour du courant de traction ; un tel défaut est détecté par le dispositif COMA de contrôle de mise à la masse et l’alarme correspondante est dénommée « alarme COMA » ou « alarme pour défaut de mise au rail »
- **ME** : Module d’Extrémité d’une rame de tramway Translohr
- **MI** : Module d’Inter-circulation d’une rame de tramway Translohr
- **PCC** : Poste de Commande Centralisé
- **RSE** : Règlement de Sécurité de l’Exploitation
- **SMTC** : Syndicat Mixte des Transports de Clermont-Ferrand
- **STRMTG** : Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés
- **T2C** : Transport en Commun de l’agglomération Clermontoise

Résumé

Le lundi 10 janvier 2011, à 14h49, la rame CF20 de la ligne A du tramway de Clermont-Ferrand qui effectue le trajet de « Champratel » à « La Pardieu Gare » quitte sa trajectoire sur la voie 1 environ 54 mètres après la station « Les Carmes » et heurte, une dizaine de mètres plus loin, à 36 km/h le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon parallèle à la ligne.

Le conducteur de la rame CF20 fait évacuer les voyageurs après le passage, à 14h54, de la rame CF12 sur la voie adjacente. Les services de secours sont sur place avant 15h00. L'accident n'occasionne qu'un blessé léger, une passagère de la rame CF20. L'infrastructure est peu détériorée. En revanche, le côté avant droit de la rame est très endommagé.

La cause directe de l'accident de cette rame Translohr est l'arrachement du rail de guidage des deux galets avant qui l'enserme sous la cabine de conduite, lors de leur passage sur l'appareil de dilatation situé une centaine de mètres avant la station « Les Carmes ». Cet arrachement a probablement été provoqué par la détérioration des bandages en matériau composite entourant ces galets, dont des morceaux accumulés entre le rail et les galets concernés ont créé un effort anormal sur le système de guidage. Après désactivation, à deux reprises, de l'alarme déclenchée par ce déguidage sans que le fonctionnement du dispositif de guidage ait été préalablement vérifié, la rame CF20 a poursuivi sa marche, en ligne droite sur 188 mètres, avant de sortir de sa trajectoire en début de courbe.

Plusieurs facteurs ont contribué à cette situation :

- la sous-évaluation des risques induits par la détérioration des bandages entourant les galets de guidage qui a conduit à ne prévoir aucune condition particulière de circulation pour une rame présentant un bandage détérioré ;
- un dispositif de détection des déguidages reposant uniquement sur l'alarme destinée à signaler les défauts de mise au rail, dont le déclenchement trop fréquent a conduit l'exploitant à s'affranchir des règles de sécurité prescrivant la vérification du bon fonctionnement des galets de guidage avant toute remise en route d'une rame ayant enregistré de manière persistante une telle alarme ;
- la moindre résistance à l'arrachement des galets au niveau des flasques des appareils de dilatation dont les cotes de largeur permettant d'offrir une certaine garantie en la matière ne sont pas surveillées ;
- des contrôles d'exploitation et une organisation du retour d'expérience ne garantissant pas un traitement efficace des anomalies susceptibles d'affecter le fonctionnement de ce tramway.

L'analyse de cet accident conduit le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) à émettre cinq recommandations dans les domaines suivants :

- la conception des bandages des galets de guidage et les conditions de circulation d'une rame avec un bandage détérioré ;
- la conception du dispositif de détection des déguidages ;
- la surveillance et la maintenance des appareils de dilatation et plus généralement du rail et du système de guidage ;
- l'organisation des contrôles et du retour d'expérience.

1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

1.1 - Circonstances de l'accident

Le lundi 10 janvier 2011, à 14h49, la rame CF20 de la ligne A du tramway de Clermont-Ferrand qui effectue le trajet de « Champratel » à « La Pardieu Gare » quitte sa trajectoire sur la voie 1 environ 54 mètres après la station « Les Carmes » et heurte, une dizaine de mètres plus loin, à 36 km/h le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon parallèle à la ligne.



Fig. 1 : L'accident

1.2 - Bilan humain et matériel

Le conducteur de la rame CF20 fait évacuer les voyageurs après le passage, à 14h54, de la rame CF12 sur la voie adjacente.

Les services de secours sont sur place avant 15h00.

L'accident n'occasionne qu'un blessé léger, une passagère de la rame CF20.

L'infrastructure est peu détériorée. En revanche, le côté avant droit de la rame est très endommagé.

1.3 - Engagement et organisation de l'enquête

Au vu des circonstances de cet accident, et avec l'accord du ministre chargé des transports, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 18 janvier 2011 une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à 1622-2 du code des transports.

Les enquêteurs techniques du BEA-TT se sont rendus sur le site de l'accident et ont rencontré les représentants de l'autorité organisatrice des transports publics, du constructeur du tramway, de l'exploitant et du bureau massif central (BMC) du service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG) en charge du contrôle de la sécurité pour le compte du préfet.

Ils ont eu communication de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à leur enquête, notamment les relevés des enregistreurs du matériel roulant, le rapport réglementaire d'accident notable établi par l'exploitant, les rapports techniques du constructeur du tramway, les notes rédigées par l'expert judiciaire nommé par le tribunal de grande instance de Clermont-Ferrand et le rapport d'audit des procédures de sécurité en vigueur demandé par le préfet.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - La ligne de tramway de l'agglomération clermontoise

La ligne de tramway de l'agglomération de Clermont-Ferrand s'étend sur une longueur de 14,2 km et comprend 31 stations.

Cette ligne est dotée du système Translohr développé par le constructeur Lohr Industrie : les rames roulent sur des pneumatiques et sont guidées sur tout leur parcours par un rail central. Elle constitue la première utilisation commerciale de ce système.

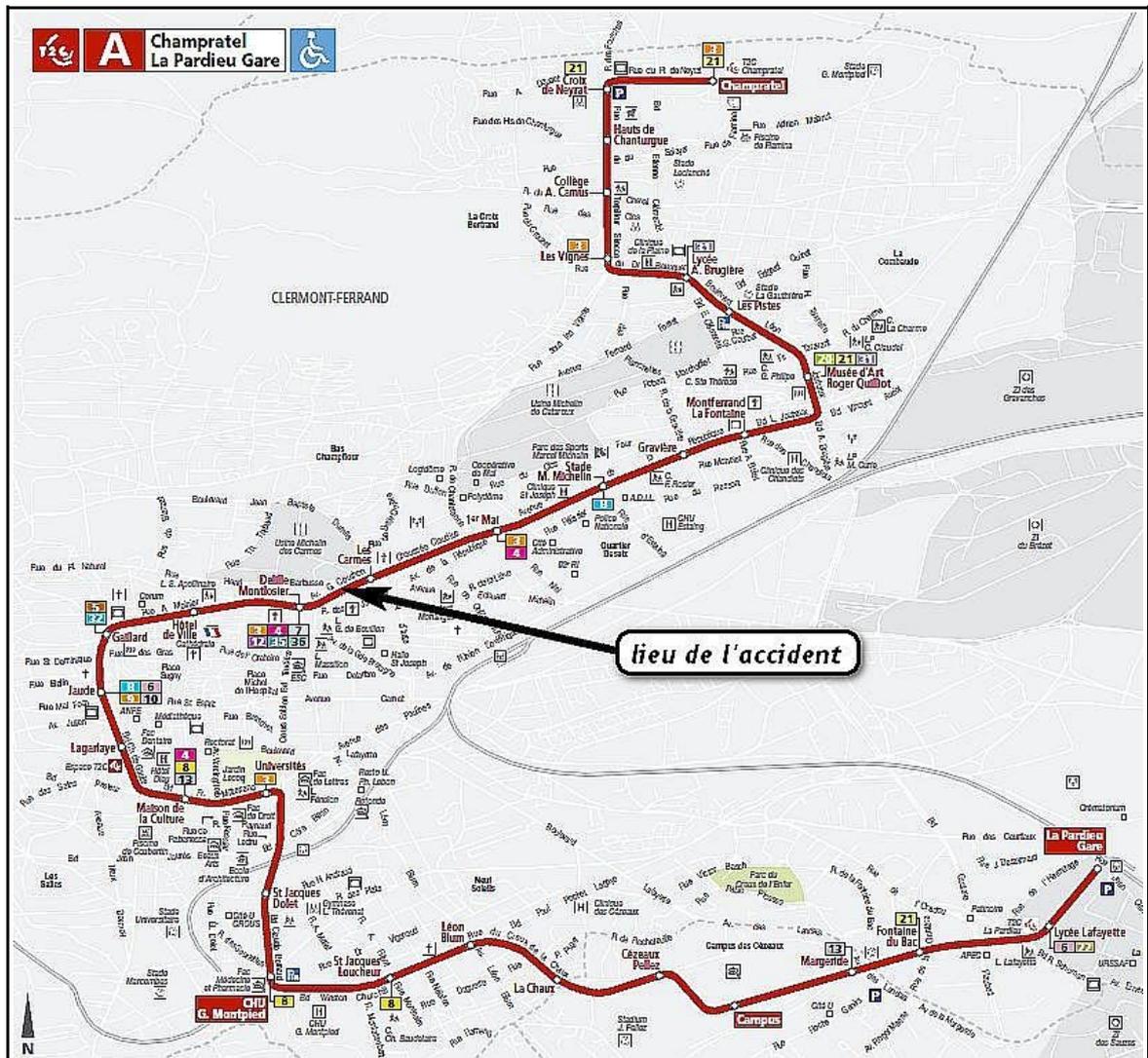


Fig. 2 : Plan de la ligne de tramway de Clermont-Ferrand et localisation de l'accident

L'autorité organisatrice des transports publics (AOT) est le syndicat mixte des transports de Clermont-Ferrand (SMTC), qui regroupe 22 communes de l'agglomération clermontoise.

L'exploitation de cette ligne est assurée, dans le cadre d'un marché public, par la société anonyme d'économie mixte de transport en commun de l'agglomération clermontoise (T2C).

La ligne est récente. La mise en service de son premier tronçon entre le terminus « Champratel » et la station « CHU G. Montpied » a été autorisée par arrêté préfectoral du 13 novembre 2006, et l'exploitation de son prolongement de la station « CHU G. Montpied » au terminus « La Pardieu Gare » par arrêté du 24 août 2007.

Elle est exploitée de 5h00 à 1h00, avec une fréquence de 5 à 8 minutes en journée. En 2010, l'exploitant y a recensé 14,6 millions de voyages effectués pour 1,2 millions de kilomètres parcourus par ses rames.

Le marché public conclu entre le SMTC et la société T2C porte non seulement sur l'exploitation mais également sur la maintenance de cette ligne de tramway. Il couvre en particulier tous les aspects de la maintenance préventive, curative et corrective du matériel roulant. Il intègre, de plus, la surveillance et la maintenance des appareils de voie et des appareils de dilatation.

La réalisation de l'infrastructure et la fourniture des équipements et des rames ont fait l'objet de deux marchés conclus entre le SMTC et le groupement Lohr composé de l'industriel Lohr Industrie, mandataire, et des sociétés ETF, SOBEA et CEGELEC. Le premier porte sur les principaux éléments de la ligne de tramway, dont les 20 premières rames, et le second concerne la fourniture de 6 rames supplémentaires. Les systèmes de guidage de ces 26 rames sont couverts par la garantie de ces marchés jusqu'à l'atteinte de 250 000 km et le lien entre le SMTC et groupement Lohr s'éteindra à l'achèvement de cette garantie.

Il n'existe pas de lien contractuel entre l'exploitant et l'industriel.

2.2 - Les caractéristiques générales du tramway

Le parc de véhicules utilisé pour l'exploitation de la ligne considérée comprend 26 rames de la gamme STE4 du constructeur Lohr Industrie.

Ces rames ont une longueur de 32 m, une largeur de 2,22 m et une masse à vide de 28,5 t. Leur capacité est de 40 places assises et de 122 places debout sur la base d'une moyenne de 4 voyageurs par m². Elles se composent de 4 caisses reliées par 3 modules d'inter-circulation (MI). Elles disposent de 2 essieux moteurs situés sous les cabines de conduite constituant les 2 modules d'extrémité (ME) et de 3 essieux porteurs situés sous les modules d'inter-circulation.

La traction de ces rames est électrique et la captation du courant s'effectue par le biais d'un pantographe en contact avec une ligne aérienne, dite ligne aérienne de contact (LAC), alimentée en 750 volts continus. Le matériel roulant est remis et maintenu sur le site de « Champratel ».

La circulation du Translohr repose sur le principe de la marche à vue. Le conducteur règle sa vitesse en fonction de l'environnement traversé et des circonstances, de manière à pouvoir s'arrêter avant un obstacle, un autre tramway ou un signal d'arrêt. La vitesse maximale des rames est de 60 km/h sur la ligne considérée.



Fig. 3 : Rame STE4 de Clermont-Ferrand

2.3 - Le système de guidage des rames Translohr

2.3.1 - Les caractéristiques et le fonctionnement du système de guidage

Le système de guidage des rames Translohr STE4 est assuré par des couples de galets fixés aux différents essieux situés sous les modules d'extrémité et d'inter-circulation, qui pincent un rail installé à fleur de chaussée. A cet effet, les deux galets d'un même couple sont inclinés à 45° et forment un « V » ainsi que le montre la figure 4.

Les rames considérées étant bidirectionnelles, chaque essieu est doté de deux couples de galets placés symétriquement par rapport à son axe. Les deux galets situés à l'avant de l'essieu dans le sens de la marche permettent d'orienter les roues par le biais d'un vérin, de biellettes et de bielles. En revanche, les galets situés à l'arrière de l'essieu n'agissent pas sur son orientation, leurs mouvements latéraux étant libres.

Par ailleurs, chaque galet est recouvert d'un bandage en matériau composite afin d'éviter un contact fer sur fer et de limiter ainsi les vibrations, les bruits occasionnés par le roulement et l'usure tant du rail de guidage que du galet concerné.

Enfin, les systèmes de guidage fixés à chaque essieu sont équipés d'un dispositif de dégagement d'objets permettant de chasser de la gorge du rail de guidage tout objet étranger susceptible de provoquer un arrachement des galets pinçant ce rail ainsi que d'un chasse-pierre évitant l'insertion d'un tel objet entre le galet et le rail.

Le fonctionnement détaillé de ce système de guidage est précisé en annexe 2.

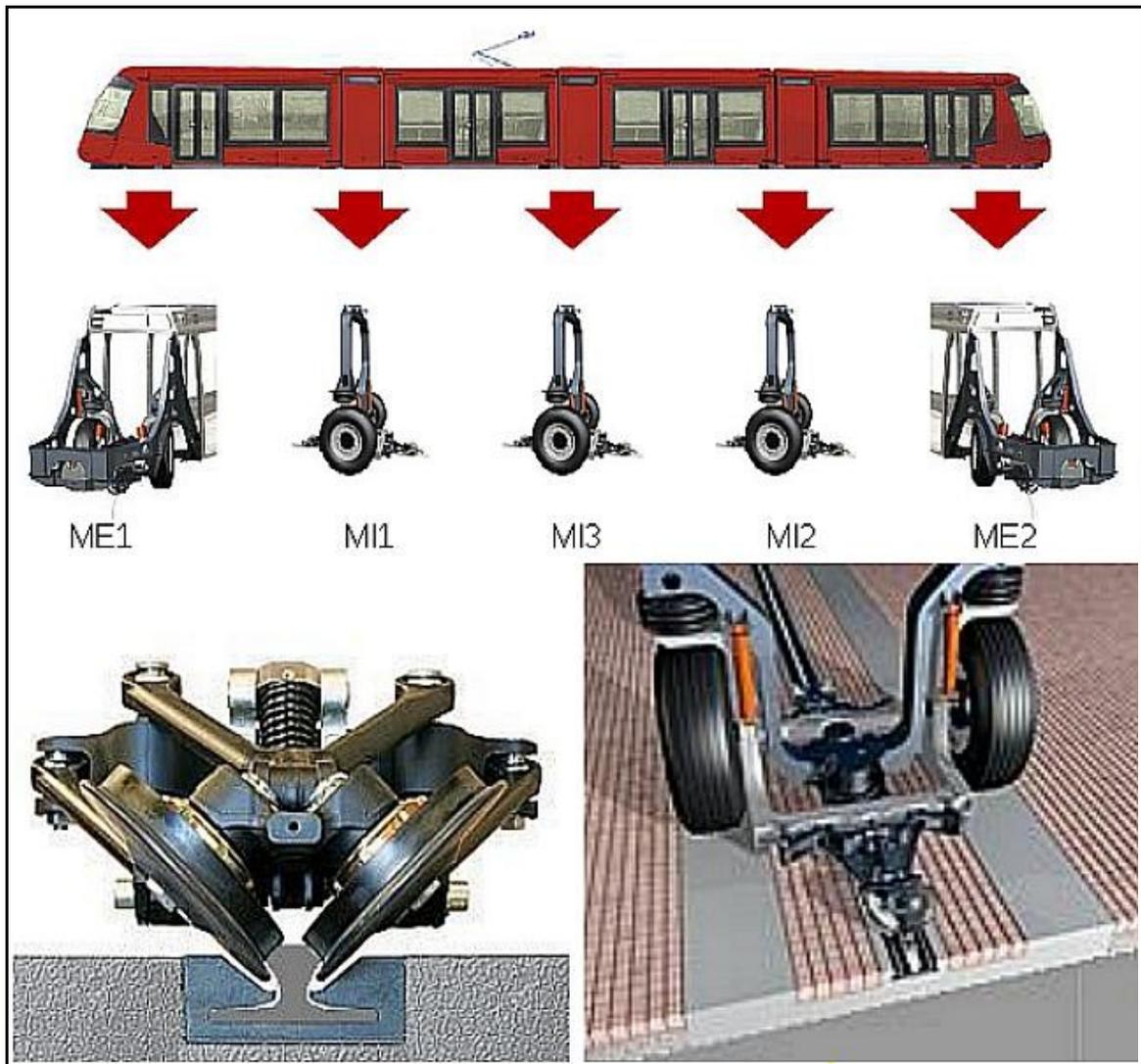


Fig. 4 : Schéma présentant le système de guidage des rames Translohr

2.3.2 - Le risque de déguidage

Les dossiers de sécurité, que doit réglementairement¹ produire une AOT auprès du préfet compétent préalablement à la mise en service d'un nouveau système de transport public guidé, doivent contenir une analyse des risques reposant sur une identification des événements susceptibles de mettre en cause la sécurité, appelés « événements redoutés ». Ils doivent, en outre, exposer les mesures prises pour y remédier.

Dans l'analyse des risques réalisée par le constructeur Lohr Industrie, le déguidage partiel ou complet d'une rame Translohr est considéré improbable. A cet égard, le dossier de sécurité précise que le système ne peut pas déguider en conditions normales d'exploitation du fait de l'inclinaison des axes de rotation et de la forme des galets.

En effet, la résistance à l'arrachement d'un couple de galets est assurée par un espacement de 41 mm des mentonnets de ces galets alors que le champignon du rail de guidage qu'ils pincent présente une largeur nominale de 49 mm, avec une tolérance de 1 mm en plus ou en moins.

1 en application du décret n°2003-425 du 9 mai 2003 relatif à la sécurité des transports publics guidés

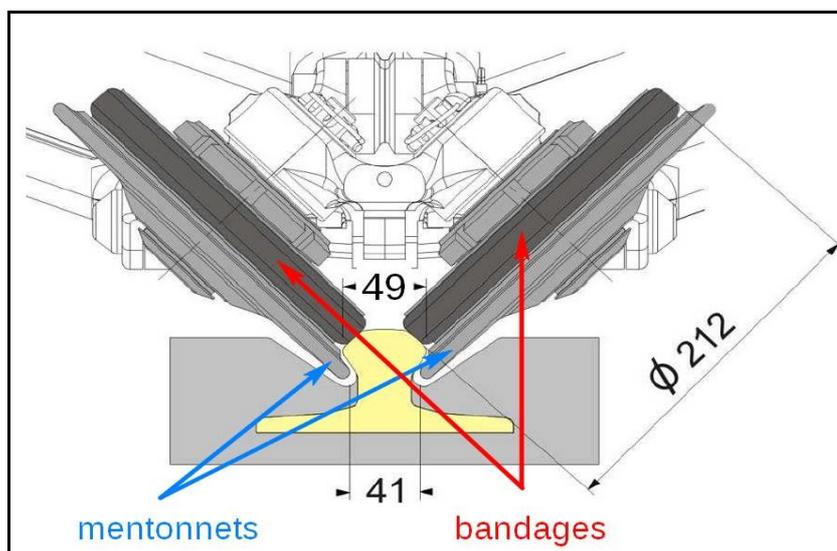


Fig. 5 : Cotes nominales des galets et du rail de guidage permettant d'assurer la résistance au déguidage

Pour arracher les galets du rail de guidage, il faut ainsi exercer un effort vers le haut d'au moins 3 tonnes en statique ou de 1,5 tonnes en marche en voie courante et de moitié dans les conditions les plus défavorables lors du passage sur un appareil de dilatation comme le précise le chapitre 3.5.2. De plus, ce sont les pneumatiques qui reprennent, outre le poids du tramway, tous les efforts latéraux tels que la poussée du vent ou la force centrifuge.

2.3.3 - L'expérience des précédents déguidages

Avant l'accident survenu le 10 janvier 2011, cinq déguidages significatifs avaient été constatés depuis le début de l'exploitation des rames Translohr dans les différentes agglomérations qui en sont dotées :

- le 2 octobre 2006, une rame de la ligne de Clermont-Ferrand a déguidé sur le viaduc Saint-Jacques lors de la marche à blanc précédant la mise en service, du fait de la présence d'un objet étranger dans la gorge du rail de guidage. La plate-forme est depuis régulièrement nettoyée et les rames sont équipées d'un dispositif de dégagement d'objets ;
- le 5 mai 2007, une rame de la ligne de Padoue (Italie) a déguidé, faisant un blessé léger et des dégâts sur le véhicule, du fait d'un obstacle dans un appareil de voie. Un déguidage s'était déjà produit à Padoue en phase de test à cause de la présence d'un objet étranger dans la gorge du rail de guidage ;
- le 20 août 2007, une rame de la ligne de Teda (Chine) a déguidé quelques mois après l'inauguration suite à une commande intempestive d'un appareil de voie par un agent au sol ;
- en janvier 2010, l'essieu d'un module d'inter-circulation d'une rame de la ligne de Clermont-Ferrand a déguidé du fait de la présence d'un obstacle dans un appareil de voie.

La majorité de ces déguidages a été occasionnée par la présence d'un élément étranger au système, soit dans la gorge du rail de guidage, soit dans un appareil de voie. Un seul des déguidages précités est dû à une manœuvre inappropriée.

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - Les résumés des témoignages

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

3.1.1 - *Le témoignage du conducteur de la rame accidentée*

Le conducteur de la rame CF20 note des bruits intermittents et légers dès son départ du terminus « Champratel ». Il pense immédiatement à un début de détérioration des bandages des galets situés sous la cabine de conduite.

Il surveille ces bruits et vibrations qui augmentent tout au long du trajet. Il les signale au poste de commande centralisé (PCC) qui lui demande « *comme d'habitude* » de poursuivre sa route. Ces bruits et vibrations deviennent très importants lorsqu'il atteint la station « 1^{er} mai ».

Avant d'arriver à la station « Les Carmes », une alarme COMA pour défaut de mise au rail se déclenche et provoque un freinage de sécurité ainsi que l'abaissement du pantographe. Le conducteur alerte le PCC qui lui demande de désactiver l'alarme, de remonter le pantographe, de poursuivre sa marche jusqu'à la station suivante et de réactiver l'alarme à cette station.

A la station « Les Carmes », il réactive l'alarme. Elle se déclenche à nouveau. Il prévient le PCC qui l'invite à continuer sa route après avoir désactivé une nouvelle fois l'alarme et remonté le pantographe.

Peu après son départ de la station « Les Carmes », il est surpris par le brusque virement sur la droite de la rame. Il n'arrive pas à freiner suffisamment, avec la pédale de frein puis à l'aide du coup de poing de sécurité, pour éviter que la rame ne heurte le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon.

Après le choc, une fois la rame immobilisée, il tente de joindre sans succès le PCC. Il fait évacuer les voyageurs présents dans sa rame après le passage de la rame CF12 sur la voie adjacente.

Le conducteur indique qu'il connaît bien les vibrations engendrées par des bandages détériorés et qu'il a l'habitude de rouler avec de telles vibrations car il a été dit aux agents que cela n'avait pas d'incidence sur la sécurité. Il souligne également que des défauts de mise au rail peuvent se produire jusqu'à quatre fois par trajet.

3.1.2 - *Les autres témoignages*

Un voyageur monté dans la rame CF20 à la station « 1^{er} Mai » précise qu'à l'arrivée de la rame, il a perçu un « *bruit de ferraille épouvantable* », plus élevé que les bruits anormaux qu'il avait entendus par le passé sur cette ligne de tramway.

Le conducteur de la rame CF12 déclare avoir compris, lorsqu'il l'a croisée, que la rame CF20 était en difficulté et en avoir informé le PCC. A la station « Les Carmes », il a constaté que

les voyageurs de cette rame en avaient été évacués et il a réalisé qu'elle avait eu un accident. Il a prévenu le PCC.

Les régulateurs du PCC confirment :

- que le conducteur de la rame CF20 leur a signalé, lorsqu'il a atteint la station « 1^{er} Mai », la détérioration du bandage d'un galet puis, au niveau de la station « Les Carmes », le déclenchement à deux reprises de l'alarme COMA ;
- qu'à chaque fois, ils lui ont demandé de poursuivre sa marche ;
- qu'ils ont été prévenus de l'accident par le conducteur de la rame CF12 et qu'ils n'ont pas réussi à joindre la rame accidentée.

Les régulateurs indiquent par ailleurs qu'après avoir suspendu l'exploitation de la ligne de tramway à 14h55, ils l'ont reprise quelques minutes plus tard après s'être assurés que les mesures de sécurité étaient prises et en mettant en place un service de substitution par bus entre les stations « 1^{er} Mai » et « Jaude ».

Le régulateur qui a donné les instructions au conducteur de la rame CF20 précise que la pratique consistant à désactiver l'alarme COMA et à poursuivre sa marche jusqu'à la station suivante, sans vérifier au préalable le bon fonctionnement des galets mais avec interdiction de franchir des aiguillages, est courante, connue de sa hiérarchie et mise en œuvre compte tenu de la survenance fréquente des défauts de mise au rail.

3.2 - L'exploitation des enregistreurs de données et du rapport d'accident de l'exploitant

Les échanges radio du PCC sont enregistrés.

Par ailleurs, les rames de tramway sont dotées d'un dispositif enregistrant certains paramètres d'exploitation, notamment l'horaire, les distances parcourues, la vitesse, l'activation des différents dispositifs de freinage, la position du pantographe et certains défauts. Ce dispositif est communément appelé boîtier de mémorisation et d'affichage (BMA) sur les rames du tramway de Clermont-Ferrand.

L'exploitation de ces différents enregistrements confirment les témoignages recueillis et fait ressortir la chronologie des événements suivante :

- à 14h47mn21s : le conducteur de la rame CF20 arrive à la station « 1^{er} Mai » et signale au PCC que l'un des bandages de sa rame est détérioré ; le PCC lui donne pour consigne de poursuivre sa marche ;
- à 14h47mn52s : la rame CF20 quitte la station « 1^{er} Mai » ;
- à 14h48mn57s : la rame CF20, qui roule à 34 km/h et a parcouru 586 m depuis son départ de la station « 1^{er} Mai », enregistre une alarme COMA avec freinage de sécurité et abaissement du pantographe ;
- à 14h49mn37s : le conducteur de la rame CF20, arrêtée à 615 m de la station « 1^{er} Mai », signale le déclenchement de cette alarme au PCC qui lui demande de la désactiver, de remonter le pantographe pour poursuivre sa marche jusqu'à la station suivante et de réactiver l'alarme à cette station ;
- à 14h49mn45s : le conducteur de la rame CF20 désactive l'alarme ;
- à 14h49mn51s : le conducteur de la rame CF20 remonte son pantographe ;
- à 14h50mn20s : la rame CF20 redémarre pour parcourir les 47 m la séparant de la

station « Les Carmes » ; elle enregistre de nouvelles alarmes COMA qui sont sans effet sur sa marche, les actions de ce dispositif sur les organes de freinage et de traction ayant été désactivées ;

- à 14h50mn40s : la rame CF20 s'arrête à la station « Les Carmes » ;
- à 14h50mn43s : le conducteur de la rame CF20 réactive l'alarme qui se déclenche à nouveau ;
- à 14h51mn10s : le conducteur de la rame CF20 en informe le PCC qui lui demande de nouveau de désactiver l'alarme, de remonter le pantographe, puis de poursuivre sa marche jusqu'à la station « Hôtel de Ville » et de réactiver l'alarme à cette station ;
- à 14h51mn26s : le conducteur de la rame CF20 désactive l'alarme ;
- à 14h51mn49s : le conducteur de la rame CF20 qui vient de remonter son pantographe enregistre de nouvelles alarmes sans effet sur les organes de freinage et de traction suite à la désactivation effectuée quelques secondes plus tôt ;
- à 14h52mn15s : la rame CF20 quitte la station « Les Carmes » ;
- à 14h52mn27s : la rame CF20, qui roule à 36 km/h et a parcouru 63 m après son départ de la station « Les Carmes », enregistre des alarmes pour accélération latérale traduisant une sortie de sa trajectoire ;
- à 14h52mn28s : la rame CF20, qui roule à 37 km/h et a parcouru 73 m après son départ de la station « Les Carmes », enregistre une alarme pour ouverture en marche d'une porte droite consécutive au heurt contre le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon ;
- à 14h52mn32s : la rame CF20 s'immobilise 89 m après son départ de la station « Les Carmes » ;
- de 14h52mn42s à 14h53mn13s : le conducteur de la rame CF20 tente, sans succès, à cinq reprises d'entrer en contact avec le PCC ;
- à 14h52mn43s : le conducteur de la rame CF12 signale au PCC que la rame CF20, qu'il vient de croiser, est en difficulté et lui demande l'autorisation de quitter sa cabine de conduite pour aller voir cette rame et informer le PCC de la situation ;
- à 14h54mn30s : le conducteur de la rame CF12 indique au PCC que les voyageurs de la rame CF20 l'ont tous évacuée et que le pantographe est descendu ; le PCC lui précise qu'il va arrêter l'exploitation de la ligne ;
- à 14h54mn46s : des agents d'intervention de la T2C informent le PCC que la rame CF20 a déguidé et a heurté le mur de soutènement précité ;
- à 14h54mn52s : le PCC émet une annonce générale indiquant que l'exploitation de la ligne est arrêtée et que les rames doivent rester en station ;
- à 14h56mn45s : des agents d'intervention de la T2C précisent au PCC qu'il n'y a pas de blessé, que la rame CF20 a déguidé toute seule et que la rame CF12 peut repartir voie 2.

Le rapport réglementaire d'accident établi le 11 janvier 2011 par la société T2C détaille les premières mesures conservatoires prises et confirme les éléments précédents, notamment la désactivation à deux reprises par le conducteur de la rame CF20, sur instruction du régulateur, de l'alarme COMA afin de permettre la poursuite de sa marche.

3.3 - La qualification du personnel de l'exploitant

En matière de qualification des personnels concourant à l'exploitation de la ligne de tramway de Clermont-Ferrand, le règlement de sécurité de l'exploitation (RSE) de cette ligne, qui a été approuvé par le préfet du Puy-de-Dôme le 24 août 2007, impose notamment :

- que les conducteurs des rames aient reçu une formation spécifique à la conduite du matériel Translohr et détiennent une habilitation délivrée par l'exploitant après un examen ;
- que les agents en charge de la régulation et de la gestion des équipements de sécurité liés à la fonction transport aient suivi une formation appropriée et soient habilités à tenir cette fonction par la société T2C après avoir réussi un examen.

Les contenus des formations initiales et continues de ces conducteurs et régulateurs, ainsi que les conditions de leur habilitation et du suivi de leurs compétences, sont précisés dans des documents² endossés par le RSE.

Dans la pratique, la formation relative à la conduite des tramways considérés dure 15 jours et comporte des modules théoriques portant notamment sur le matériel roulant, l'énergie électrique, la signalisation, la voie et les stations, les manœuvres, les consignes de sécurité et les procédures d'exploitation. Elle comporte également des formations pratiques relatives à la mise en service, à la conduite et à la manœuvre des tramways, ainsi que la visite des installations. Les régulateurs doivent suivre l'ensemble de la formation relative à la conduite des tramways ainsi qu'une formation pratique spécifique à la régulation.

Le conducteur de la rame CF20 impliqué dans l'accident et le régulateur en fonction à ce moment là au PCC avaient été régulièrement formés et habilités. Ainsi :

- le conducteur avait été habilité le 24 juin 2008 après une formation initiale qui s'était déroulée du 26 mai 2008 au 13 juin 2008 ; il avait participé à une formation de recyclage le 16 septembre 2009 ;
- le régulateur avait été habilité le 12 décembre 2005 après une formation initiale qui avait eu lieu du 21 novembre 2005 au 2 décembre 2005 ; il avait suivi des journées de recyclage les 5 décembre 2007 et 12 novembre 2009.

3.4 - L'alarme COMA pour défaut de mise au rail

3.4.1 - Les caractéristiques et le fonctionnement de l'alarme COMA

Afin d'assurer le retour du courant de traction et la mise à la terre des équipements, la structure métallique des rames est en contact permanent avec le rail de guidage par l'intermédiaire de patins situés devant les galets fixés aux essieux des modules ME1 et ME2.

² B/TR/DS/4211/1/-/CPA « Conditions d'habilitation à la conduite », B/TR/DS/4315/1/-/CPA « Conditions d'habilitation » et B/TR/DS/3900/2/-/CPA « Gestions des habilitations »

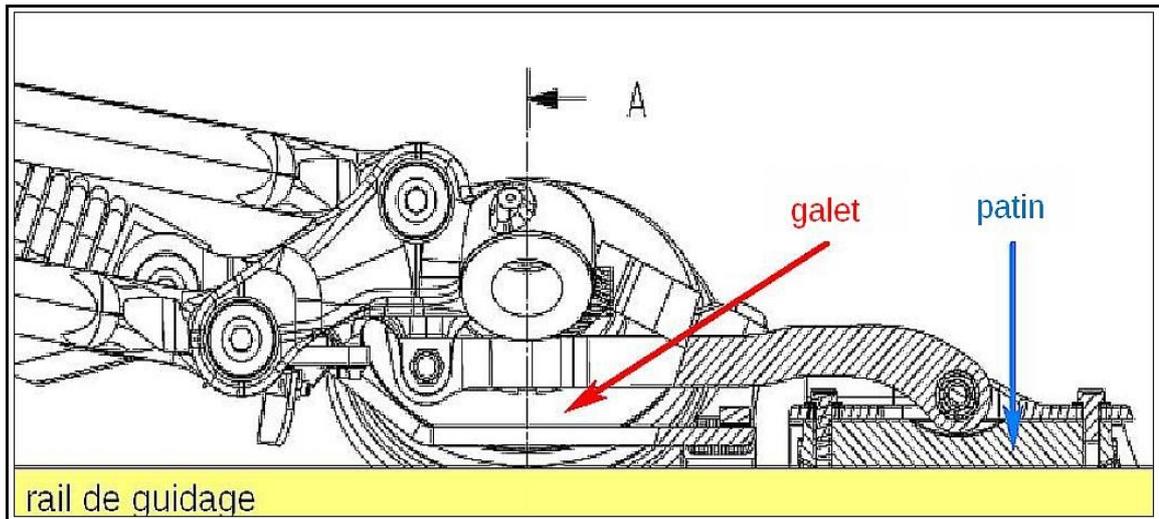


Fig. 6 : Coupe longitudinale d'un système de galets équipé d'un patin assurant la mise à la masse

Un dispositif de contrôle de mise à la masse (COMA) vérifie à tout moment le bon contact électrique entre le patin et le rail de guidage en mesurant la résistance dite « de contact ». Lorsque cette résistance excède un certain seuil, un défaut est détecté et enregistré par le BMA qui équipe chaque rame.

Ce dispositif comprend trois niveaux de réaction en fonction de la durée du dépassement du seuil précité :

- lorsque cette durée reste inférieure à 500 ms, il est considéré que le défaut détecté n'affecte pas la sécurité ; il n'est donc pas signalé au conducteur et la marche de la rame ne subit aucune modification ;
- lorsque cette durée excède 500 ms sans toutefois dépasser les niveaux définis dans l'alinéa suivant, une alarme est affichée sur l'écran de conduite et le dispositif provoque le freinage de sécurité ;
- lorsque cette durée est supérieure à 700 ms pour une rame à l'arrêt ou pendant 2,5 s pour une rame en marche, le défaut détecté provoque une alarme affichée sur l'écran de conduite, un freinage de sécurité et l'abaissement du pantographe.

Ces alarmes COMA sont également dénommées « alarmes pour défaut de mise au rail ».

Ce dispositif de contrôle de mise à la masse permet également de détecter un déguidage au niveau des essieux des modules ME1 et ME2. En effet, en cas d'arrachement du rail de guidage des galets fixés à ces essieux, le patin assurant le contact électrique devant ces galets n'est plus appliqué sur ce rail pendant une durée excédant largement les différents seuils précités. Il s'ensuit donc le déclenchement d'une alarme COMA, un freinage de sécurité et l'abaissement du pantographe. En revanche, un déguidage au niveau des essieux des modules d'inter-circulation (MI) ne déclenche pas cette alarme.

Du 19 juin 2010 au 10 janvier 2011, l'exploitant a dénombré 148 défauts de mise au rail au dépôt, dont 126 avec abaissement du pantographe, et 305 défauts de mise au rail en ligne, dont 255 assortis d'un abaissement du pantographe.

3.4.2 - Les procédures de traitement des anomalies prévues par le règlement de sécurité de l'exploitation

Le règlement de sécurité de l'exploitation (RSE) de cette ligne de tramway stipule qu'en cas d'anomalie ou d'incident affectant le fonctionnement d'une rame, il ne peut être dérogé aux règles de circulation normale sur les voies principales que dans les cas explicitement prévus dans les instructions fixées par l'exploitant, toutes précautions utiles qui y sont prescrites ayant été préalablement prises.

Ce même règlement précise que tout conducteur constatant une anomalie ou un dysfonctionnement doit en informer immédiatement le régulateur en fonction au PCC qui prend les dispositions d'exploitation nécessaires. Selon la nature de l'anomalie détectée, il peut demander au conducteur, soit de poursuivre sa marche avec ou sans voyageurs, soit de faire appliquer la procédure de secours. Le conducteur doit de plus appliquer les procédures relatives au matériel roulant concerné qui sont à sa disposition dans la cabine de conduite.

En cas de déclenchement d'une alarme COMA avec abaissement du pantographe et persistance du défaut, le RSE demande qu'une équipe technique vérifie le fonctionnement des galets avant qu'il ne soit procédé à la désactivation de l'alarme et à la remontée du pantographe pour permettre à la rame de poursuivre provisoirement sa marche. Il demande également au conducteur de se conformer aux instructions du régulateur³.

Cette procédure vise à prendre en compte les risques de déguidage d'une rame au niveau des modules ME1 et ME2. Elle est toutefois contraignante pour l'exploitation, la vérification en ligne du fonctionnement des galets nécessitant d'arrêter la rame pendant plus d'une demi-heure.

3.4.3 - Le traitement des alarmes COMA ayant précédé l'accident

Lors de cet accident, la procédure prévue par le RSE en cas de déclenchement d'une alarme COMA avec abaissement du pantographe n'a pas été respectée. A deux reprises, cette alarme a été désactivée, le pantographe a été remonté et la rame a poursuivi sa route sans que le fonctionnement des galets du système de guidage n'ait été préalablement contrôlé. Le conducteur de la rame CF20 et le régulateur connaissaient pourtant la procédure opérationnelle fixée en la matière par le RSE.

Les témoignages, le rapport d'accident et les mesures conservatoires prises par la société T2C consécutivement à l'accident confirment qu'il s'agissait là d'une pratique courante. En effet, compte tenu de la fréquence importante des alarmes pour défaut de mise au rail avec abaissement du pantographe, le PCC avait pris l'habitude, en ce cas, de donner pour instruction aux conducteurs de désactiver l'alarme et de poursuivre leur route jusqu'à la station suivante, avec interdiction de franchir des aiguillages mais sans vérification des galets, et de réactiver l'alarme à cette station. De ce fait, les conducteurs et les régulateurs n'étaient plus attentifs au risque de déguidage qui ne se trouvait ainsi plus pris en compte, sauf en cas de franchissement d'aiguillages.

3 Document B/TR/DS/4402/2/-/CPA « Procédure défauts » mentionné à l'article 3.2 « véhicules » du RSE

3.5 - L'infrastructure

3.5.1 - Les constats effectués après l'accident

Outre les traces de frottement de la rame sur le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon, l'examen des lieux a permis de relever :

- des traces de frottement sous le champignon du rail de guidage en amont de l'appareil de dilatation situé 99 m avant le quai de la station « Les Carmes », ainsi que des traces de montée des galets sur cet appareil de dilatation ;
- des traces de roulement des galets sur le béton de la voie de tramway commençant environ 54 m après le quai de la station précitée.

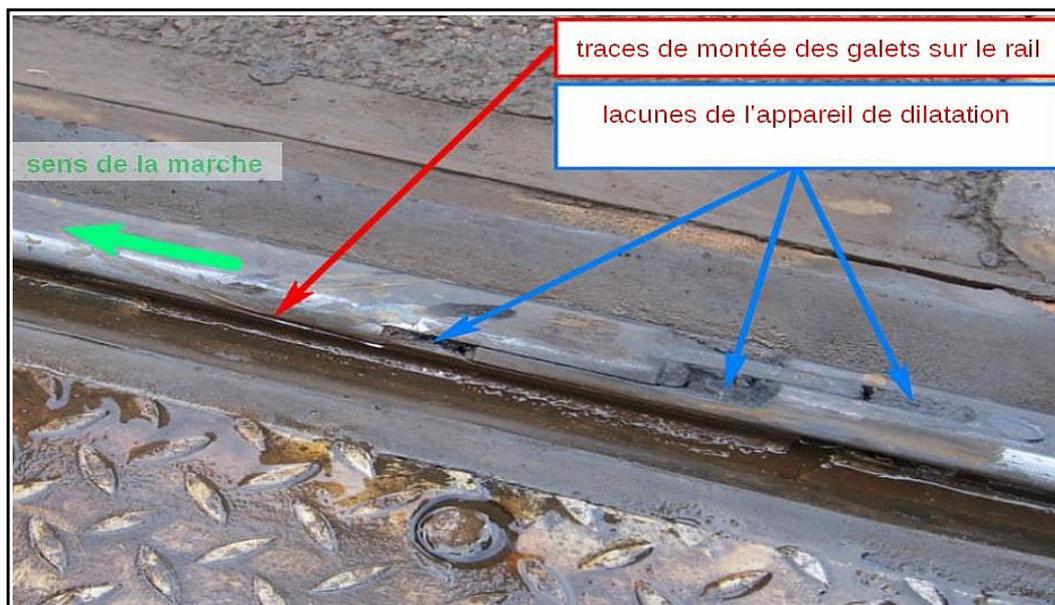


Fig. 7 : Traces de déguidage au niveau de l'appareil de dilatation



Fig. 8 : Traces de roulement des galets sur la chaussée

Il en ressort que le déguidage de la cabine ME1 de la rame CF20, qui a provoqué les deux alarmes COMA avec abaissement du pantographe survenues peu avant l'accident, s'est produit en ligne droite sur l'appareil de dilatation situé 99 m en amont de la station « Les Carmes ».

De plus, il n'a été observé à proximité de cet appareil de dilatation aucun élément extérieur au système de tramway susceptible d'avoir favorisé ce déguidage.

La rame s'est écartée de la voie 188 mètres après l'appareil de dilatation pour venir heurter, 65 mètres après le quai de la station « Les Carmes », le mur de soutènement situé à droite de la voie. Elle s'est immobilisée 24 mètres plus loin. Elle a donc d'abord poursuivi sa marche sur la voie 1 en ligne droite avec les galets déguidés roulant sur le rail de guidage comme le montre la figure 12. Lorsque la voie de tramway s'est incurvée vers la gauche après la station « Les Carmes », les galets n'ont plus suivi le rail et ont commencé à rouler sur la plate-forme.

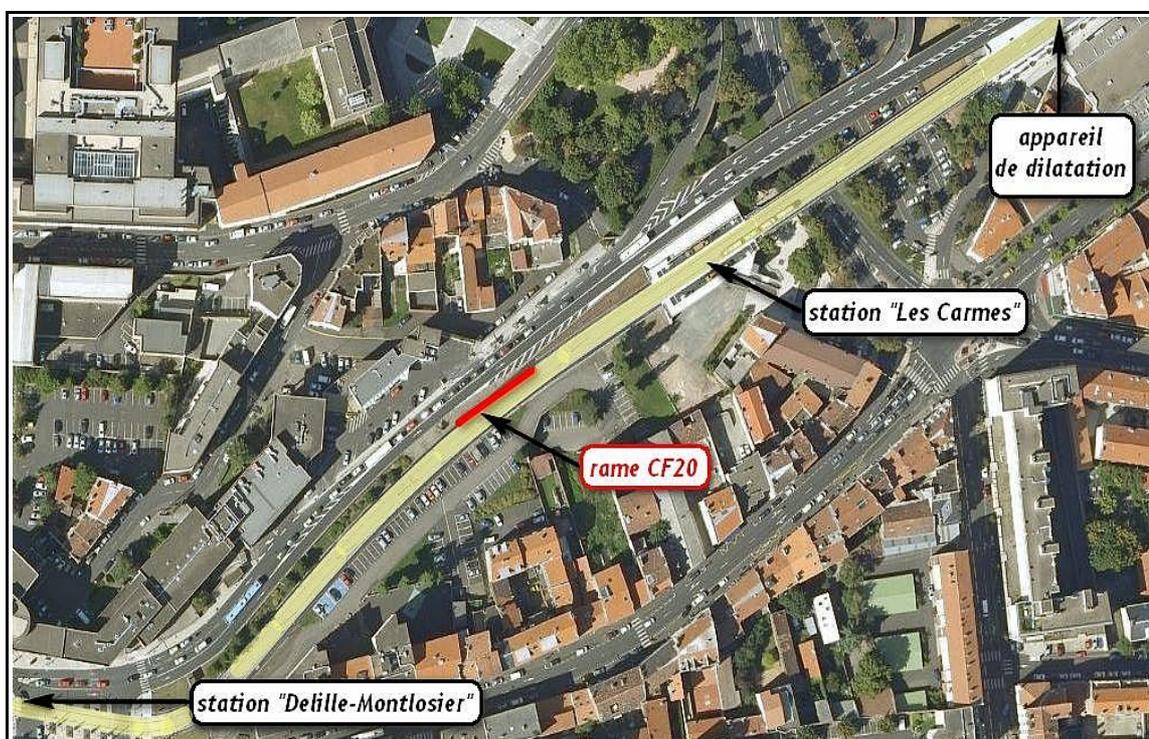


Fig. 9 : Position de la rame CF20 après l'accident

3.5.2 - Les caractéristiques et le fonctionnement des appareils de dilatation

Les rails de guidage des voies 1 et 2 de la ligne de tramway considérée sont équipés d'appareils de dilatation permettant d'absorber les déplacements longitudinaux des tabliers des viaducs de Neyrat, des Carmes et Saint-Jacques, grâce à des lacunes dont la longueur, dénommée ouverture, varie en fonction de ces déplacements. Cette ouverture varie également en fonction de la température qui conditionne la dilatation du rail de guidage. Elle est ainsi plus grande en hiver.

Au droit des lacunes d'un appareil de dilatation, deux pièces métalliques appelées flasques sont placées de chaque côté du rail de guidage pour y assurer la largeur de 49 mm nécessaire pour se prémunir contre un arrachement des galets, comme le montre la figure 5.

Toutefois, du fait de la moindre quantité de métal qui y est mise en œuvre, un flasque d'appareil de dilatation constitue un point faible du rail de guidage au regard de la résistance à l'arrachement des galets. Ainsi pour provoquer un tel arrachement au niveau d'une lacune, il suffit d'exercer une force verticale moitié moindre que celle, mentionnée au chapitre 2.3.2, nécessaire pour aboutir au même résultat en voie courante. Le flasque se déforme alors sous l'effet de l'arrachement des galets comme en témoigne la figure 10.

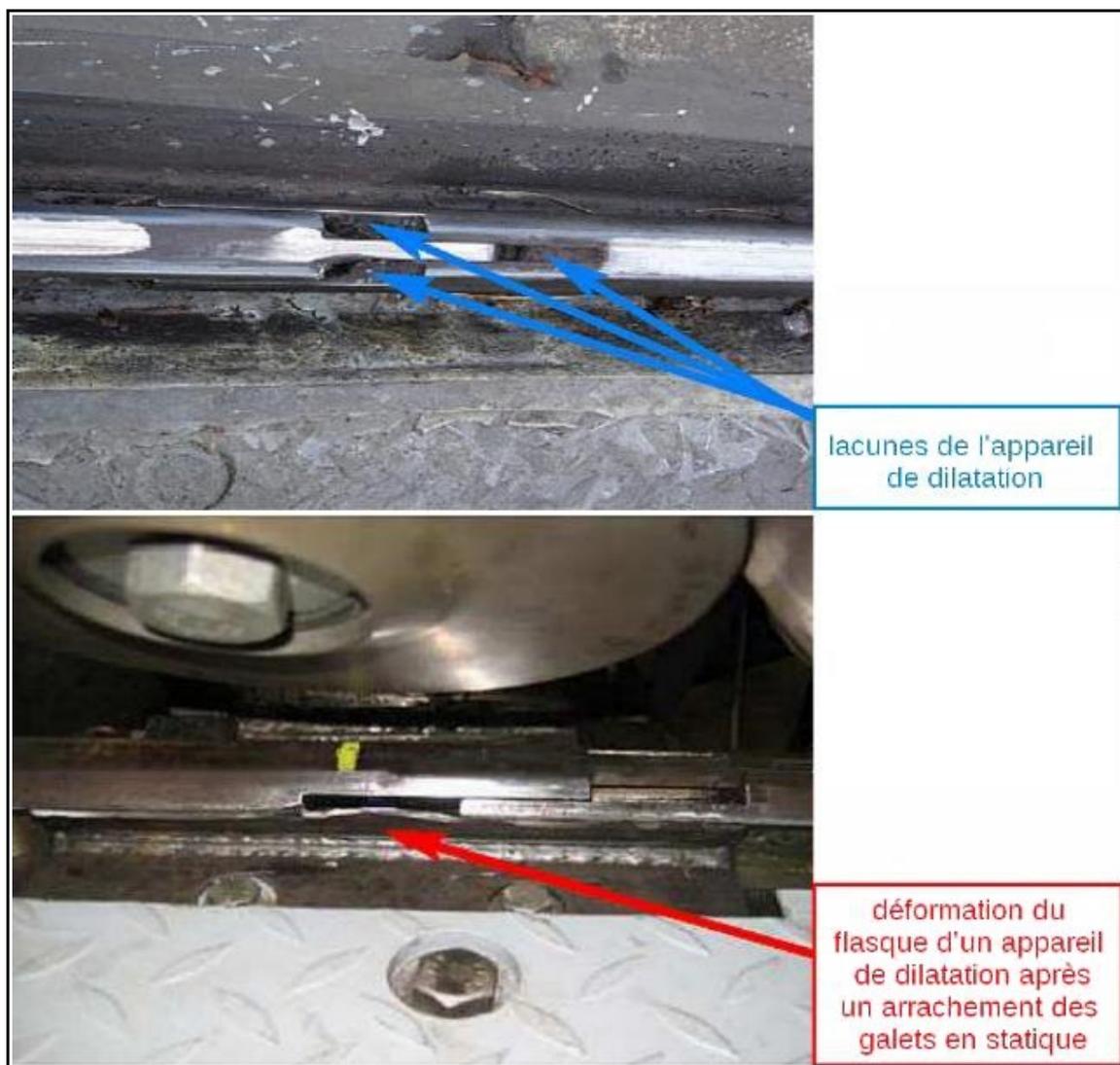


Fig. 10 : Appareil de dilatation

3.5.3 - La surveillance et la maintenance des appareils de dilatation

Les appareils de dilatation sont considérés comme des organes de sécurité dont la maintenance préventive et corrective prévue au RSE⁴ doit permettre de garantir le

4 Le RSE précise les documents techniques applicables en ces domaines

fonctionnement et la résistance à l'arrachement des galets du système de guidage des rames.

La notice de maintenance de ces appareils précise que les interventions à y effectuer sont minimales, le rail s'usant a priori peu du fait qu'il n'est soumis qu'aux seuls efforts de guidage et que le contact avec les galets s'effectue par l'intermédiaire de bandages en matériau composite.

De fait, la maintenance préventive, trimestrielle ou semestrielle, des appareils de dilatation porte essentiellement sur le contrôle de leur ouverture, leur graissage, leur nettoyage et la vérification de l'état de leurs flasques. Le dernier entretien préventif trimestriel des appareils de dilatation avait été réalisé les 27 et 28 octobre 2010.

3.5.4 - L'état de l'appareil de dilatation sur lequel s'est produit le déguidage

Le déguidage s'est produit sur l'appareil de dilatation situé sur la voie 1 en entrée du viaduc des Carmes.

Après l'accident, la largeur la plus faible mesurée au droit du flasque de cet appareil de dilatation s'est élevée à 47,2 mm. Les mesures effectuées le lendemain de l'accident sur l'ensemble des appareils de dilatation de la ligne ont, en outre, révélé plusieurs cotes inférieures à la largeur minimale tolérée, à savoir 48 mm. Trois d'entre elles n'atteignaient pas 47 mm, la plus faible étant de 46,1 mm.

Dans la pratique, les cotes des flasques n'étaient pas mesurées lors des interventions de maintenance préventive.

Par ailleurs, des essais d'arrachement des galets au niveau d'un flasque d'appareil de dilatation ont été réalisés en statique, pour des cotes variant entre 50 mm à 46 mm, dans le cadre de l'expertise diligentée par le tribunal de grande instance de Clermont-Ferrand. Il en ressort notamment que :

- lorsque la largeur du flasque est supérieure à 47 mm, il faut exercer une force verticale excédant 1,5 tonnes pour arracher les galets ;
- lors de cet arrachement, le flasque peut se déformer et sa largeur diminuer de 1 à 2 mm.

Ces éléments ne permettent pas de déterminer si, avant que l'accident considéré ne se produise, les cotes du flasque de l'appareil de dilatation en place sur la voie 1 à l'entrée du viaduc des Carmes se situaient ou non dans les tolérances admises. En effet, la largeur la plus faible du flasque concerné étant, après l'accident, de 47,2 mm, il serait possible qu'avant cet accident elle ait été supérieure à la cote minimale admissible.

Quoi qu'il en soit, les flasques des appareils de dilatation constituent des points faibles au regard du risque d'arrachement des galets et toute diminution de leur cote tend à accentuer cette situation.

3.6 - Le matériel roulant

3.6.1 - Les constats effectués après l'accident

Outre les dégâts occasionnés par le heurt contre le mur de soutènement que la figure 1 visualise, l'examen de la rame CF20 a permis d'effectuer plusieurs constats. Il a ainsi été observé que :

- les mentonnets des galets avant de son module ME1 présentaient des traces de

- frottement provenant de leur roulement sur la plate-forme après déguidage ;
- ces galets tournaient normalement mais que leur bandage de couleur orange était très détérioré.

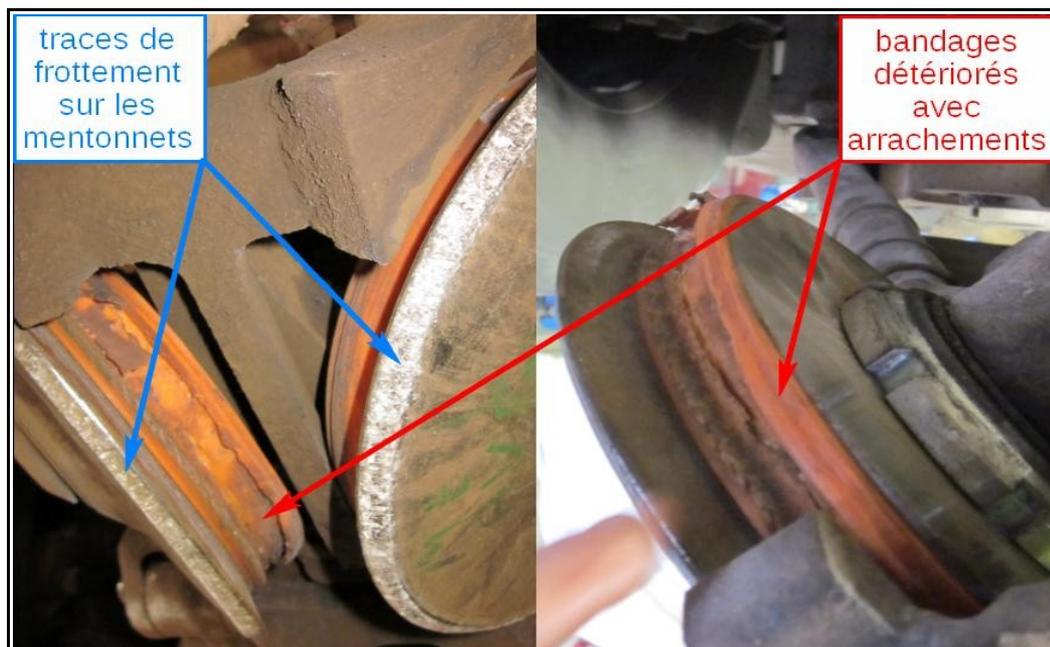


Fig. 11 : État des galets du module ME1 de la rame accidentée

Par ailleurs, des morceaux de bandage de couleur orange ont été retrouvés le long du rail de guidage avant la station « 1^{er} Mai » et surtout entre celle-ci et la station « Les Carmes ». Différents contrôles et observations tendent à confirmer que la détérioration des bandages des galets précités a été très rapide :

- tout d'abord, le contrôle visuel du système de guidage, qui a été réalisé le 5 janvier 2011 après lavage de la rame, n'a pas mis en évidence de défauts particuliers affectant les éléments de guidage du module ME1 ;
- ensuite, le dispositif automatique de surveillance de l'état des bandages, qui était en phase de test, n'a détecté aucune anomalie lors du passage de la rame à la station Campus le 10 janvier 2011 à 13h47 ;
- enfin, les bruits et les vibrations observés par le conducteur, d'abord légers au départ du terminus « Champratel », se sont amplifiés tout au long du trajet.

3.6.2 - Les bandages des galets

Les bandages en matériau composite qui entourent les galets sont considérés comme des pièces d'usure à surveiller pour assurer le confort du transport mais dont la détérioration ne remet pas en cause la sécurité du tramway. En effet, même en cas de bandages complètement arrachés, les galets continuent d'enserrer le rail et le guidage est toujours assuré. Par ailleurs, un bandage détérioré au niveau de la cabine de conduite provoque des vibrations et des bruits qui alertent le conducteur.

Les bandages étant considérés comme de simples éléments de confort, le RSE ne prévoit aucune condition particulière pour la circulation d'une rame dont un bandage serait détérioré et aucune alarme ne remonte en ce cas sur le pupitre du conducteur.

Les bandages, dont étaient initialement équipés les galets des rames Translohr du tramway de Clermont-Ferrand, de couleur noir, ont été progressivement remplacés à partir de novembre 2010 par de nouveaux bandages de couleur orange dont les essais d'endurance puis les tests sur des rames pilotes avaient donné satisfaction. Les galets de la rame CF20 en cause dans le déguidage étaient équipés de ces nouveaux bandages.

Pour la clarté des propos, ces deux types de bandages seront désignés dans la suite de ce rapport par référence à leur couleur, « bandage noir » ou « bandage orange ».

Assez rapidement, l'exploitant a constaté des détériorations fréquentes des bandages orange conduisant à de nombreux remplacements. De plus, ces détériorations pouvant survenir très rapidement comme celle enregistrée lors de l'accident analysé, une maintenance préventive efficace s'avérait difficile à mettre en place.

3.6.3 - Le rôle joué dans l'accident par la détérioration des bandages

Les différents constats mentionnés dans les chapitres 3.5.1 et 3.6.1 montrent :

- que le déguidage de la rame CF20 s'est produit en ligne droite en entrée du viaduc des Carmes sur un appareil de dilatation ;
- que les galets impliqués fonctionnaient normalement mais que leurs bandages étaient très détériorés depuis la station « 1^{er} Mai » ;
- qu'aucun élément extérieur au système n'est a priori à l'origine de la force verticale nécessaire pour arracher ces galets du rail de guidage, et ce d'autant plus que la rame est équipée d'un dispositif de dégagement d'objets.

Or, de nombreuses rames, parfois avec des bandages détériorés, circulent sans difficultés particulières sur les appareils de dilatation de la ligne, dont plusieurs ont des flasques présentant des cotes de largeur inférieures à celles relevées sur l'appareil de dilatation sur lequel la rame CF20 a déguidé. Il en résulte :

- que seul un facteur exceptionnel peut être à l'origine de la force verticale qui a été nécessaire pour arracher les galets concernés ;
- que ce facteur n'est a priori lié, ni aux galets qui fonctionnaient normalement, ni à l'appareil de dilatation précité dont les cotes n'étaient pas anormalement basses.

L'hypothèse technique la plus probable est qu'une accumulation de morceaux de bandage déchirés s'est glissée entre le rail de guidage et un galet avant du module ME1 de la rame CF20 pour créer l'effort suffisant à son arrachement.

La figure 12 visualise, à gauche, les galets avant du module ME1 après accumulation de morceaux de bandage déchirés créant des contraintes dans le système de guidage, et à droite, les mentonnets des galets roulant en ligne droite sur le rail après le déguidage lors du franchissement de l'appareil de dilatation.

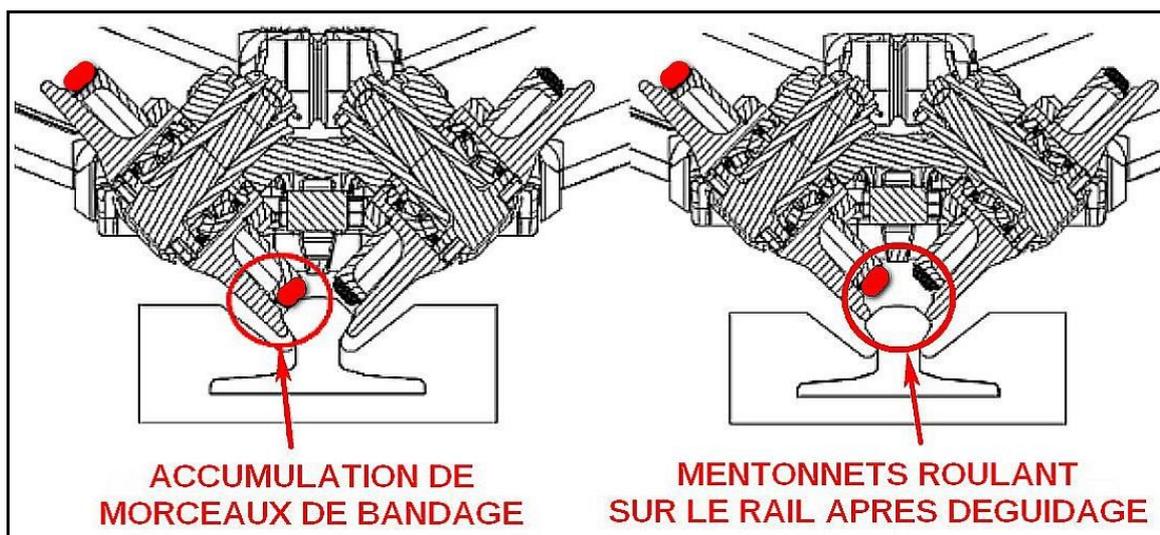


Fig. 12 : Galets avant du module ME1 avant et après déguidage

3.7 - Les mesures conservatoires prises après l'accident

3.7.1 - Les mesures prises par la société T2C

L'exploitant a pris, après l'accident, différentes mesures conservatoires portant sur l'exploitation de la ligne concernée et sur la maintenance de ses équipements. Ainsi :

- la vitesse des rames a été immédiatement limitée à 10 km/h sur la voie 1 à l'entrée du viaduc des Carmes et à 40 km/h sur le reste de la ligne. Ces limitations de vitesse ont été adaptées au fur et à mesure de l'avancement des mesures correctrices ;
- toutes les rames et l'ensemble de la ligne ont été immédiatement contrôlés. Des mesures correctrices ont en particulier été engagées afin de permettre le rétablissement le long du rail de guidage et au droit des appareils de dilatation des cotes de largeur respectant les tolérances admises ;
- les procédures à mettre en œuvre en cas de déclenchement de l'alarme COMA ou de détection de la détérioration d'un bandage ont été renforcées et sont strictement appliquées. Les fiches décrivant ces procédures figurent en annexes 3 et 4 ;
- il a été demandé aux conducteurs de signaler immédiatement au PCC toute panne ou vibration anormales. En cas de détérioration d'un bandage, la rame est rapatriée au centre de maintenance après évacuation des voyageurs à la première station. Tout bandage défectueux est remplacé avant la remise en service de la rame concernée ;
- les appareils de dilatation de la ligne font dorénavant l'objet d'une surveillance hebdomadaire.

3.7.2 - Les mesures prises par Lohr Industrie

Les bandages orange, qui équipaient les rames depuis novembre 2010, ne sont plus utilisés depuis le 26 janvier 2011. Ils ont tous été remplacés par des bandages noirs.

Lohr Industrie avait, en outre, engagé des travaux visant à améliorer la résistance de ces bandages noirs.

Cet industriel s'attache par ailleurs à :

- améliorer l'actuelle alarme COMA pour défaut de mise au rail afin d'en adapter la sensibilité de déclenchement aux conditions d'exploitation opérationnelle de la ligne ;
- développer un dispositif spécifiquement dédié à la détection des déguidages qui pourrait équiper tous les essieux, d'extrémité et d'inter-circulation, des rames. Ce nouveau dispositif serait basé sur le contrôle de la distance entre les galets et le rail de guidage ainsi que sur l'analyse du roulement des galets sur le rail de guidage ;
- renforcer la résistance du système de guidage aux agressions externes du type salage ou insuffisance de nettoyage, ainsi qu'aux sollicitations d'exploitation (vitesses excessives).

3.7.3 - Les mesures prises par le préfet

En application de l'article 40 du décret n°2003-425 du 9 mai 2003 relatif à la sécurité des transports publics guidés et au vu du rapport d'accident établi par la société T2C qui met en évidence des pratiques non conformes au RSE, le préfet du Puy-de-Dôme a fait savoir, par lettres du 13 janvier 2011, aux présidents du SMTC et de la société T2C qu'il n'autorisait la poursuite de l'exploitation de ce tramway qu'à la condition d'un strict respect des dispositions du RSE et des limitations de vitesse proposées par l'exploitant dans le rapport précité.

Le préfet a également demandé au SMTC de faire procéder, par un expert ou un organisme qualifié agréé, à un audit complet de la qualité, de la pertinence et du respect des procédures de sécurité actuellement en vigueur. Cet audit a été confié à la société SYSTRA, filiale de la SNCF et de la RATP, qui a remis ses conclusions au SMTC en septembre 2011.

3.8 - Les contrôles et le retour d'expérience

3.8.1 - Le dispositif de contrôle de la sécurité

En application du décret n°2003-425⁵ précité, le préfet du Puy-de-Dôme a approuvé le RSE élaboré par la société T2C le 24 août 2007 et doit en approuver toutes les modifications. Conformément à ce même décret, le SMTC doit s'assurer que la société T2C « respecte le RSE et que l'état des infrastructures et des matériels roulants permet le maintien du niveau de sécurité prévu à l'autorisation de mise en exploitation commerciale du système » et le préfet peut faire procéder à tout moment à des visites de contrôle permettant de vérifier que la ligne de tramway concernée est exploitée en toute sécurité conformément aux dispositions du RSE.

A cet effet, le préfet dispose du STRMTG qui assure, sous son autorité fonctionnelle, les missions de contrôle technique et de sécurité prévues par la réglementation en matière de transports publics guidés et de remontées mécaniques⁶. Ces missions sont exercées, pour le tramway concerné, par le bureau Massif Central (BMC) implanté à Clermont-Ferrand.

⁵ Articles 24, 27, 28, 29 et 38 du décret n°2003-425

⁶ En application de l'article 2 du décret n°2010-1580 du 17 décembre 2010 relatif au STRMTG

Le RSE de la ligne de tramway clermontoise est conforme aux guides d'application⁷ du STRMTG et précise que :

- le contrôle du respect de la réglementation et l'examen des incidents d'exploitation s'effectuent, d'une part, à un premier niveau, par l'encadrement direct des agents, et d'autre part, à un deuxième niveau, par la mission « sûreté de fonctionnement » rattachée à la délégation « qualité, sécurité, environnement » de la T2C qui dépend directement de son directeur général et est indépendante de la production. Les conducteurs et les régulateurs sont contrôlés au premier niveau respectivement par leur chef d'équipe et par le responsable du PCC ;
- tout événement révélant un dysfonctionnement du système de tramway en engageant la sécurité doit faire l'objet d'un pré-rapport adressé au bureau Massif Central du STRMTG dans un délai de 2 à 4 jours et d'un rapport final transmis à ce même service dans un délai de 2 mois. A cet égard, toute défaillance mécanique, ou d'autre nature, affectant les composants du système et tout manquement grave aux règles d'exploitation, d'entretien et de maintenance définies dans le RSE constituent un dysfonctionnement.

Au global, le dispositif de contrôle de la sécurité s'articule autour de quatre niveaux :

- au premier niveau, l'encadrement direct des agents de la T2C vérifie le respect du RSE par ces derniers ;
- au deuxième niveau, la mission « sûreté de fonctionnement » de la T2C garantit le maintien du niveau de sécurité pendant l'exploitation et alerte le BMC des dysfonctionnements engageant la sécurité ;
- au troisième niveau, le SMTC doit s'assurer par toute méthode appropriée de l'état des infrastructures et des matériels roulants et du respect des dispositions du RSE par la société T2C ;
- au quatrième niveau, le STRMTG peut procéder, sous l'autorité du préfet, à tout moment à des visites de contrôle de la société T2C destinées à vérifier que les conditions de l'autorisation de mise en exploitation commerciale du système sont correctement mises en œuvre.

Dans la pratique, les contrôles externes de troisième et quatrième niveaux sont peu développés.

3.8.2 - Le dispositif de retour d'expérience

Au quotidien, les anomalies identifiées par la société T2C sont remontées à Lohr Industrie et au SMTC au travers de « fiches d'évènement » (FEV). Ces fiches permettent également de formaliser les suites qui y sont données par les trois acteurs.

Deux dispositifs sont actuellement mis en œuvre pour piloter le retour d'expérience sur l'exploitation de ce nouveau système de tramway :

- une commission de surveillance du matériel roulant, associant le SMTC, la société T2C et Lohr Industrie, se réunit tous les deux mois afin d'assurer le suivi des conditions d'exploitation du tramway de Clermont-Ferrand et d'examiner les anomalies constatées ;
- une information régulière, environ tous les deux mois, du STRMTG est effectuée par Lohr Industrie sur le fonctionnement du système Translohr.

⁷ Guides relatifs d'une part, au « Règlement de sécurité de l'exploitation - explicitation de l'annexe 5 de l'arrêté modifié du 23 mai 2003 », et d'autre part, au « Dispositif permanent de contrôle et d'évaluation du niveau de sécurité »

Dans la pratique, la commission de surveillance ne traite pas uniquement les aspects techniques liés à des anomalies affectant la sécurité ou la fiabilité du tramway clermontois. Elle examine plus généralement tous les sujets contractuels qui sont sources de litiges entre les trois acteurs.

La prééminence donnée aux aspects contractuels et à l'examen des sujets de contentieux explique certaines difficultés rencontrées dans les remontées d'évènement et dans le traitement rapide des anomalies d'exploitation. Elle explique également que le bureau Massif Central du STRMTG ne participe pas toujours aux réunions de cette commission.

3.8.3 - Les recommandations d'ores et déjà formulées

Tant les dispositifs de contrôle interne et externe que le processus de retour d'expérience n'ont pas permis :

- de détecter la dérive des pratiques de la société T2C par rapport aux procédures fixées par le RSE en matière de traitement des alarmes COMA et de vérification des cotes des appareils de dilatation ;
- de remédier en temps utile aux difficultés que présentaient pour l'exploitation la trop grande fréquence de déclenchement des alarmes COMA et l'insuffisante tenue en service des bandages.

Ainsi, l'audit que le SMTC a fait réaliser à la demande du préfet du Puy-de-Dôme souligne que les relations entre le SMTC, la société T2C et Lohr Industrie n'ont pas favorisé une coopération constructive et l'émergence de nouvelles procédures mieux adaptées à la réalité de l'exploitation et considère que *« le niveau de sécurité du système en l'état actuel ne répond pas au niveau de sécurité tel que défini par le dossier de sécurité à la mise en service du tramway »*.

Par ailleurs, en conclusion de l'enquête technique qu'il a conduite sur l'incendie de la rame n°15 du tramway de Clermont-Ferrand survenu le 26 décembre 2009 sur une voie de garage du terminus « La Pardieu Gare », le BEA-TT a, pour sa part, appelé l'attention sur l'acuité toute particulière que revêt pour ce réseau un bon fonctionnement du processus de retour d'expérience dans la mesure où le matériel qui l'équipe constitue la tête de série d'un système innovant susceptible de présenter des problèmes de sécurité non identifiés lors de sa conception. Le BEA-TT a, à cet égard, formulé deux recommandations invitant :

- pour la première, le SMTC, la société T2C et Lohr Industrie à renforcer le pilotage et l'organisation du processus de retour d'expérience relatif à ce tramway afin que toute anomalie de sécurité détectée fasse l'objet de mesures correctives ou palliatives dans des délais compatibles avec les risques analysés ;
- pour la seconde, le STRMTG à vérifier, de façon systématique, lors de l'examen du dossier de sécurité d'un nouveau système de transport public guidé, que l'organisation pour la qualité et pour la sécurité du projet couvre bien la période allant de la mise en exploitation à la fin de la période de garantie, et qu'elle est adaptée au caractère plus ou moins innovant du système ou de ses constituants.

4 - Déroulement de l'accident et des secours

Le 10 janvier 2011, la rame CF20 est en service depuis 9h20. Elle quitte à 14h31, pour une nouvelle rotation, le terminus « Champratel » sur la voie 1 en direction du terminus « La Pardieu Gare ». La cabine active est celle du module d'extrémité ME1 et le dispositif automatique de surveillance de l'état des bandages n'a détecté aucune anomalie lors de son dernier passage à la station « Campus ».

Le conducteur note des bruits intermittents et légers dès son départ de la station « Champratel ». Il pense immédiatement à un début de détérioration des bandages des galets situés sous la cabine de conduite. Il surveille ces bruits et vibrations qui augmentent tout au long de son trajet. Avant la station « 1^{er} Mai », des morceaux de bandage commencent à s'arracher et à s'accumuler entre les galets et le rail de guidage. Les bruits et les vibrations s'amplifient.

A 14h47, la rame arrive à la station « 1^{er} Mai ». Les bruits et les vibrations sont très importants et le conducteur signale au poste de commande centralisée (PCC) que l'un des bandages de sa rame est défectueux. Le PCC l'invite à poursuivre sa marche.

La rame repart et les bandages des galets avant du module ME1 continuent de se détériorer en augmentant le jeu entre le rail et ces galets.

A 14h49, la rame franchit à 43 km/h, en ligne droite et sans accélération, l'appareil de dilatation du viaduc des Carmes situé environ 530 m après la station « 1^{er} Mai ». Les galets avant du module ME1 sont arrachés du rail de guidage au passage du flasque de cet appareil de dilatation. Ces galets continuent de rouler sur le rail de guidage en alignement mais le patin permettant d'assurer le retour du courant de traction et la mise à la terre des équipements n'est plus en contact avec le rail. La rame enregistre donc 55 m plus loin une alarme COMA pour défaut de mise au rail assortie d'un freinage de sécurité et d'un abaissement du pantographe. Elle s'immobilise 30 m après.

Le conducteur en informe le PCC qui lui demande de désactiver l'alarme considérée, de remonter le pantographe, de poursuivre sa marche jusqu'à la station suivante et de réactiver l'alarme à cette station. Le conducteur redémarre et, bien qu'enregistrant de nouvelles alarmes qui sont alors sans effet sur les dispositifs de freinage et de traction suite à la désactivation, poursuit sa marche sans s'assurer du bon fonctionnement du système de guidage. Les galets continuent de rouler sur le rail de guidage en alignement sur 47 m jusqu'à la station « Les Carmes ».

A cette station, le conducteur réactive l'alarme qui se déclenche à nouveau. Il le signale au PCC qui lui demande de réitérer la manœuvre précédente et de poursuivre sa marche jusqu'à la station « Hôtel de Ville ». Le conducteur ne s'assure pas du bon fonctionnement du système de guidage, désactive une nouvelle fois l'alarme, remonte son pantographe et redémarre en enregistrant de nouvelles alarmes sans effet sur sa marche suite à la désactivation.

A 14h52, la rame, qui roule à 36 km/h en fin d'accélération après son départ de la station « Les Carmes », continue tout droit et quitte la voie 1 au début d'une courbe sur la gauche situé à 54 m de cette station. Les galets s'écartent du rail de guidage vers la droite en roulant sur la chaussée. La rame heurte une seconde plus tard le mur de soutènement de l'avenue Georges Couthon à 65 m de la station « Les Carmes » et le côté droit de la cabine ME1 frotte sur 24 mètres ce mur avant qu'elle ne s'immobilise.

Le conducteur de la rame CF20 tente alors de joindre sans succès le PCC. Il fait évacuer les voyageurs de sa rame après le passage de la rame CF12 sur la voie 2.

Le conducteur de cette dernière rame s'arrête à la station « Les Carmes » et informe le PCC que la rame CF20 qu'il vient de croiser est en détresse. Après avoir reçu l'autorisation du PCC de quitter sa cabine de conduite pour aller recueillir des informations sur la situation de la rame CF20, il indique au PCC que les voyageurs de cette dernière ont tous été évacués et que le pantographe est descendu.

A 14h55, le PCC annonce que l'exploitation de la ligne est arrêtée et demande aux rames en circulation de rester en station. Des agents d'intervention de la société T2C signalent au même moment au PCC que la rame CF20 a déguidé et a heurté le mur de soutènement bordant l'avenue Georges Couthon.

A 14h59, après avoir été informé par des agents d'intervention de la société T2C qu'aucune personne n'a été gravement blessée, que les services de secours sont sur place et que la rame CF12 peut repartir sur la voie 2, le PCC réouvre l'exploitation de la ligne avec la mise en place d'un service de substitution par bus entre les stations « 1^{er} Mai » et « Jaude ».

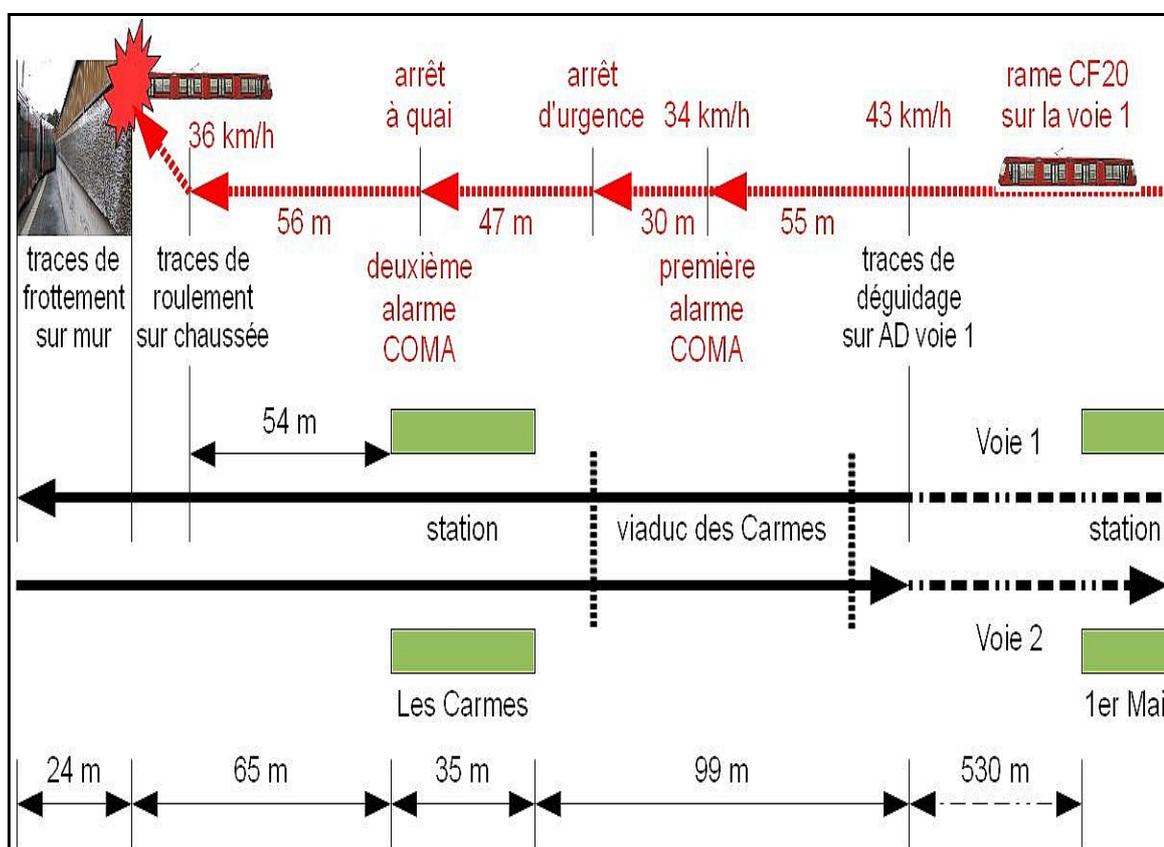


Fig. 13 : Schéma présentant le déroulement de l'accident

5 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

5.1 - L'arbre des causes

Les investigations conduites permettent d'établir le graphique ci-après qui synthétise le déroulement de l'accident et en identifie les causes et les facteurs associés.

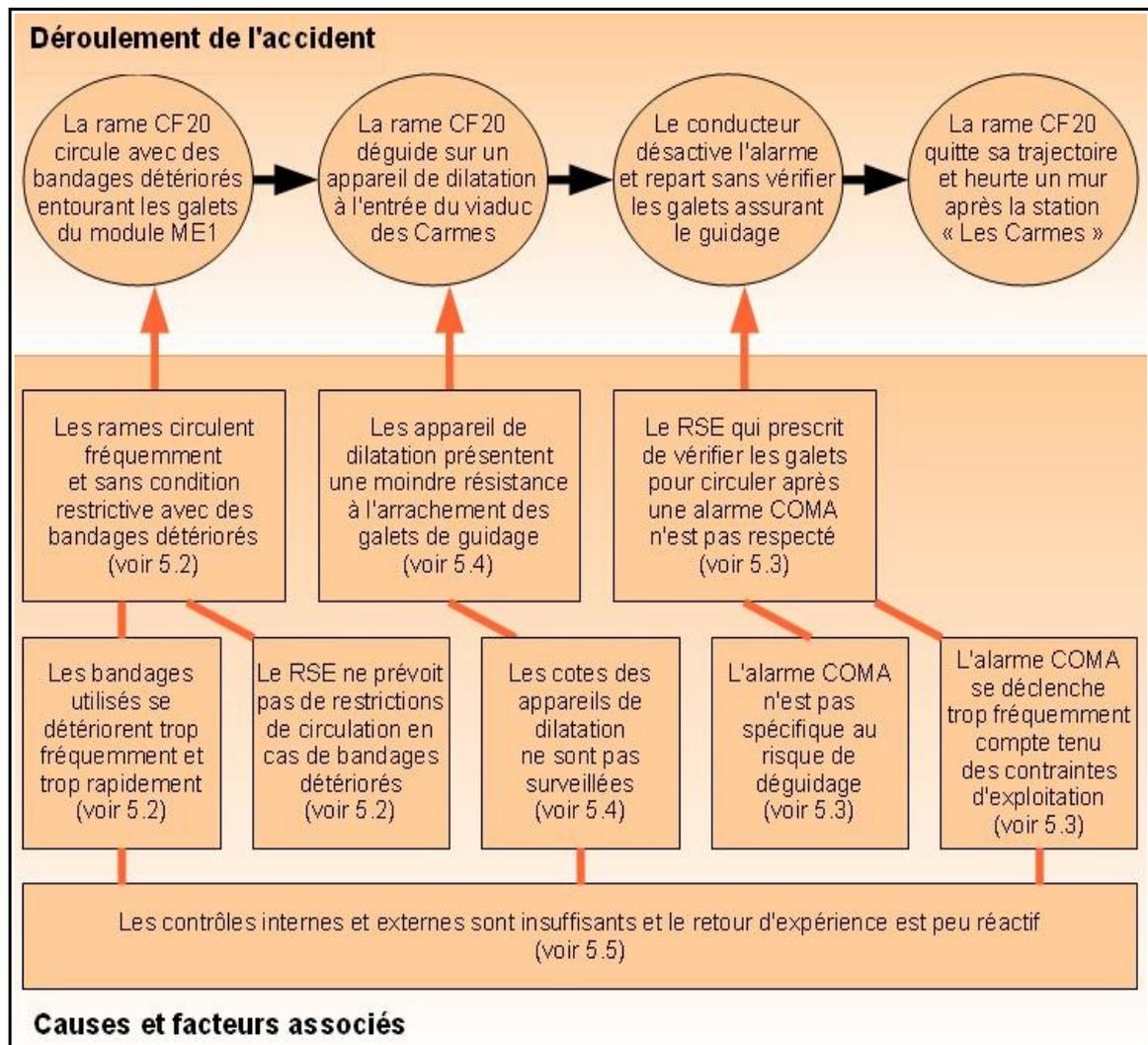


Fig. 14 : Déroulement de l'accident, causes et facteurs associés

Cette analyse amène le BEA-TT à formuler des recommandations préventives dans les quatre domaines suivants :

- la conception des bandages des galets de guidage et les conditions de circulation d'une rame avec un bandage détérioré ;
- la conception du dispositif de détection des déguidages ;
- la surveillance et la maintenance des appareils de dilatation et plus généralement du rail et du système de guidage ;
- l'organisation des contrôles et du retour d'expérience.

5.2 - La conception des bandages des galets de guidage et les conditions de circulation d'une rame avec un bandage détérioré

Les bandages de couleur orange équipant les galets du module ME1 de la rame CF20 se sont détériorés très rapidement et cette situation est à l'origine du déguidage survenu le 10 janvier 2011.

Or, il était considéré que la dégradation d'un bandage n'avait pas d'impact sur la sécurité de la circulation des rames.

De telles dégradations étant fréquentes, il serait hautement souhaitable d'améliorer la tenue en service de cette pièce d'usure.

Nonobstant, il est impossible d'éviter que des bandages se détériorent, et dans certains cas très rapidement, du fait des aléas que présente l'environnement urbain du tramway.

Ceci conduit le BEA-TT à émettre les deux recommandations suivantes :

Recommandation R1 (Lohr Industrie) :

Mettre au point dans les meilleurs délais un bandage des galets de guidage présentant une meilleure tenue en service au regard des contraintes d'exploitation opérationnelle de ce tramway.

Recommandation R2 (Société T2C) :

Définir les mesures à prendre pour assurer la sécurité d'une rame en circulation en cas de détérioration du bandage d'un galet de guidage et compléter le règlement de sécurité de l'exploitation en conséquence.

5.3 - La conception du dispositif de détection des déguidages

L'alarme COMA pour défaut de mise au rail de la rame CF20 s'est déclenchée plusieurs fois après le déguidage sur l'appareil de dilatation situé en entrée du viaduc des Carmes et le conducteur a à deux reprises, sur instruction du régulateur, désactivé cette alarme et remonté le pantographe pour poursuivre sa marche, sans avoir préalablement vérifié le bon fonctionnement des galets assurant le guidage de la rame sur le rail.

Cette pratique qui contrevient aux dispositions du règlement de sécurité de l'exploitation approuvé par le préfet était connue de la société T2C et n'avait pas un caractère exceptionnel. Elle s'était développée pour réduire les contraintes d'exploitation qu'engendraient des déclenchements trop fréquents de l'alarme COMA. Or, cette alarme n'est pas spécifique au risque de déguidage et vise d'abord à signaler des défauts de retour de courant de traction ou de mise à la terre des équipements d'une rame qui sont plus fréquents que des déguidages et dont les enjeux en terme de sécurité sont moindres.

Le BEA-TT formule donc la recommandation suivante :

Recommandation R3 (Lohr Industrie) :

Concevoir et mettre en place dans les meilleurs délais sur les rames de tramway Translohr un dispositif spécifique de détection des déguidages des galets.

5.4 - La surveillance et la maintenance des appareils de dilatation et plus généralement du rail et du système de guidage

Les cotes de largeur des flasques des appareils de dilatation, et notamment de celui sur lequel la rame CF20 a déguidé, n'étaient pas vérifiées par l'exploitant lors des opérations de maintenance préventive, alors que ces flasques constituent des points faibles au regard du risque d'arrachement du rail des galets de guidage.

De fait, plusieurs appareils de dilatation de la ligne présentent ainsi des cotes hors tolérances au niveau de leur flasque.

Les traces d'usure également observées sur le rail et le système de guidage montrent de plus que ces organes se dégradent même si, de par la conception même du système Translohr, ils ne sont soumis qu'à des efforts limités.

Or, le maintien dans leurs limites de tolérance des caractéristiques des appareils de dilatation et, plus généralement, des différents organes concourant au guidage des rames apparaît essentiel pour prévenir les risques de déguidage et pour garantir, en ce domaine, de manière pérenne le niveau de sécurité annoncé et retenu lors de la mise en exploitation commerciale du tramway considéré.

Le BEA-TT émet donc la recommandation suivante :

Recommandation R4 (SMTC, Société T2C) :

Mettre en place dans les meilleurs délais des procédures de surveillance des appareils de dilatation permettant de garantir le respect des cotes limites de largeur utiles pour se prémunir contre les déguidages et, plus généralement, renforcer les procédures de surveillance et de maintenance du rail et du système de guidage afin de garantir le niveau de sécurité prévu lors de la mise en exploitation commerciale du tramway de Clermont-Ferrand.

5.5 - L'organisation des contrôles et du retour d'expérience

Le dispositif de contrôle n'a pas permis de détecter la dérive des pratiques de l'exploitant en matière d'application de certaines procédures fixées par le règlement de sécurité de l'exploitation pour garantir la sécurité du fonctionnement du tramway considéré et l'organisation du retour d'expérience n'a pas permis de remédier en temps utile à des dysfonctionnements récurrents contraignants pour son exploitation.

Ce constat ressortait d'ores et déjà du rapport concluant, en novembre 2011, l'enquête technique conduite par le BEA-TT sur l'incendie d'une rame de tramway clermontois survenu le 26 décembre 2009. Il avait conduit à formuler deux recommandations portant :

- pour la première, sur le renforcement du pilotage et de l'organisation du processus de retour d'expérience mis en place par l'autorité organisatrice des transports, l'exploitant et le constructeur ;
- pour la seconde, sur les conditions d'une vigilance soutenue, associant tous les acteurs, pendant la phase de rodage d'un nouveau système de tramway après sa mise en exploitation.

En tout état de cause, le bon fonctionnement et la rigueur des processus de contrôle et de retour d'expérience présentent une acuité d'autant plus grande sur le réseau de tramway de Clermont-Ferrand que le matériel qui y est mis en œuvre constitue la tête de série d'un système innovant et qu'il est naturel que des anomalies imprévues impactant la sécurité

apparaissent après sa mise en exploitation commerciale et que des ajustements doivent être apportés aux procédures fixées par le règlement de sécurité de l'exploitation.

Il importe donc que pendant les premières années d'exploitation d'un système de tramway innovant la mise en œuvre des dispositifs de contrôle et de retour d'expérience soit évaluée.

En sus des deux recommandations émises en la matière consécutivement à l'incendie précité survenu le 26 décembre 2009, le BEA-TT adresse donc au STRMTG la recommandation suivante :

Recommandation R5 (STRMTG) :

S'assurer du renforcement, puis régulièrement du bon fonctionnement, de l'organisation et du pilotage des processus de contrôle et de retour d'expérience relatifs au tramway de Clermont-Ferrand afin que toute anomalie de sécurité détectée fasse l'objet de mesures correctives ou palliatives dans des délais adaptés aux risques analysés.

6 - Conclusions et recommandations

6.1 - Les causes de l'accident

La cause directe de l'accident de cette rame Translohr est l'arrachement du rail de guidage des deux galets avant qui l'enserme sous la cabine de conduite, lors de leur passage sur l'appareil de dilatation situé une centaine de mètres avant la station « Les Carmes ». Cet arrachement a probablement été provoqué par la détérioration des bandages en matériau composite entourant ces galets, dont des morceaux accumulés entre le rail et les galets concernés ont créé un effort anormal sur le système de guidage. Après désactivation, à deux reprises, de l'alarme déclenchée par ce déguidage sans que le fonctionnement du dispositif de guidage ait été préalablement vérifié, la rame CF20 a poursuivi sa marche, en ligne droite sur 188 mètres, avant de sortir de sa trajectoire en début de courbe.

Plusieurs facteurs ont contribué à cette situation :

- la sous-évaluation des risques induits par la détérioration des bandages entourant les galets de guidage qui a conduit à ne prévoir aucune condition particulière de circulation pour une rame présentant un bandage détérioré ;
- un dispositif de détection des déguidages reposant uniquement sur l'alarme destinée à signaler les défauts de mise au rail, dont le déclenchement trop fréquent a conduit l'exploitant à s'affranchir des règles de sécurité prescrivant la vérification du bon fonctionnement des galets de guidage avant toute remise en route d'une rame ayant enregistré de manière persistante une telle alarme ;
- la moindre résistance à l'arrachement des galets au niveau des flasques des appareils de dilatation dont les cotes de largeur permettant d'offrir une certaine garantie en la matière ne sont pas surveillées ;
- des contrôles d'exploitation et une organisation du retour d'expérience ne garantissant pas un traitement efficace des anomalies susceptibles d'affecter le fonctionnement de ce tramway.

6.2 - Les recommandations

L'analyse de l'accident conduit le BEA-TT à émettre les cinq recommandations suivantes :

Recommandation R1 (Lohr Industrie) :

Mettre au point dans les meilleurs délais un bandage des galets de guidage présentant une meilleure tenue en service au regard des contraintes d'exploitation opérationnelle de ce tramway.

Recommandation R2 (Société T2C) :

Définir les mesures à prendre pour assurer la sécurité d'une rame en circulation en cas de détérioration du bandage d'un galet de guidage et compléter le règlement de sécurité de l'exploitation en conséquence.

Recommandation R3 (Lohr Industrie) :

Concevoir et mettre en place dans les meilleurs délais sur les rames de tramway Translohr un dispositif spécifique de détection des déguidages des galets.

Recommandation R4 (SMTC, Société T2C) :

Mettre en place dans les meilleurs délais des procédures de surveillance des appareils de dilatation permettant de garantir le respect des cotes limites de largeur utiles pour se prémunir contre les déguidages et, plus généralement, renforcer les procédures de surveillance et de maintenance du rail et du système de guidage afin de garantir le niveau de sécurité prévu lors de la mise en exploitation commerciale du tramway de Clermont-Ferrand.

Recommandation R5 (STRMTG) :

S'assurer du renforcement, puis régulièrement du bon fonctionnement, de l'organisation et du pilotage des processus de contrôle et de retour d'expérience relatifs au tramway de Clermont-Ferrand afin que toute anomalie de sécurité détectée fasse l'objet de mesures correctives ou palliatives dans des délais adaptés aux risques analysés.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Fonctionnement du système de guidage

Annexe 3 : Fiche de traitement d'un défaut de mise au rail

Annexe 4 : Fiche de traitement d'un défaut de bandage

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

*Bureau d'enquêtes sur les accidents
de transport terrestre*

La Défense, le 13 janvier 2011

Le Directeur

DECISION

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

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

Vu le décret n° 2004-85 du 26 janvier 2004 modifié relatif aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre ;

Vu les circonstances du déraillement d'une rame de tramway à Clermont-Ferrand survenu le 10 janvier 2011 et l'accord du ministre chargé des Transports ;

DECIDE

Article 1 : Une enquête technique, effectuée dans le cadre du titre II du livre VI de la 1^{ère} partie du code des transports susvisé, est ouverte concernant le déraillement d'une rame de tramway, survenu le 10 janvier 2011 à Clermont-Ferrand (63).

Le directeur du BEA-TT

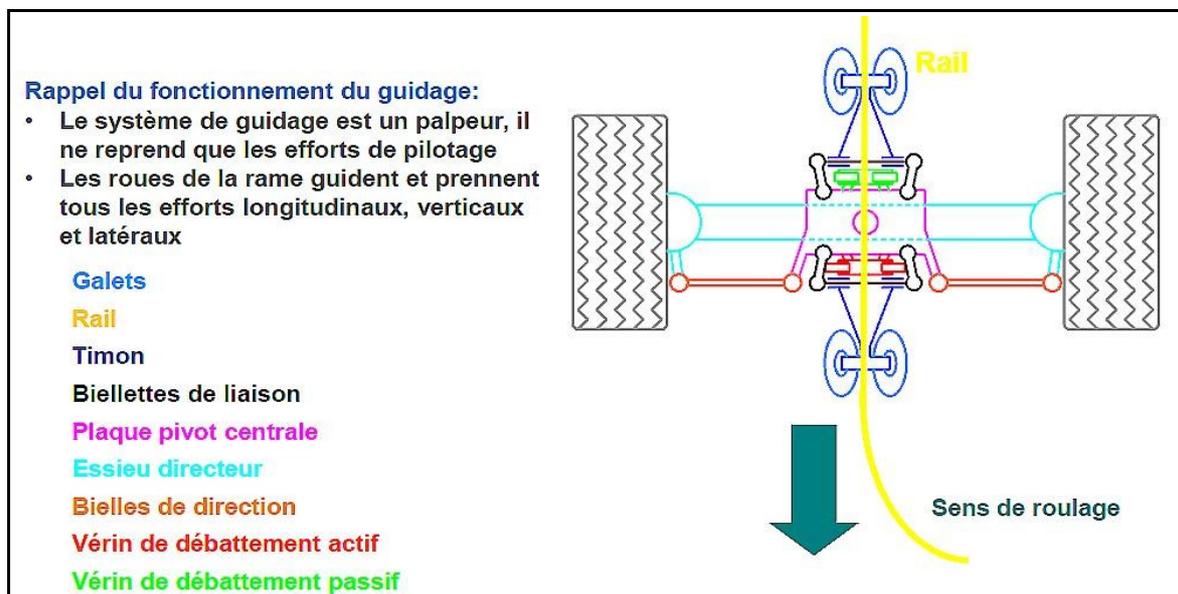
Jean-Gérard KOENIG

Annexe 2 : Fonctionnement du système de guidage

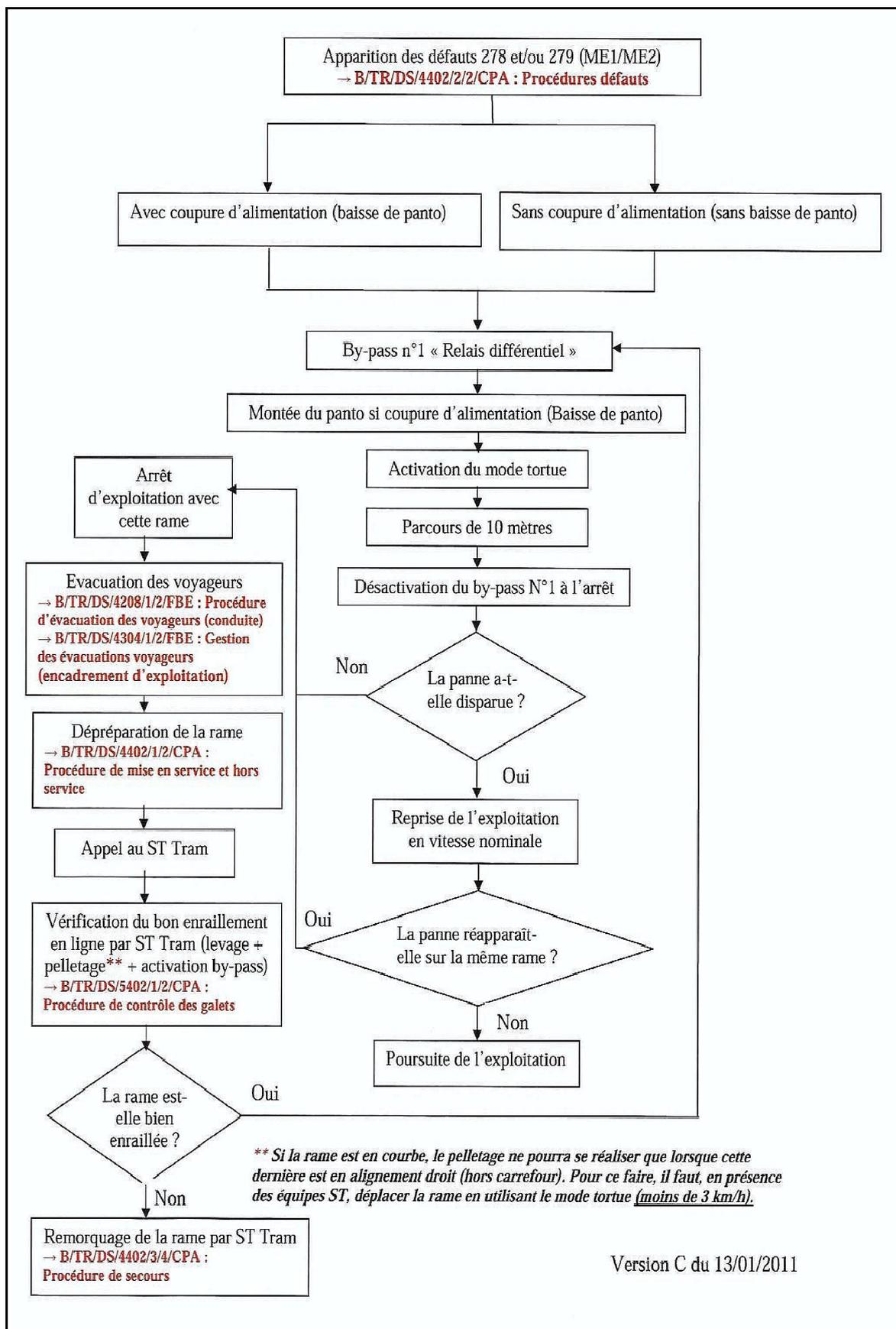
Le fonctionnement du système de guidage fixé à chaque essieu des rames Translohr est présenté dans la figure ci-dessous.

Les galets à l'avant dans le sens de la marche orientent l'essieu par l'intermédiaire d'un vérin de débattement actif (en rouge), de bielles de liaison (en noir), d'une plaque pivot centrale (en violet) et de bielles de direction (en marron).

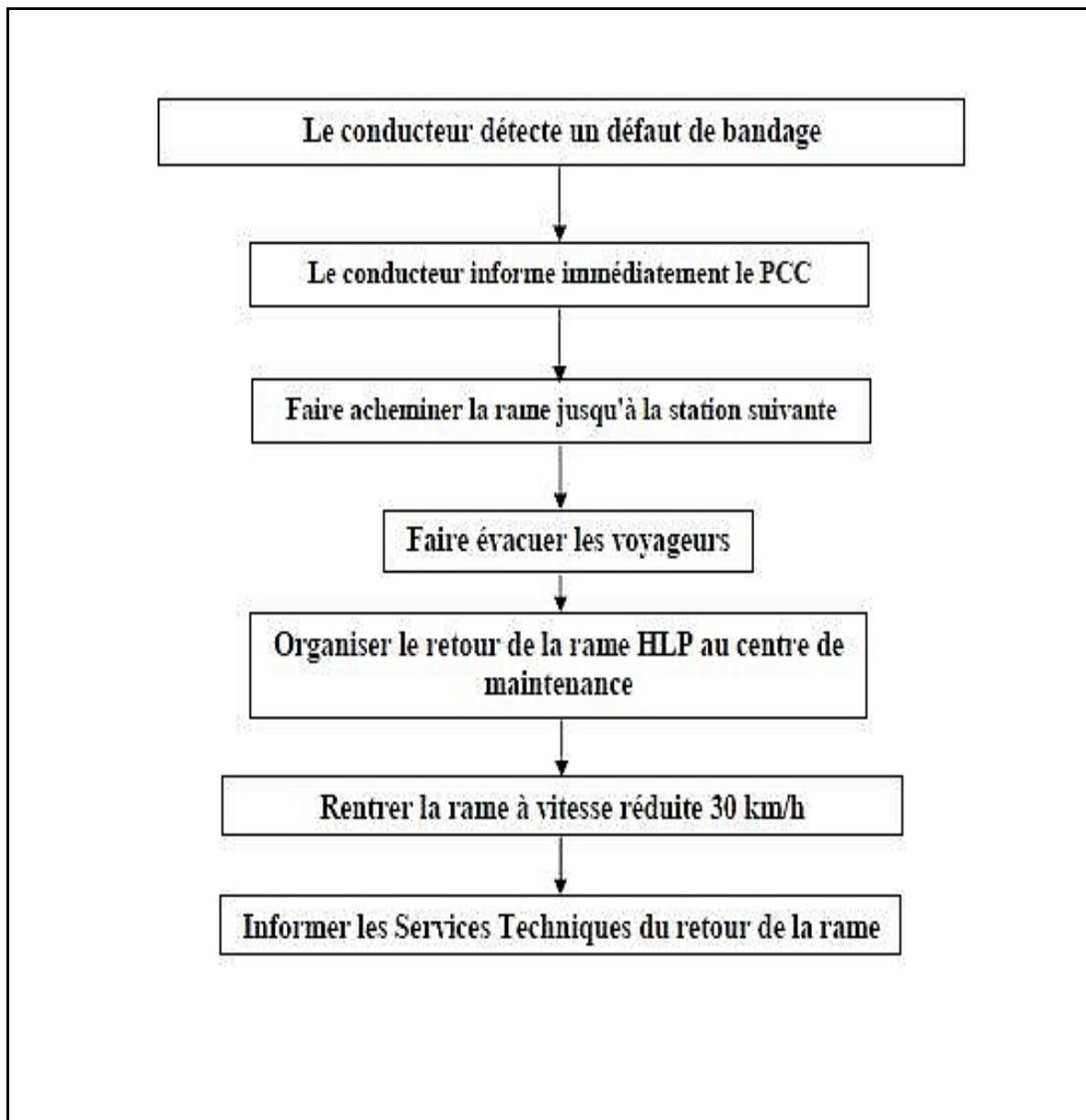
Les galets à l'arrière dans le sens de la marche n'agissent pas sur l'orientation de l'essieu car le vérin de débattement (en vert) est rendu passif.



Annexe 3 : Fiche de traitement d'un défaut de mise au rail



Annexe 4 : Fiche de traitement d'un défaut de bandage



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

BEA-TT - Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre

Tour Voltaire 92055 - La Défense cedex
Tél. : 33 (0)1 40 81 21 83 - Fax : 33 (0)1 40 81 21 50
cgpc.beatt@developpement-durable.gouv.fr
www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr