

**RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE**
sur les multiples ruptures de rail
au passage du train n° 72049
entre Pons et Jonzac (17)
le 13 décembre 2016

Novembre 2017



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE
CHARGÉ DES
TRANSPORTS

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

Affaire n° BEATT-2016-010

**Rapport d'enquête technique
sur les multiples ruptures de rails au passage du train n° 72049
entre Pons et Jonzac (17)
le 13 décembre 2016**

Bordereau documentaire

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

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

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur les multiples ruptures de rails au passage du train n° 72049 entre Pons et Jonzac (17) le 13 décembre 2016

N° ISRN : EQ-BEAT--17-9--FR

Proposition de mots-clés : rupture, rail, surveillance, wagon, méplat, essieu, détecteur

Avertissement

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

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

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - L'événement.....	13
1.2 - Les mesures prises après l'événement.....	14
1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	14
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	15
2.1 - Les lignes ferroviaires concernées.....	15
2.2 - La section de ligne Saintes – Bordeaux.....	16
2.3 - Les ruptures de rails sur le RFN.....	17
2.3.1 -Les chiffres.....	17
2.3.2 -La prévention.....	17
2.3.3 -La détection des ruptures.....	17
2.4 - Les conditions météorologiques.....	17
2.5 - Le train n° 72049.....	18
2.6 - Les wagons EX 90.....	19
2.7 - Le wagon en cause.....	21
2.8 - La société ECORAIL - TRANSPORT.....	21
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	23
3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages.....	23
3.1.1 -Les déclarations du conducteur du train.....	23
3.1.2 -Les déclarations du conducteur en formation.....	23
3.1.3 -Les déclarations des agents sol.....	24
3.1.4 -Les déclarations des agents circulation des gares.....	24
3.2 - L'examen des données de l'enregistreur de bord.....	25
3.3 - Les investigations concernant la voie.....	26
3.3.1 -Le positionnement des ruptures.....	26
3.3.2 -L'analyse des ruptures.....	29
3.3.3 -Les traces constatées sur la voie.....	30
3.3.4 -L'historique des opérations de prévention des ruptures de rails sur le secteur.....	31
3.4 - Les investigations concernant le wagon 698-1.....	31
3.4.1 -Aspect général et chargement.....	31
3.4.2 -Expertise des essieux.....	32
3.4.3 -Expertise du système de freinage.....	33
3.4.4 -Les constats sur d'autres wagons du même type.....	34
3.5 - Premières conclusions et orientations des investigations.....	35

4 - LES INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	37
4.1 - La concentration des ruptures sur un secteur donné.....	37
4.1.1 -Lien avec la vitesse du train.....	37
4.1.2 -Historique des ruptures de rails sur le secteur Saintes – Saint-Mariens.....	37
4.1.3 -Les caractéristiques et l'état de l'infrastructure.....	39
4.2 - L'origine et le développement des méplats de l'essieu du wagon.....	39
4.2.1 -Généralités.....	39
4.2.2 -L'origine des méplats du wagon en cause.....	40
4.2.3 -Le développement des méplats.....	41
4.3 - La non-détection des méplats au départ et en marche.....	41
4.3.1 -Généralités sur la détection des méplats des roues.....	41
4.3.2 -Les opérations au départ du train à Mazières-en-Gâtine.....	42
4.3.3 -La surveillance des trains en marche (STEM).....	42
4.4 - Réflexions sur la criticité des défauts des roues.....	44
4.4.1 -Les effets des défauts.....	44
4.4.2 -La détection et le traitement des défauts.....	44
4.5 - Les systèmes de détection automatique.....	45
4.5.1 -Les systèmes de type WILD (wheel impact and load detector).....	45
4.5.2 -Le système DCCR (Déecteur de défauts de circularité des roues).....	46
4.5.3 -Les détecteurs embarqués sur les wagons.....	46
4.6 - Incidents similaires connus.....	47
5 - RESTITUTION DU DÉROULEMENT DE L'ÉVÉNEMENT.....	49
6 - ANALYSE DES CAUSES ET ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	51
6.1 - Les causes de l'événement.....	51
6.2 - Le risque d'enrayage des essieux de wagons.....	51
6.3 - La surveillance des circulations.....	52
6.4 - Les détecteurs automatiques de défauts des roues.....	53
6.5 - La régénération de l'infrastructure.....	53
7 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	55
7.1 - Les conclusions.....	55
7.2 - Les recommandations.....	55
ANNEXES.....	57
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	59
Annexe 2 : Extrait de la procédure DC 1505 relatif à la STEM.....	60
Annexe 3 : Équipement des réseaux européens en détecteurs.....	61

Glossaire

- **AC** : Agent Circulation
- **ATESS** : système informatisé d'enregistrement des données de conduite
- **CdV** : Circuit de Voie
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **DBC** : Détecteur de Boite Chaude
- **ECM** : Entité en Charge de la Maintenance
- **EIC** : Etablissement Infra-Circulation
- **ITE** : Installation Terminale Embranchée
- **PK** : Point Kilométrique
- **PN** : Passage à Niveau
- **RAT** : Reconnaissance de l'Aptitude au Transport
- **STEM** : Surveillance des Trains En Marche
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **SNCF** : Société Nationale des Chemins de fer Français
- **SNCF Mobilités** : entreprise ferroviaire du groupe SNCF
- **SNCF Réseau** : gestionnaire d'infrastructures du RFN
- **UP** : Unite de Production
- **US** : Ultrasons
- **VCAV** : (Relais pneumatique) Vide-Chargé AutoVariable
- **VPI** : Vereinigung des Privatgüterwagen Interessenten. Association allemande des détenteurs de wagons

Résumé

Le 13 décembre 2016 vers 8 h 30, les passages à niveau (PN) 447 et 462 situés respectivement à Pons et à Jonzac sur la section de ligne Saintes – Bordeaux sont signalés en « raté d'ouverture ».

L'agent du service électrique (SES) appelé pour remédier au dérangement du PN 447 détecte un rail cassé à 9 h 45. Les investigations sur le PN 462 amènent à découvrir à 10 h 45 un deuxième rail cassé puis, à 11 h 40, un troisième.

Ces constats conduisent à arrêter le train de fret n° 72049 qui venait de circuler sur cette section de ligne. Lors de la visite, un méplat important est détecté sur le premier essieu du wagon n° 33 87 6772 698-1 situé en deuxième position dans le train. Aucune anomalie n'est détectée sur les autres wagons du train.

La nuit suivante, à l'occasion d'un chantier de renouvellement de traverses entre Pons et Jonzac, trois nouvelles ruptures de rails sont détectées.

La journée du 14, une tournée en cabine entre Saintes et Saint-Mariens permet de détecter deux nouvelles ruptures de rails entre Pons et Jonzac.

Les jours suivants, des tournées à pied, en train et des auscultations sont effectuées sur la totalité du parcours du train. Au total, ce sont treize ruptures de rails qui sont constatées sur le parcours du train. Douze se trouvent dans un secteur de 50 km de la ligne Saintes – Bordeaux. Un cas isolé est localisé sur la voie unique de Niort à Saintes.

Ces ruptures ont été causées par les chocs violents occasionnés par la circulation d'un wagon du train n° 72049 dont les deux roues d'un essieu étaient porteuses chacune d'un méplat d'environ 110 mm.

Ces méplats étaient apparus antérieurement, probablement suite à un enrayage lors d'une circulation à vide, et ont été aggravés par un nouvel enrayage initié dans une zone de faible adhérence située peu après la gare de Mazières-en-Gâtine, origine du train. L'essieu a ensuite glissé sans tourner jusqu'au premier arrêt situé à Niort. Il s'est remis en rotation au départ de cette gare.

Malgré le bruit et les trépidations produites par le roulement de cet essieu défectueux, le train n'a pas été arrêté par les postes de surveillance des trains en marche (STEM) situés sur son parcours.

L'état de la voie a contribué au nombre de ces ruptures comme le montre leur concentration dans un secteur réduit équipé majoritairement de rails datant des années 1928 et 1929 et d'un plancher hétérogène.

L'analyse de ces causes conduit le BEA-TT à formuler trois recommandations portant sur les points suivants :

- les systèmes vide-chargé autovariables équipant certains wagons ;
- la motivation des agents effectuant la STEM vis-à-vis de la détection des méplats des roues ;
- le déploiement de détecteurs de défauts des roues sur le réseau ferré national (RFN).

Le BEA-TT ne formule pas de recommandation en lien avec l'état de l'infrastructure, s'agissant d'une problématique bien connue pour l'ensemble du RFN et ayant fait l'objet de recommandations dans des rapports précédents.

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

1.1 - L'événement

Le 13 décembre 2016 vers 8 h 30, les PN 447 et 462 situés respectivement à Pons et à Jonzac sur la section de ligne Saintes – Bordeaux sont signalés en « raté d'ouverture ».

L'agent du service électrique (SES) appelé pour remédier au dérangement du PN 447 détecte à 9 h 45 un rail cassé au point kilométrique (PK) 516,175. Les investigations sur le PN 462 amènent à découvrir à 10 h 45 un deuxième rail cassé au PK 534,320 puis, à 11 h 40, un troisième au PK 532,820.

Pendant ce temps, le train de fret n° 72049 chargé de granulats au départ de Mazières-en-Gâtine (entre Niort et Parthenay) et à destination de Bassens (Bordeaux) est arrêté à 9 h 08 à l'initiative de l'agent circulation de Saint-Mariens pour bruit anormal provenant d'un wagon situé en tête du train.

Lors de la visite, un méplat important est détecté sur le premier essieu du wagon n° 33 87 6772 698-1 situé en deuxième position dans le train.



Figure 1 : Vue de l'essieu avarié et de l'immatriculation du wagon

Aucune anomalie n'est détectée sur les autres wagons du train.

Après isolement du frein du wagon en cause, le train est acheminé à 20 km/h jusqu'au triage d'Hourcade où il arrive à 12 h 30. Le wagon est alors réformé et garé en attente d'expertise.

À partir de 15 h 40, après réparation provisoire des trois ruptures de rails détectées le matin, une tournée de vérification en draine est effectuée sur le parcours Beillant – Saint-Mariens qui couvre le secteur où les ruptures ont été constatées.

Aucune anomalie n'est détectée et, à 17 h 18, le dirigeant de proximité Voie autorise la reprise des circulations à vitesse normale.

La nuit du 13 au 14, à l'occasion d'un chantier de renouvellement de traverses entre Pons et Jonzac, trois nouvelles ruptures de rails sont détectées. Après réparations provisoires,

le dirigeant d'astreinte décide de limiter la vitesse des trains à 40 km/h entre les PK 516 et 534.

La journée du 14, une tournée en cabine entre Saintes et Saint-Mariens permet de détecter deux nouvelles ruptures de rails entre Pons et Jonzac. Des tournées à pied sont effectuées sur la totalité du parcours du train ; une rupture est détectée au PK 427,030 entre Niort et Saintes et une autre au PK 567 vers Saint-Mariens.

Entre le 15 et le 18 décembre, un planning de tournées est mis en œuvre par l'unité de production (UP) Voie de Niort.

Une rupture est détectée le 15 matin au PK 548,980, lors d'une tournée en train.

Une auscultation par train de contrôle par ultrasons (US) de l'ensemble de la ligne est réalisée le 16 et un défaut est détecté vers le PK 545,790.

En fait, ce sont deux ruptures qui sont détectées le lendemain sur le même rail aux PK 545,785 et 545,790.

Au total, ce sont 13 ruptures de rails qui sont constatées. Douze se trouvent dans un secteur de 50 km de la ligne Saintes – Bordeaux. Un cas isolé est localisé sur la voie unique de Niort à Saintes.

1.2 - Les mesures prises après l'événement

Le 13 décembre, des limitations temporaires de vitesse (LTV) à 40 km/h sont mises en place aux endroits des premières ruptures, puis, à partir du 14, étendues progressivement à la totalité du tronçon Pons – Jonzac puis au tronçon Jonzac – Montendre (PK 556).

La levée des restrictions de vitesse est décidée par la direction de la maintenance de SNCF Réseau le 22 décembre sous réserve :

- de la réalisation de tournées en cabine 3 fois par semaine et quotidiennes en cas de température négative ;
- de la programmation de contrôles US spécifiques avant le 15 janvier 2017 et avant le 15 février 2017.

Après un mois sans nouvelle rupture, la trame de tournées en cabine a été ramenée, le 18 janvier 2017, à une tournée par semaine en cas de température négative, sous réserve de découverte de nouveaux défauts ou de ruptures.

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

Au vu des circonstances et du contexte de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 15 décembre 2016 une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 du code des transports.

L'enquêteur a participé à l'expertise du wagon au triage d'Hourcade le 20 décembre 2016, à l'issue de laquelle il a fait effectuer des expertises complémentaires de l'essieu concerné et du système de freinage.

Il a animé diverses réunions consacrées au matériel roulant et à l'infrastructure.

Il a contacté les bureaux d'enquêtes européens pour connaître leur retour d'expérience ainsi que les agences nationales de sécurité et l'agence ferroviaire européenne pour connaître l'état d'équipement des réseaux nationaux en détecteurs d'impacts de roues.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - Les lignes ferroviaires concernées

L'ensemble du parcours Mazières-en-Gâtine – Bassens du train n° 72049 se situe sur la ligne n° 500 000 du RFN, ancienne ligne Chartres – Bordeaux des Chemins de Fer de l'État.

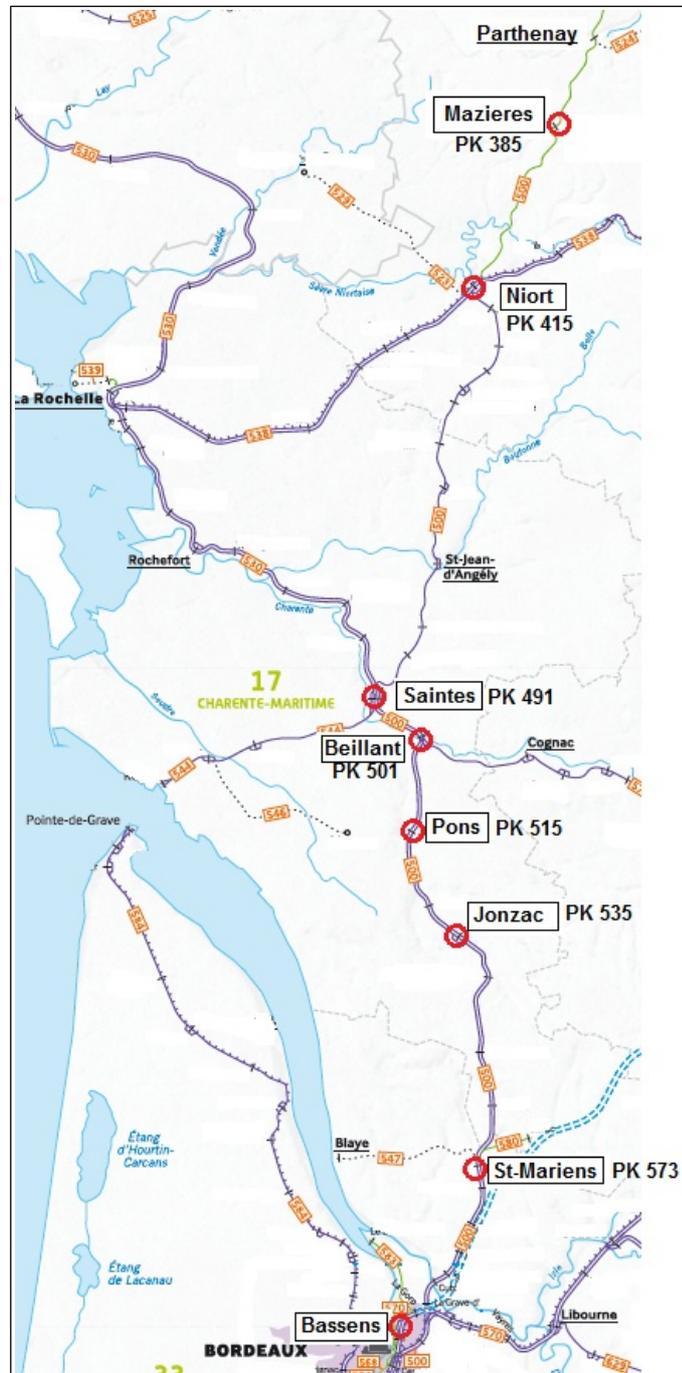


Figure 2 : Carte des sections de lignes empruntées par le train n° 72049

En pratique, le parcours du train couvre trois sections de lignes de nature et d'équipements très différents mais qui admettent toutes trois la circulation des wagons en charge D¹ :

- la section à voie unique Parthenay – Niort, qui relève du groupe UIC 9 SV ;
- la section à une voie banalisée Niort – Saintes, qui relève du groupe UIC 8 AV ;
- la section à double voie Saintes- Bordeaux qui relève du groupe UIC 7 AV².

C'est sur cette dernière section que se sont produites 12 des 13 ruptures de rails qui font l'objet de la présente enquête.

2.2 - La section de ligne Saintes – Bordeaux

Bien que non électrifiée, cette section à double voie supporte un trafic relativement important car elle constitue le tronc commun de la relation Niort – Bordeaux et de la relation Nantes – La Rochelle – Bordeaux.

La vitesse maximale des trains est variable selon les secteurs, entre 110 et 160 km/h pour les trains de voyageurs et entre 70 et 100 km/h pour les trains de marchandises. En outre, la vitesse est limitée de façon permanente à 60 km/h sur un secteur de 6,7 km au nord de Saint-Mariens en raison de l'état général de la voie .

PK	Voie 1	AGC	X	Autres	V160	V140	V120	ME100	MA100	MA90	MA80
		B16C	T16C	T14C							
491,5	Saintes										
515,6	Pons	110	110	110	110	110	110	70	70	70	70
542,9	Fontaine - Ozillac							80	80	80	
555,8	Montendre	130	130	130	120	120					80
566,8	Pancarte Km 566,8	160	160	140	160	140	120	100	90	90	
573,5	Pancarte Km 573,5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
588,7	Pancarte Km 588,7	140	140	140	140	140	120				
593,2	Cubzac les Ponts	110	110	110	110	110	110	100	90	90	80
	Bordeaux St Jean	120	120	120	120	120	120				

Figure 3 : Vitesse maximale des trains Voie 1

Elle est équipée du block automatique lumineux (BAL) de Saintes à Beillant puis du block automatique à permissivité restreinte (BAPR) à compteur d'essieux au-delà de Beillant. Avec ce type de BAPR, les circuits de voie ne couvrent que les zones de gares et de passages à niveau.

1 En fonction de leurs caractéristiques les lignes ferroviaires européennes admettent des charges de wagons plus ou moins grandes, classées A, B, C ou D. La charge D est la plus élevée.

2 Classée en groupe 6 jusqu'en 2010, cette ligne est susceptible d'être reclassée en groupe 6 suite à l'augmentation de son trafic fret.

2.3 - Les ruptures de rails sur le RFN

2.3.1 - Les chiffres

Le nombre des ruptures de rails sur le réseau ferré national se situe autour de 300 par an avec des variations assez importantes liées aux aléas climatiques, les basses températures ayant pour effet de mettre en tension les rails et de fragiliser l'acier.

	2011	2012	2013	2014	2015
Ruptures de rail	274	335	301	219	195

Figure 4 : Nombre de ruptures de rails sur le RFN

Rapporté à la longueur de voies, le taux de ruptures aux 100 km est d'environ 0,6 sur les lignes classiques et de 0,1 sur les lignes à grande vitesse.

La tendance sur le long terme est à la baisse, les nombres moyens étant de 900 dans les années 1990 et de 500 dans les années 2000.

2.3.2 - La prévention

Au-delà de la qualité de fabrication des rails et de la maintenance générale de la voie, la prévention des ruptures repose sur la détection précoce des fissures et leur suivi. La détection des fissures se fait soit visuellement lors des tournées de surveillance et des opérations d'entretien, soit par auscultation ultrasonique. Après détection, et prise des mesures prévues, les défauts des rails sont répertoriés et suivis dans une application informatique dénommée Defrail.

2.3.3 - La détection des ruptures

Sur les lignes équipées continûment de circuits de voie (CdV), la détection des ruptures se fait essentiellement à la suite du dérangement de zone provoqué par la coupure ou le battement du circuit de voie. Ces lignes représentent 50 % du kilométrage et 90 % du trafic du RFN.

Sur les autres lignes, la couverture par CdV est discontinue ou inexistante. Sur les secteurs non couverts, la détection se fait visuellement par les agents de maintenance en tournée ou en opération d'entretien ou par les conducteurs de trains ressentant des chocs anormaux.

2.4 - Les conditions météorologiques

Le 13 décembre 2016, la station Météo-France de Saint-Germain-de-Lusignan située à 2 km de Jonzac a relevé les températures et les précipitations figurant sur le graphique ci-dessous.

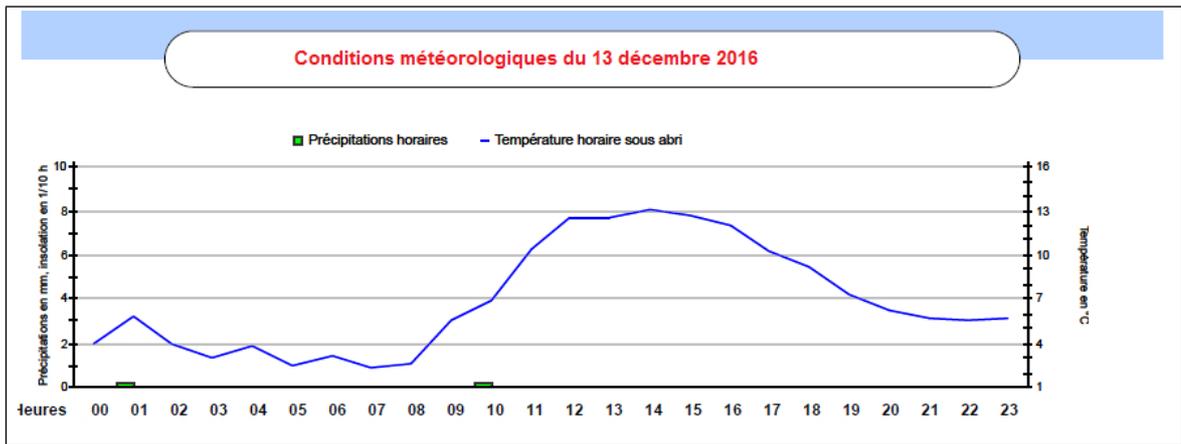


Figure 5 : Relevé des températures et précipitations le jour de l'accident

On remarquera la température de 2 °C en fin de nuit ce qui a pour effet de mettre les longs rails soudés en traction et de fragiliser l'acier. On notera également les légères précipitations en milieu de nuit favorisant les enrayages en cas de freinage.

2.5 - Le train n° 72049

La circulation en cause dans l'événement est un train de fret de l'entreprise ferroviaire (EF) SNCF Mobilités qui circule entre l'embranchement ferroviaire de la carrière Kléber Moreau à Mazières-en-Gâtine (79) et le terminal de Bassens (33).

Stricto sensu, elle ne porte le numéro 72049 que sur le parcours Niort – Bassens. Toutefois, dans un but de simplification, dans ce rapport, le terme « train n° 72049 » désigne l'ensemble de la circulation.

05/01/2017 09:36:28 

1 - Description Sillon

N° Sillon	72048/9	Origine	Niort	EM de tracé	75000
Variante	2	Destination	Bassens-Appontements	Masse de tracé	1800 T
Dda	13/12/2016	Famille	T E DESS. TERMINALES	Indice compo	MA100

2 - Tableau horaire

Nombre de ligne(s) : 34

N°	Vit lim	PK	Vit réf	Etablissements	Horaires	M. rg	PHO	C. rad	Gfu	Pfr	Voies	Infos EF
1	80	73.4		Niort BV	05:35				✓		VU	
23	70	491.5		Saintes BV	[C] 07:02 07:46	1					VUV 1	
25	70	501.2		Beillant BV	07:57+				✓		V1	
28	80	515.6		Pons BV	08:11	2			✓			
32	80	534.9		Jonzac BV	08:27+	1			✓			
34	90	542.9		Fontaines-d'Ozillac BV	08:35	1			✓			
40	60	572.6		St-Mariens-St-Yzan BV	08:58	1			✓			
68	40	5.6		Bordeaux-Hourcade-Triage Faisceau Réception Est	S 09:59 10:57	1		2			CE	
83	60	575.4		Bassens-Appontements BV	11:22						VU	

Figure 6 : Extrait de la fiche train n° 72049

Le jour de l'événement il est composé de 18 wagons de type EX 90 chargés de granulats et sa traction est assurée par une unité double de locomotives diesel du type BB 75000.

La masse totale du convoi est de 1751 t pour une masse de tracé de 1800 t.

Sa masse freinée est de 1206 t alors que la masse freinée minimale pour un train MA 100 est de 1004 t.

La composition du train est donc conforme aux prescriptions relatives à sa catégorie et à son sillon.

L'équipement en personnel de ce train est assuré par la société ECORAIL - TRANSPORT. Il est composé normalement d'un conducteur et d'un agent au sol chargé des opérations de formation et de manœuvre. Le 13 décembre 2016, il y avait un conducteur et un agent au sol supplémentaires en formation.

2.6 - Les wagons EX 90

Les wagons EX 90 qui composaient le train n° 72049 sont des wagons trémies destinés au transport de granulats.

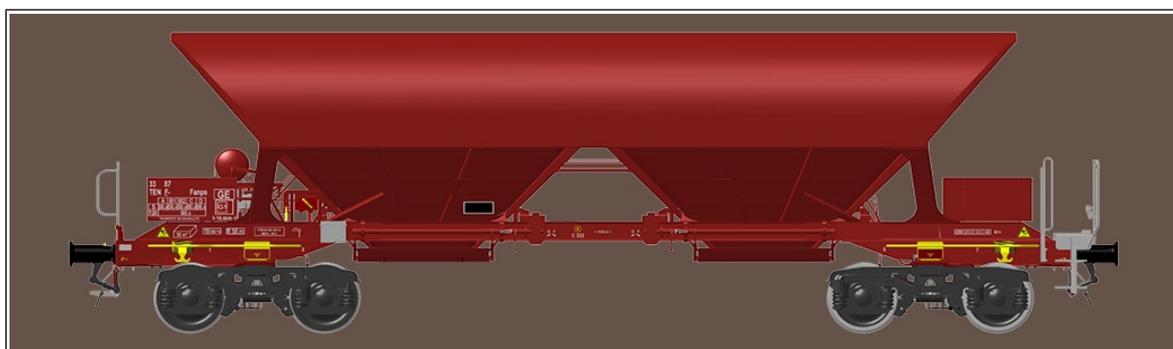


Figure 7 : Image d'un wagon EX de transport de granulats

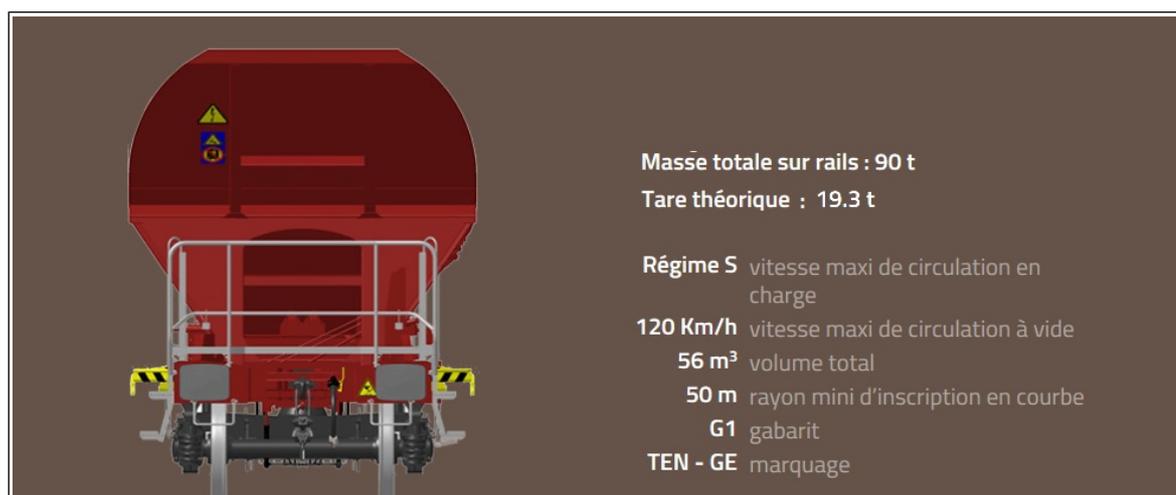


Figure 8 : Principales caractéristiques d'un wagon EX de transport de granulats

Le freinage du wagon est piloté par un distributeur KNORR KE et deux relais VCAV³ (un par bogie) qui modulent la pression aux cylindres de frein en fonction de la charge propre de chaque bogie, mesurée par des détendeurs de pesée. Le coefficient de freinage⁴ réalisé est de 65,5 % en charge et 106,5 % à vide.

Sur chaque bogie, l'effort de freinage est réalisé par un système BFCB⁵ Faiveley actionnant une double semelle composite de type C 333 par roue. Ce système comporte un cylindre de frein par file de rail et garantit intrinsèquement l'égalité des efforts de freinage des deux essieux d'un bogie.



Figure 9 : Marquage du type de semelle sur le longeron du wagon



Figure 10 : Système de freinage BFCB

3 Vide-chargé auto variable

4 Le coefficient de freinage, appelé aussi pourcentage de masse freinée, est un coefficient décrivant la capacité de freinage d'un wagon. Un coefficient de 80 % signifie que le wagon, lancé à 120 km/h, est capable de freiner et de s'arrêter en une distance de 1000 mètres, sur une voie rectiligne horizontale. Les équations de la dynamique montrent, qu'en toute situation, la distance de freinage est proportionnelle à ce coefficient, au carré de la vitesse initiale, à la masse du wagon et dépend aussi des données de profil de la ligne. Sur un train, la masse freinée, produit du pourcentage de masse freinée et de la masse du train, s'obtient par addition des masses freinées individuelles des véhicules qui le composent. L'intérêt de cette notion vient ainsi de sa simplicité d'utilisation en opérationnel au moment de la vérification de l'aptitude à la circulation d'un train. Ce coefficient peut être supérieur à 100 % permettant ainsi d'homogénéiser les performances de freinages de l'ensemble du train, certains wagons pouvant ne pas être freinés en propre.

5 Bloc de Freinage Compact – Bogie

2.7 - Le wagon en cause

Le wagon porte le numéro 33 87 6772 698-1. Il appartient à la société ERMEWA, qui est aussi son entité en charge de la maintenance (ECM).

Il fait partie d'une série de 185 unités commandées par ERMEWA aux ateliers d'Orval dans le Cher et il a été mis en circulation le 6 novembre 2015.



Figure 11 : Cartouche de révision indiquant la date de sortie d'usine

Le jour de l'incident, il circulait en deuxième position dans le train avec son extrémité 1 tournée vers l'avant.

Il était chargé de 68,200 t de granulats, sa charge maximale étant de 70,7 t.

2.8 - La société ECORAIL - TRANSPORT

ECORAIL - TRANSPORT est une filiale à 100 % de la SNCF qui assure des prestations de traction ferroviaire en sous-traitance de Fret- SNCF.

Basée à Saint-Pierre-des-Corps (37), elle opère, essentiellement au départ du bassin de Thouars (79), des transports relevant des secteurs du BTP et des produits agricoles.

Son personnel est composé soit d'agents détachés de la SNCF, soit de salariés de droit commun formés dans les établissements SNCF. Les aptitudes et les habilitations de ces personnels sont assurées en interne sur la base d'un contrôle à deux niveaux.

Elle est titulaire d'un certificat de sécurité d'entreprise ferroviaire depuis juillet 2016 mais continue également à assurer des trains sous le certificat de SNCF Mobilités comme c'était le cas du train n° 72049 du 13 décembre 2016.

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages

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

3.1.1 - Les déclarations du conducteur du train

« À [l'entrée de] Saint-Mariens le train est arrêté par les signaux du poste pour laisser passer le TER de 8 h 43. Après quelques minutes, je reçois un appel de l'AC* de Saint-Mariens qui m'informe que la gare de Beillant signale des problèmes sur deux PN après le passage de mon train et me demande de le visiter pour s'assurer que celui-ci n'est pas en cause.

Après examen minutieux des deux côtés du train [par les quatre agents présents sur le train], de retour en cabine, j'avise l'AC qu'aucune anomalie n'a été découverte.

Celui-ci m'ouvre le signal et je reprends ma marche.

Au signal 47 du PK 581,453 [à la sortie de Saint-Mariens], je suis de nouveau arrêté par les signaux. Au téléphone de voie, l'AC m'informe qu'il a entendu un gros bruit au niveau du 1^{er} ou du 2^e wagon et qu'il va me transmettre un ordre ANOT [avis d'anomalie au train].

Application de la page 105 du Memento⁶.

Lors de la visite du train, découverte d'un plat important sur la roue 1 puis à la roue 2.

Isolement du frein du wagon et acheminement du train jusqu'à Hourcade sans dépasser 20 km/h. »

3.1.2 - Les déclarations du conducteur en formation

« .../...

En ligne entre Mazières et Niort, lors d'un freinage, le conducteur et moi-même constatons un enrayage sur l'indicateur de vitesse. Le conducteur desserre aussitôt. Ce genre d'enrayage est fréquent sur cette ligne à cette période de l'année.

À l'arrivée à Niort nous tirons jusqu'au signal de sortie [fermé]. Je ne vois pas d'AC sur le quai pour vérifier le train au défilé.

À l'ouverture du signal nous repartons en direction de Saintes.

Au passage à Saint-Jean-d'Angély, l'AC est sur le quai et regarde le train au défilé.

Arrivés à Saintes, arrêt en bout de quai. Pendant l'arrêt nous effectuons l'inspection visuelle des deux engins et du 1^{er} attelage. Le chef de service arrive et nous expédie en direction de Bordeaux.

* Terme figurant dans le glossaire

6 « DECOUVERTE ou AVIS d'une ANOMALIE sur la CIRCULATION (autre qu'incendie ou anomalie de chauffage ou de climatisation) »

Au passage à Beillant, l'AC est sur le quai.

À l'approche de Saint-Mariens, nous sommes arrêtés au signal C11. Le conducteur est avisé que deux PN se sont mis en dérangement après notre passage.

Après que le conducteur a pris les dépêches nécessaires, nous partons tous les quatre à la visite du train et ce jusqu'au véhicule porteur de la signalisation d'arrière. Nous ne découvrons rien d'anormal.

Après être repartis, nous sommes de nouveau arrêtés au C47 car l'AC de Saint-Mariens a décelé une anomalie sur le 2^e wagon. Cette fois, lors de la visite, l'un de nous voit un plat sur une roue, en partie caché par la semelle de frein, puis sur l'autre roue de l'essieu en question.

.../...

Le lendemain, de passage à Saintes avec un autre train, nous sommes garés et nous revoyons le chef de quai. [Nous parlons de l'incident de la veille et] il nous dit que le deuxième wagon sautait et claquait. »

3.1.3 - Les déclarations des agents sol

L'agent sol titulaire

« Arrivé à Mazières vers 3h15 j'avais avec moi un agent en formation pour la connaissance des sites de Mazières et d'Hourcade.

Il a effectué la mise en tête et ensuite nous avons effectué la RAT* et l'essai de frein complet sans déceler aucune anomalie. .../...

Nous avons fait le défilé du train lorsqu'il est sorti de l'embranchement et nous n'avons pas entendu de bruit anormal. Ensuite, nous avons remonté la rame et j'ai donné le départ. .../...

[Après le deuxième arrêt à Saint-Mariens] je suis allé voir les roues des wagons et au deuxième wagon, j'ai découvert un plat important sur une roue et en faisant le tour, nous avons vu que l'autre roue était aussi abîmée.

Le lendemain, au passage à Saintes, le chef de quai nous a dit qu'il avait vu le deuxième wagon sauter et claquer. »

L'agent sol en formation

Les déclarations de cet agent confirment celles des autres agents du train.

3.1.4 - Les déclarations des agents circulation des gares

L'AC de Niort

« Je ne me rappelle pas particulièrement de ce train mais j'effectue toujours la STEM en sortant sur le quai avec le drapeau ou la lanterne.

Je n'ai rien constaté de suspect à l'arrivée de ce train à Niort. »

* Terme figurant dans le glossaire

L'AC de Saint-Jean-d'Angély

« Le train s'est arrêté en gare pendant 4 minutes. Lors de la surveillance au défilé, constatation d'un léger plat sur un wagon comme cela arrive de temps en temps mais pas de quoi arrêter le train ou même aviser la gare de Saintes. »

L'AC de Saintes

« Arrivée du train 72049 voie 3 sur signal fermé à 7 h 08 (avec 6 min de retard). Le centre de régulation demande s'il est possible de l'expédier en avance.

Départ à 7 h 14 (avec 32 min d'avance). Après départ du train, l'agent d'escale [qui assure la STEM sur le quai] m'informe d'un léger plat sur un wagon. Je ne juge pas nécessaire de prendre des mesures particulières. »

L'AC de Beillant

« Lors du passage du train, je suis sorti pour effectuer la STEM et je n'ai rien remarqué d'anormal. Le train ne faisait pas plus de bruit que d'autres trains de marchandises. En revanche, un agent de la voie qui était dans le réfectoire un peu plus loin a entendu un bruit suspect mais ne m'a rien dit. [Il n'en a parlé que le surlendemain après avoir appris la survenue de l'incident]. »

L'AC de Saint-Mariens – Saint-Yzan-de-Soudiac

« L'AC de Beillant m'appelle pour retenir le train de marchandises [72049] car des zones auraient chuté sur son passage. Je ferme le signal C11 et, après son arrêt au carré, je prends les mesures de protection Voie 2 et j'avise le mécanicien de visiter son train pour rechercher des pièces traînantes. Après environ 15 min, le conducteur m'avise qu'il n'a rien constaté d'anormal. Je transmets cette information à Beillant.

Après levée des mesures de protection, j'ouvre le C11 pour laisser partir le train et je sors du poste pour effectuer la STEM. Au passage du train, j'entends un gros bruit sur une roue du 1^{er} ou 2^e wagon. J'actionne le dispositif d'arrêt aval Voie 1.

Une fois le train arrêté au signal 47, et les mesures de protection prises, je demande au conducteur d'aller vérifier le 1^{er} ou 2^e wagon. Après 10 min, le conducteur m'avise qu'il a constaté un gros plat sur une roue. Il m'annonce qu'il peut continuer sa marche en limitant sa vitesse à 10 km/h. »

3.2 - L'examen des données de l'enregistreur de bord

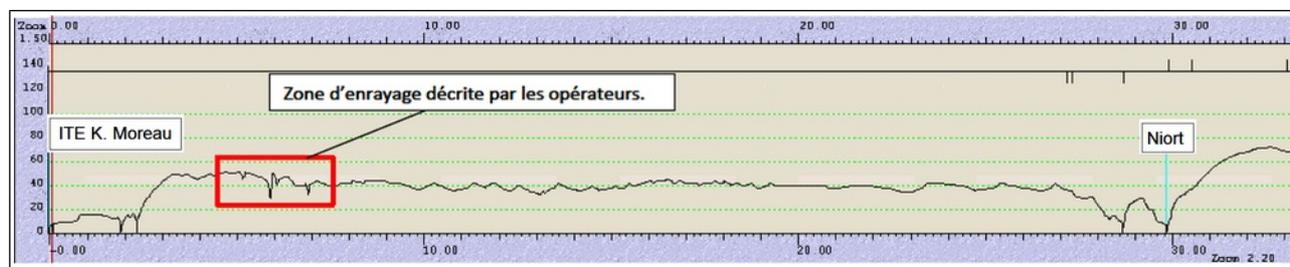


Figure 12 : Parcours Mazières-en-Gâtine – Niort

L'examen détaillé de l'enregistrement permet de confirmer la réalité de trois enrayages sur des longueurs de 100 m, 350 m et 100 m dans la zone décrite par les agents présents sur le train.



Figure 13 : Parcours Niort – Saintes

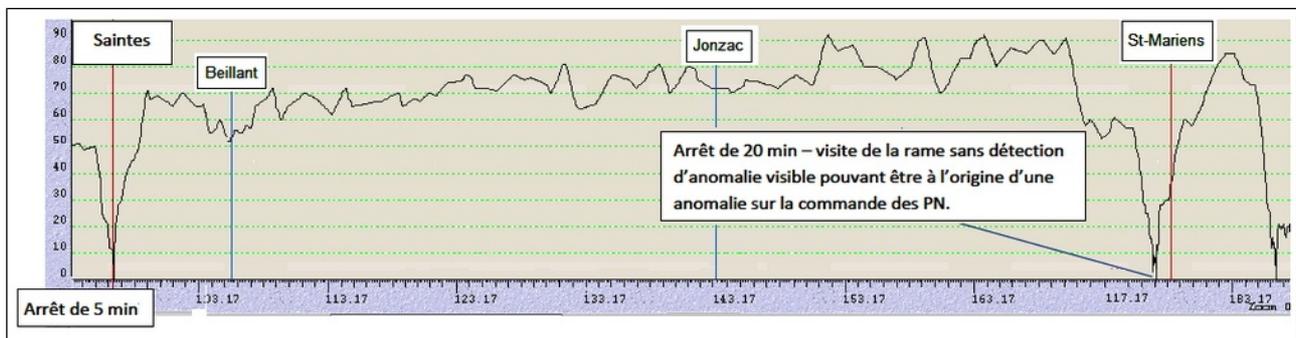


Figure 14 : Parcours Saintes – Saint-Mariens avec zones de ruptures

Sur l'ensemble du parcours, les vitesses maximales prescrites sont respectées et aucun indice d'enrayage n'apparaît en dehors de la zone située entre Mazières-en-Gâtine et Niort.

3.3 - Les investigations concernant la voie

3.3.1 - Le positionnement des ruptures

Sur le parcours du train, les 13 ruptures de rails se positionnent globalement de la façon suivante :

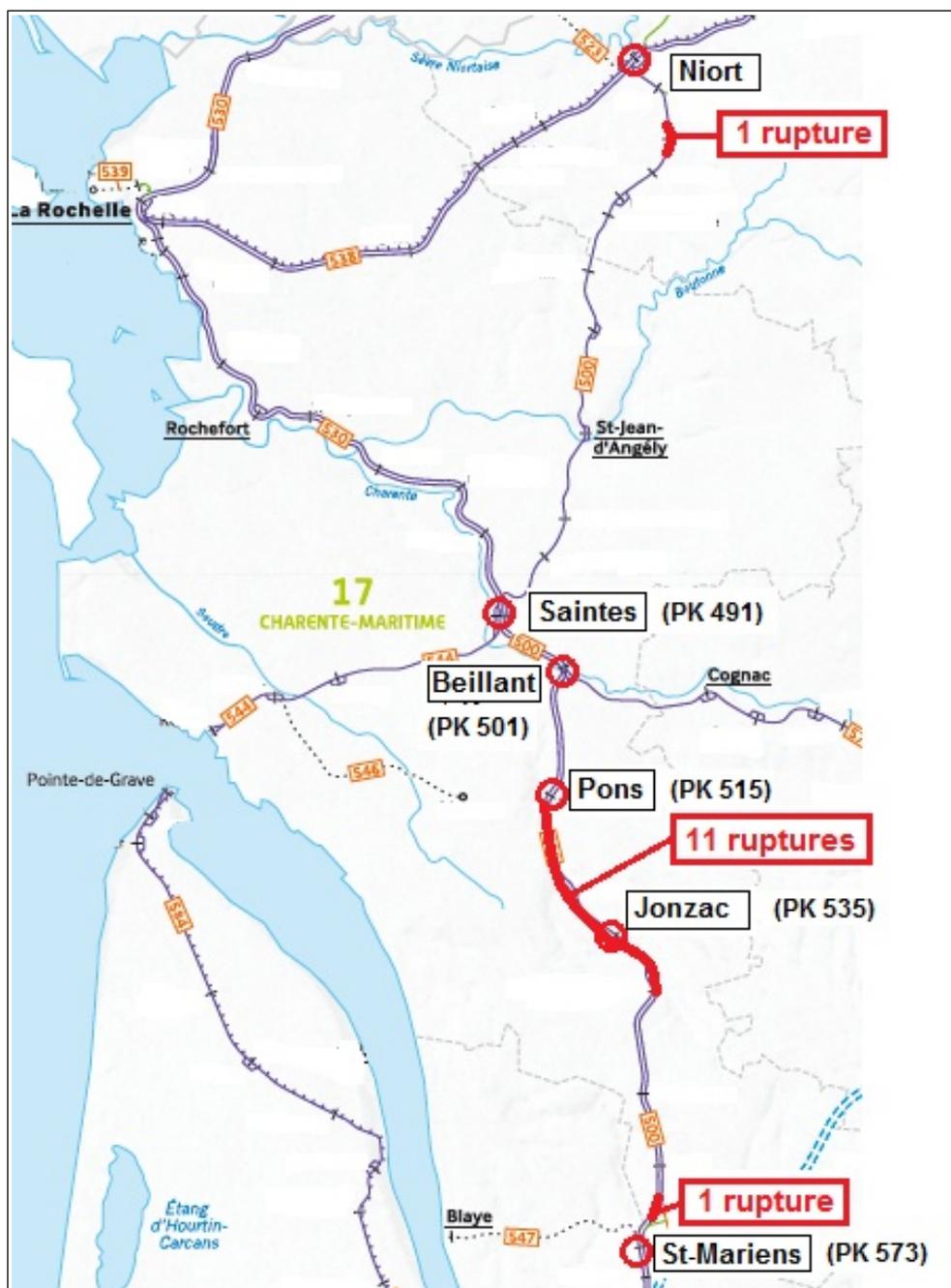


Figure 15 : Position des ruptures

La figure de la page suivante fait apparaître le point kilométrique et le type de rupture, la file de rail concernée, son type et son année de fabrication.

Trois de ces ruptures, numérotées 2, 8 et 9 se situent dans des zones couvertes par les circuits de voie (CdV) des passages à niveau 447 et 462. Elles ont provoqué immédiatement des dérangements de ces PN et ont été découvertes dans la matinée du 13 décembre 2016.

Les autres, situées dans des zones non équipées de CdV ont été découvertes plus tardivement, d'abord par hasard dans la nuit du 13 au 14 puis par des tournées spécialement organisées ; les deux dernières ruptures ont été découvertes le 17 décembre.

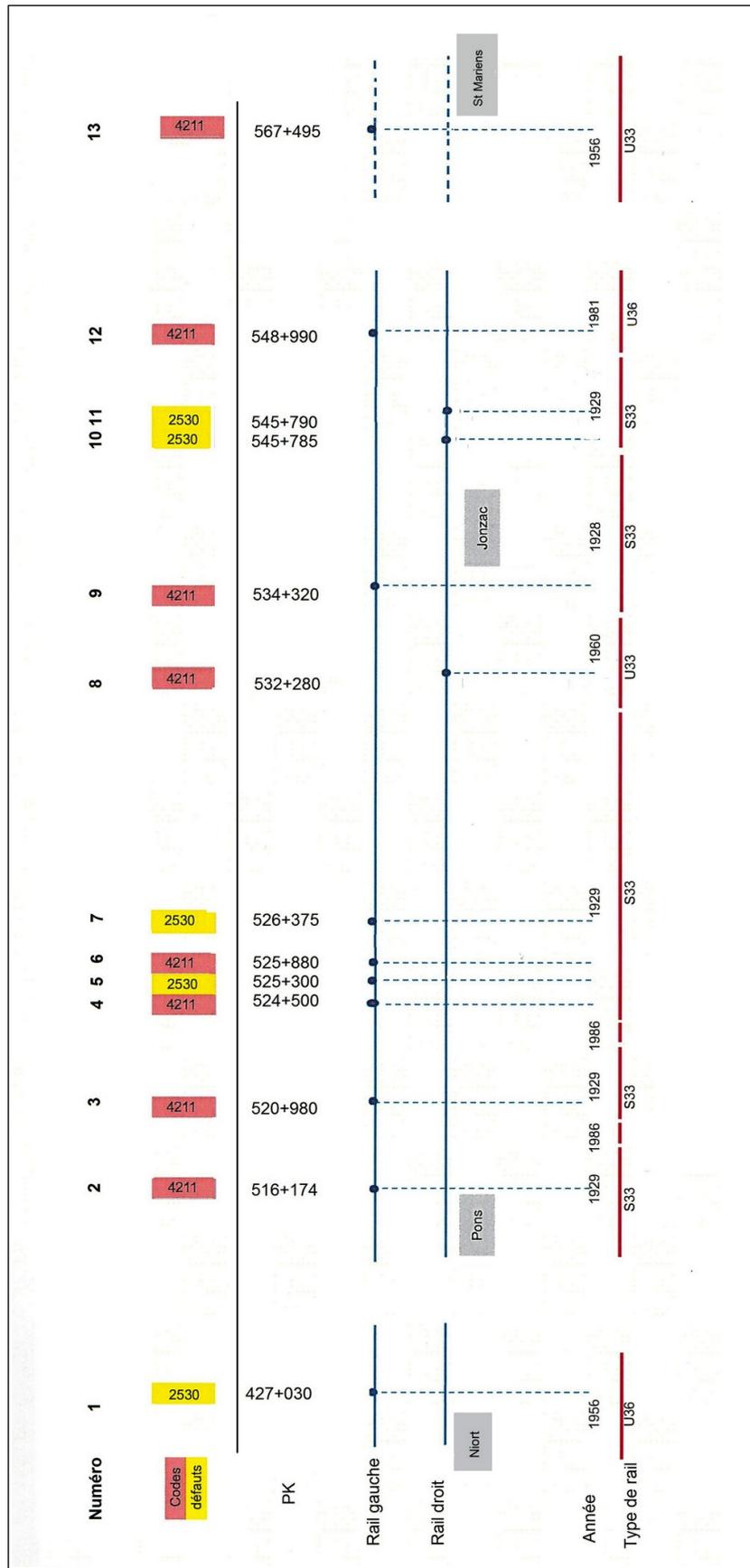


Figure 16 : Schéma des ruptures

3.3.2 - L'analyse des ruptures

On observe que 8 des 13 ruptures sont situées sur des rails datant de 1928 et 1929 soudés dans les années 1970 pour constituer des LRS. Quatre concernent des rails posés aux alentours de 1960 et une, un rail de 1981.

Dix des 13 ruptures affectent la file de rails gauche, trois affectent la file droite⁷.

Huit ruptures se sont initiées sur une soudure aluminothermique (SA) et relèvent du code défaut⁸ 4211 (fissuration transversale du profil partant du patin).



Figure 17 : Rupture n° 3 sur soudure aluminothermique

Cinq se situent en pleine barre, au droit d'une traverse et relèvent du code défaut 2530 (fissuration verticale longitudinale partant du patin). Ce type de rupture est rare, on en recense en moyenne trois par an pour l'ensemble du RFN.



Figure 18 : Rupture n° 5 en pleine barre

7 « File droite » ou file gauche » déterminée en fonction du sens de circulation

8 Il s'agit de la codification des défauts des rails selon le document SNCF IN 0285

L'expertise de ces ruptures a été effectuée par le laboratoire des rails de SNCF Réseau.

Il en ressort que :

- aucune malfaçon n'a été détectée sur les soudures rompues ;
- les ruptures en pleine barre sont initiées sur des défauts de laminage indétectables. Ce type de défaut est inhérent à la méthode de fabrication des rails pratiquée par tous les fournisseurs jusqu'en 1972 ;
- les ruptures présentent un caractère brutal et sont probablement la conséquence de chocs de forte intensité ;
- aucun signe précurseur n'était détectable en maintenance.

Par ailleurs, si les ruptures n° 2, 8 et 9 sur zones de CdV peuvent être attribuées avec certitude au passage du train n° 72049 du 13 décembre 2016, pour les autres, l'absence de matage des faciès de rupture et le peu d'écrasement du dessus du champignon permet également de déduire que ces ruptures sont consécutives au passage de ce train mais avec une moindre certitude.

3.3.3 - Les traces constatées sur la voie

Lors de l'inspection de la voie effectuée par l'Infrapôle, des traces inhabituelles ont été constatées sur les tables de roulement des rails, à plusieurs endroits de la ligne.

Ces traces, plus ou moins nettes, d'aspect pointillé, sont visibles sur des zones dont la longueur varie de 18 m à 6 km.

La première, située à environ 5 km après la gare origine du train n° 72049, correspond au secteur où des enrayages ont été signalés par les agents de conduite du train et confirmés par l'enregistrement ATESS.

Les suivantes ne correspondent pas à des zones d'enrayage ni même de freinage du train concerné.



Figure 19 : Traces sur le rail, observées à différents endroits de la ligne.

Ces traces sont difficiles à interpréter. Dans certains cas, elles peuvent correspondre au glissement d'une roue bloquée en présence d'usure ondulatoire du rail mais plus souvent, elles relèvent du phénomène de « phase blanche » correspondant à la transformation superficielle de l'acier au sommet des crêtes d'usure ondulatoire sous l'effet du roulement des essieux.

3.3.4 - L'historique des opérations de prévention des ruptures de rails sur le secteur

Les tournées d'auscultation US par engins lourds sont prévues avec un cycle de 96 mois entre les PK 415 et 487 et un cycle de 72 mois entre les PK 487 et 566.

Les documents de traçabilité montrent un passage du train US en 2010 entre les PK 415 et 487 et en 2011 entre les PK 487 et 566.

De même les tournées US manuelles avec des cycles à 48 mois et 60 mois ont été effectuées dans les délais.

3.4 - Les investigations concernant le wagon 698-1

Le wagon en cause a été garé dès son arrivée au triage d'Hourcade le 13 décembre 2016.

Il a été expertisé le 20 décembre, au poste d'entretien du triage, en présence du BEA-TT, des représentants des entités concernées par la construction, l'entretien et l'exploitation du wagon et des experts de la direction du matériel et du centre d'ingénierie du matériel (CIM) de SNCF Mobilités.



Figure 20 : Wagon sur la voie de levage d'Hourcade

3.4.1 - Aspect général et chargement

Le wagon sorti d'usine le 6 novembre 2015 est apparemment en très bon état et ne présente aucune trace d'avarie visible.



Figure 21 : État général du wagon

Son chargement de granulats est bien réparti tant longitudinalement que transversalement.

3.4.2 - Expertise des essieux

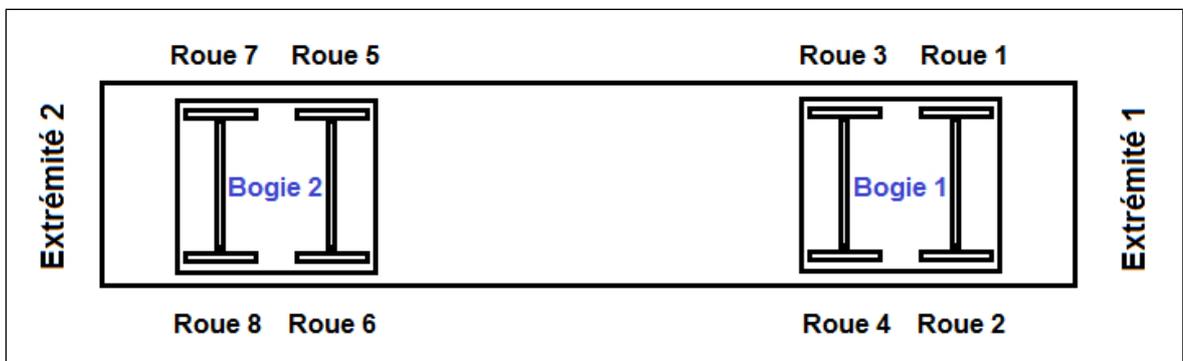


Figure 22 : Numérotation des roues et organes d'un wagon (vue de dessus)

Les contrôles dimensionnels des essieux ne présentent aucune anomalie.

À l'examen visuel sous véhicule, seul l'essieu 1-2 présente un défaut sous forme d'un méplat important sur chacune des roues 1 et 2.

Le T de sécurité de la boîte n° 1 est manquant et le dessus de boîte est marqué.

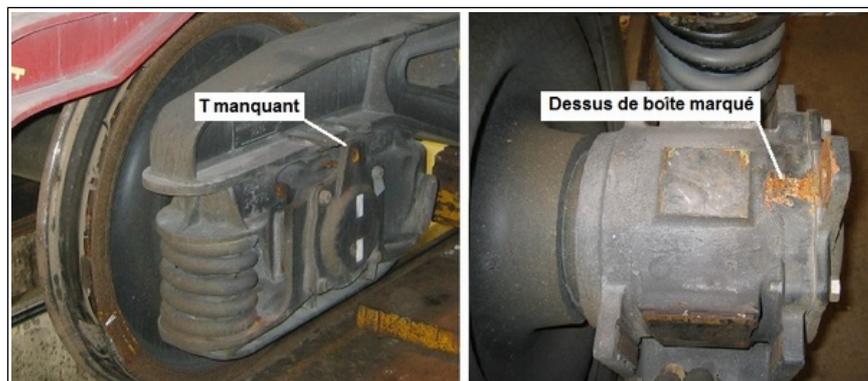


Figure 23 : Vue de la boîte n° 1 avant et après levage

Après dépose des essieux 1-2 et 3-4 et examen visuel approfondi il apparaît que le seul défaut sur les tables de roulement est ce méplat de 110 mm en correspondance sur les roues 1 et 2.

Au droit des méplats, la peinture de chaque roue a cloqué sous la jante, signe d'un échauffement localisé.

À l'essai de rotation, la boîte n° 2 grogne légèrement, signe d'un début de détérioration d'un roulement.

L'essieu a ensuite été expédié aux ateliers de Ferifos à Fos-sur-Mer pour déboîtage et examen des roulements. Cet examen a été réalisé le 28 février 2017 et n'a rien révélé d'anormal.

Une expertise métallographique et chimique des deux roues a été demandée par Fret SNCF et ERMEWA. Elle a été réalisée par le laboratoire d'essai ferroviaire. Cette expertise précise que les deux roues de l'essieu ne présentent aucune anomalie quant à la qualité du matériau les constituant, et qu'elles répondent aux exigences de la norme en termes de composition chimique et caractéristiques mécaniques. De plus, la transformation de la structure, observée à la surface de la table de roulement, est normale pour ce type de matériel.

3.4.3 - Expertise du système de freinage

Les méplats des roues étant généralement causés par un enrayage ou un incident de frein, le système de freinage du wagon a donc été expertisé.

L'examen des systèmes BFCB⁹ des bogies ne révèlent aucune anomalie visible.

Les semelles portent le marquage 333 correspondant au type préconisé C333.

Elles ne présentent pas de trace d'échauffement ni d'usure anormale. Seule la semelle basse de la roue 1 présente un aspect « grignoté ».

Cet aspect est probablement la conséquence de l'attaque par les bavures des méplats des roues lors des freinages.



Figure 24 : Les deux semelles de frein de la roue 1

L'essai de fonctionnement du frein a été réalisé par les freinistes de l'UP* d'Hourcade avec le poste SIMEF (Système informatisé modulaire d'essais de frein). Ce type de poste est l'équipement standard des établissements du matériel de SNCF Mobilités.

Deux légères fuites ont été détectées sur chacun des détenteurs de pesée mais déclarées dans les tolérances lors de l'essai d'étanchéité SIMEF. Aucune autre anomalie n'a été détectée.

Le relais Vide-Chargé Autovariable (VCAV) a été vérifié conforme lors des essais du 20 décembre.

⁹ Bloc de Freinage Compact – Bogie ; voir article 2.6

* Terme figurant dans le glossaire

Toutefois, ces essais effectués avec le wagon chargé, n'ont pas permis d'expertiser complètement le fonctionnement du frein et notamment le fonctionnement des détendeurs de pesée.

Ces dispositifs jouent un rôle important pour la prévention des enrayages en adaptant les efforts de freinage à la charge de chaque bogie du wagon.

Une nouvelle expertise du frein du wagon 698-1 a donc été réalisée le 15 juin 2017 après déchargement du wagon.

Cette expertise a mis en évidence le dysfonctionnement des deux détendeurs de pesée. Alors que ces détendeurs devraient délivrer une pression de 0,66 bar à vide, celui du bogie 1 délivrait une pression de 0,9 bar et celui du bogie 2 donnait 0,86 bar. Un tel écart se traduit par un sur-freinage des bogies concernés de 30 % environ et donc une augmentation de la probabilité d'enrayage.

Elle a également été l'occasion de revérifier le bon fonctionnement des relais VCAV.

3.4.4 - Les constats sur d'autres wagons du même type

Après l'incident du 13 décembre 2016, une surveillance particulière a été exercée sur les rames ECORAIL composées de wagons EX 90. Cette surveillance s'effectuait par le biais de la STEM et par des visites en parcours réalisées par des agents du Matériel.

Cette surveillance a permis de détecter à Saintes :

- le 26 janvier 2017, un wagon avec un méplat proche de 60 mm ;
- le 31 janvier 2017 deux wagons avec des méplats supérieurs à 60 mm et des excoirations et des fluages sur les roues de différents wagons.

Ces trois wagons ont fait l'objet d'une vérification de fonctionnement du système de freinage. Les pressions à vide des détendeurs, incluant celles du wagon 698-1 sont résumées sur le tableau ci-après.

n°wagon groupe freinage	33876772617-1 KERDV202/12KSLN		33876772659-3 KERDV-202/12 KSLN		33876772728-6 SW4 DR1-VS		33876772698-1 KERDV-202/12 KSLN	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
bogie 1	0.84	0.85	0.65	0.68	0.81	0.78	0.9	0.96
écart	0.18	0.19	-0.01	0.02	0.15	0.12	0.24	0.3
bogie 2	0.92	0.83	0.73	0.69	0.74	0.76	0.86	0.8
écart	0.26	0.17	0.07	0.03	0.08	0.1	0.2	0.14
T1	pression initiale							
T2	pression de pesée après délestage							

Figure 25 : Pressions délivrées à vide par les détendeurs de pesée

On observe que outre le wagon 698-1, le wagon 617-1 a également des détendeurs de pesée qui délivrent une pression à vide nettement supérieure au 0,66 bar nominal.

Les règles de maintenance du VPI¹⁰ auxquelles sont soumis ces wagons, prévoient une tolérance de $\pm 0,2$ bar entre la pression nominale et la pression mesurée.

Les règles de maintenance de la SNCF ne tolérancent pas l'écart entre la pression nominale et la pression mesurée mais prescrivent simplement une tolérance de 0,1 bar entre T1 et T2.

10 Vereinigung der Privatgüterwagen Interessenten : association allemande des détenteurs de wagons

3.5 - Premières conclusions et orientations des investigations

À ce stade, il est clair que les multiples ruptures de rails constatées le 13 décembre 2016 et les jours suivants sur le parcours du train n°72049 ont été causées par les chocs intenses provoqués par la présence d'un méplat de 110 mm environ sur chacune des roues de l'essieu de tête du wagon n° 33 87 6772 698-1.

Au-delà de l'identification de cette cause directe, la concentration de la plupart des ruptures sur un tronçon de voie de faible longueur conduisent à rechercher les particularités de la circulation et de l'infrastructure, propres à expliquer la survenue des ruptures dans cette zone et pas dans le reste de la ligne parcourue par le train.

Par ailleurs, compte tenu des caractéristiques du système de freinage du wagon en cause, la formation des méplats sur un seul essieu, en l'absence de toute trace d'incident de frein sur les autres essieux et en l'absence d'avarie mécanique, ne s'explique pas de façon simple. Des investigations complémentaires sont donc nécessaires.

Enfin, vu qu'un tel méplat ne se crée pas en quelques kilomètres, il est également très probable qu'il avait déjà une taille significative bien avant le secteur où la plupart des ruptures se sont produites. La qualité de réalisation de la reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) au départ du train et de la STEM sur le parcours du train mérite donc également d'être examinée.

4 - Les investigations complémentaires

4.1 - La concentration des ruptures sur un secteur donné

4.1.1 - Lien avec la vitesse du train

C'est un fait connu que l'énergie des chocs transmis au rail par une roue porteuse d'un méplat dépend de la vitesse de circulation du train. Il est donc normal de rechercher un lien entre la vitesse du train n° 72049 et la concentration des ruptures autour de Jonzac.

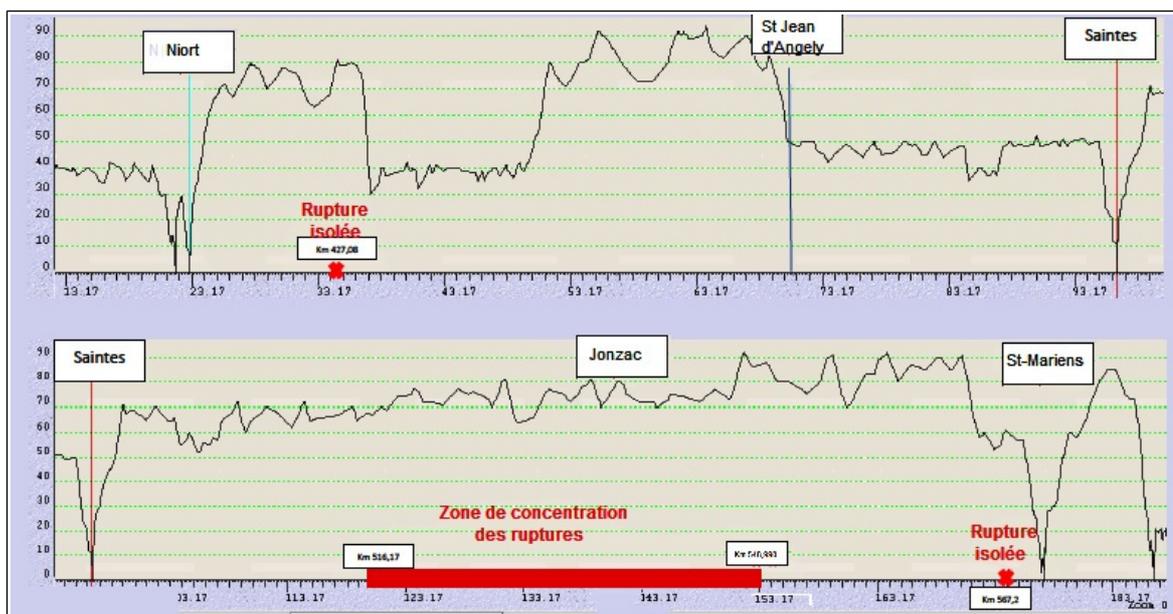


Figure 26 : Positionnement des ruptures dans le graphique des vitesses

Le graphique ci-dessus montre que 12 ruptures sur 13 se trouvent dans une zone où la vitesse du train est relativement élevée, comprise entre 70 et 80 km/h.

Toutefois, la vitesse n'explique pas la concentration des ruptures dans un secteur donné, car de part et d'autre de la zone concernée la vitesse est semblable sans qu'aucune rupture ne se produise.

4.1.2 - Historique des ruptures de rails sur le secteur Saintes – Saint-Mariens

Le BEA-TT a positionné les 23 ruptures de rails enregistrées depuis début 2000 sur le tronçon de ligne Saintes – Saint-Mariens qui est homogène en matière de trafic et de vitesse des trains.

Les résultats résumés sur la figure suivante montrent que la répartition des ruptures n'est pas homogène, avec des concentrations significatives dans certains secteurs, notamment autour des PK 525, 534 et 545 et, à l'inverse une zone indemne de ruptures entre Saintes et Beillant et une zone peu touchée entre Montendre et Saint-Mariens.

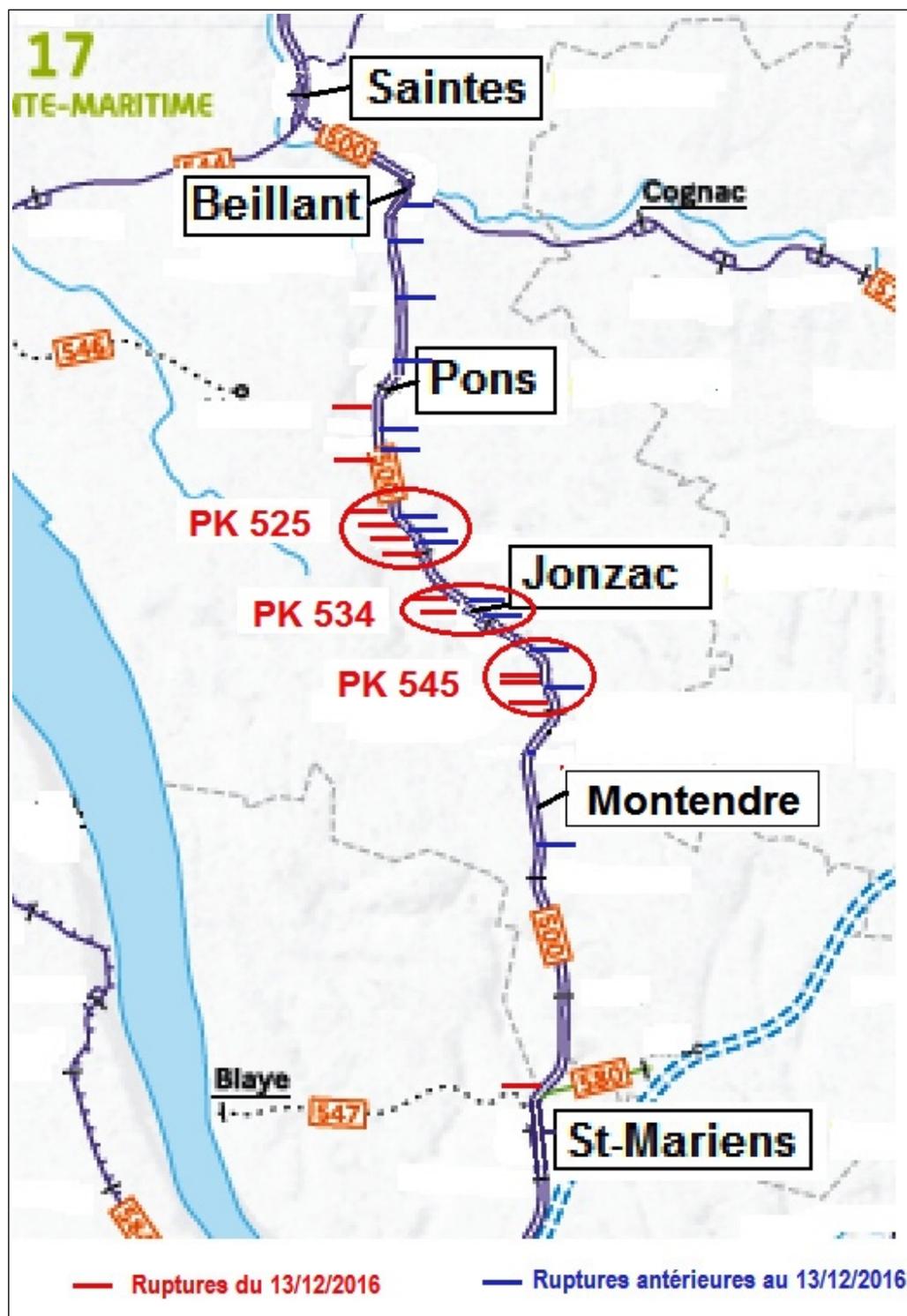


Figure 27 : Répartition des ruptures depuis 2000

Notamment, il faut noter trois cas de ruptures pour cause 2530 (fissuration verticale longitudinale)¹¹ entre le 30 octobre et le 19 novembre 2013 aux PK 525, 526 et 545. Compte tenu de la rareté de ce type de rupture, cette concentration dans le temps et dans l'espace pose question. Les investigations menées à l'époque avaient montré que ces ruptures affectaient deux rails de profil S12 de 1926 et un rail de profil U33 de 1955. Les contrôles par courants de Foucault effectués dans les zones de ruptures n'avaient détecté aucun défaut similaire.

11 Voir article 3.3.2

4.1.3 - Les caractéristiques et l'état de l'infrastructure

Lorsqu'une voie est soumise à des contraintes et des chocs dus au passage d'un véhicule circulant dans des conditions anormales les dommages qui s'ensuivent dépendent de différents facteurs dont notamment les caractéristiques et l'état du rail et de l'armement.

Le fait que 8 ruptures aient affecté des rails datant de 1928 et 1929 confirme *a priori* l'influence des caractéristiques de l'infrastructure.

À l'examen des caractéristiques globales de la voie 1 entre Saintes et Saint-Mariens on peut mettre en évidence trois parties dont les caractéristiques sont sensiblement différentes :

- entre Saintes et le PK 516, une partie homogène équipée de rails et traverses modernes datant de 2010/2011 ;
- entre les PK 516 et 546, une partie hétérogène équipée de rails datant majoritairement des années 1928 et 1929 et pour le reste, des années 1960 à 63. Le plancher est mixte datant de 1970 ou bi-bloc de 1986 ; la régénération de la voie entre les PK 516,310 et 525,310 était prévue pour 2017 ;
- entre les PK 546 et Saint-Mariens, un équipement assez homogène avec, pour l'essentiel, des rails et des traverses de 1981.

Section de ligne	Longueur approximative de la section	Nombre de ruptures au passage du train n° 72049
De Saintes au PK 516	25 km	0
Du PK 516 au PK 546	30 km	10
Du PK 546 à Saint-Mariens	26 km	2

Sachant que la vitesse du train et la taille du défaut des roues du wagon en cause peuvent être considérées comme constantes, le tableau ci-dessus confirme l'influence significative des caractéristiques de l'infrastructure dans la gravité des conséquences du passage du train n° 72049.

4.2 - L'origine et le développement des méplats de l'essieu du wagon

4.2.1 - Généralités

En règle générale, des méplats apparaissent sur un essieu lors d'un enrayage, c'est-à-dire lorsque l'essieu, immobilisé par l'action du frein, glisse sans tourner sur les rails. La longueur des méplats dépend essentiellement de la charge de l'essieu et de la distance de glissement.

Les petits méplats peuvent se résorber d'eux-mêmes sous l'effet du roulement. Les règles internationales admettent la circulation de wagons porteurs de méplats inférieurs à 60 mm bien que ceux-ci génèrent des bruits de roulement très gênants et des vibrations défavorables à la tenue en service du matériel roulant et de la voie, voire, à terme, dangereuses.

Les wagons étant très généralement démunis d'anti-enrayeurs, les enrayages sont des phénomènes assez banals qui se produisent le plus souvent lorsque les wagons sont vides ou peu chargés. Ils peuvent être dus à un dysfonctionnement du frein ou le plus souvent à un défaut d'adhérence causé par l'humidité ou la pollution du rail.

La suppression des semelles de frein en fonte en application des spécifications techniques d'interopérabilité (STI) a pour conséquence de diminuer la rugosité des tables de roulement des roues et donc de réduire l'adhérence roue/rail. À terme, la probabilité d'occurrence des enrayages et donc des méplats est susceptible d'augmenter.

4.2.2 - L'origine des méplats du wagon en cause

L'expertise du wagon, effectuée le 20 décembre 2016 à Hourcade a montré que les seuls défauts constatés sur l'ensemble des roues du wagon sont deux méplats identiques et symétriques sur les deux roues de l'essieu 1-2. Elle n'a révélé aucune anomalie significative du système de freinage du wagon.

La conception du système de freinage des wagons du type EX 90 garantit une répartition des efforts de freinage qui est :

- équitable en fonction de la charge entre les deux bogies du wagon ;
- identique entre les deux essieux d'un même bogie.

Le coefficient de freinage des wagons du type EX 90 est de 65,5 % en charge maximale et de 106,5 % à vide. La probabilité d'un enrayage et donc de la création d'un méplat est donc bien plus forte à vide qu'en charge.

En outre, à vide, les détendeurs de pesée du wagon 698-1 délivrent une pression supérieure à celle prévue augmentant ainsi le risque d'enrayage à vide. En revanche, en charge, ces détendeurs n'ont pas d'effet.

Lors du freinage d'un wagon, il se produit un délestage du bogie arrière au profit du bogie avant et également un délestage de l'essieu arrière de chaque bogie au profit de l'essieu avant. Au total, l'essieu arrière est normalement le plus susceptible de subir un enrayage ; symétriquement, l'essieu avant d'un wagon est le moins susceptible de s'enrayer.

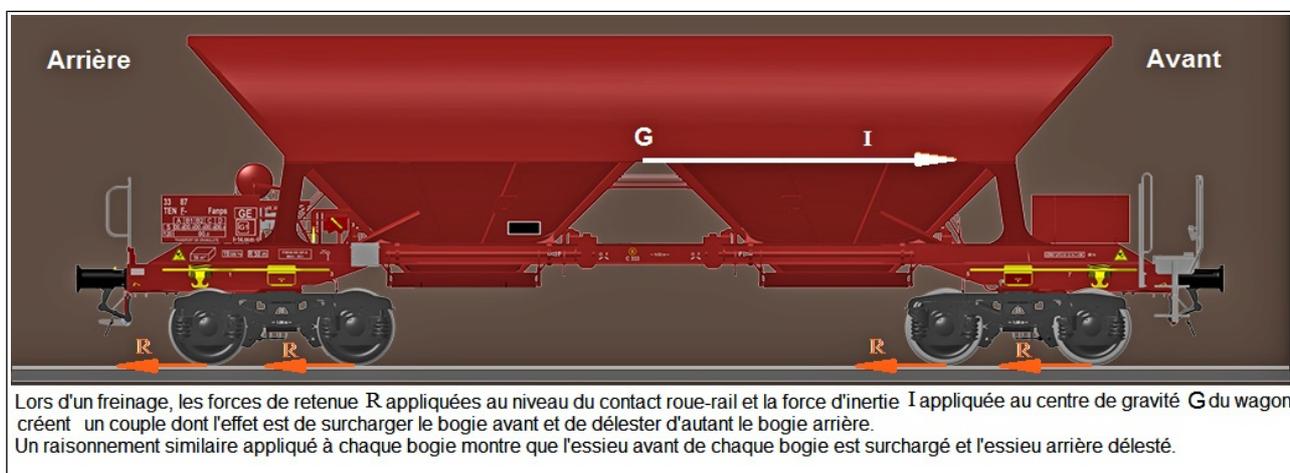


Figure 28 : Explication du transfert de charge au freinage

Dans le train n° 72049, les wagons étaient chargés au maximum et le wagon 698-1 circulait avec son essieu 1-2 en avant. En outre, pendant le parcours, il n'y a pas de freinage d'urgence ou similaire susceptible de provoquer un enrayage suffisant pour créer des méplats significatifs sur un essieu.

Ces considérations permettent de conclure que l'origine des méplats ne se trouve pas pendant le parcours du train n° 72049 mais plutôt pendant un parcours précédent à vide.

4.2.3 - Le développement des méplats

Lorsque l'adhérence est faible, il arrive que lors d'un freinage, un essieu s'enraye et ne redémarre pas lors du desserrage du frein. Il continue à glisser sur les méplats ainsi créés jusqu'à ce que le coefficient de frottement redevienne suffisant pour le remettre en rotation. Au fur et à mesure du glissement, la longueur des méplats augmente au point que la remise en rotation n'est plus possible que lors d'un arrêt. Le cas le plus connu en France est celui du TGV de Mâcon-Loché le 14 décembre 1992 qui s'est terminé par un déraillement.

Le matin du 13 décembre 2016, il fait froid et humide.

Dans les premiers kilomètres après le départ de Mazières-en-Gâtine, l'engin moteur s'enraye à trois reprises lors d'un freinage pneumatique du convoi, signe d'une adhérence très dégradée.

Il est donc très probable que, lors du freinage évoqué ci-dessus, du fait de la faible adhérence, l'essieu 1-2 du wagon 698-1 se soit enrayé, posé sur les méplats préexistants, et que lors du desserrage du frein, il ne se soit pas remis en rotation et soit resté bloqué comme en témoignent les traces de glissement visibles sur les rails, dans des secteurs où les freins du train sont desserrés. Pendant ce parcours, les méplats se sont étendus sous l'effet du frottement des roues sur les rails.

À l'arrêt, l'adhérence roue-rail est supérieure. Il est donc probable que l'essieu se soit remis en rotation lors du départ de Niort comme l'indique la première rupture de rail située peu après cette gare.

Ensuite, il est possible qu'il y ait eu de nouvelles périodes d'immobilisation de l'essieu initiées lors de certains freinages mais sans certitudes.

4.3 - La non-détection des méplats au départ et en marche

4.3.1 - Généralités sur la détection des méplats des roues

L'apparition de méplats sur les roues est un phénomène banal qui peut affecter plusieurs centaines de véhicules en une journée lorsque les conditions d'adhérence sont dégradées.

Les méplats de faible longueur sont les plus courants ; ils peuvent se résorber d'eux-mêmes en circulation et n'imposent pas de restriction d'emploi au véhicule. Selon la vitesse maximale du véhicule, la longueur maximale admise en service est de 60, 40 ou 30 mm.

Au-delà, un méplat peut avoir des conséquences graves sur le matériel roulant et sur l'infrastructure. La détection d'un méplat de 80 mm conduit à réformer le véhicule sur place ou à l'acheminer à 15 km/h vers l'établissement le plus proche où il pourra être garé et réparé.

Les méplats des tables de roulement sont très difficiles à détecter visuellement sauf si le véhicule se trouve sur une voie spécialement équipée pour la visite et à condition encore de pouvoir faire tourner les roues ou de déplacer le véhicule pour inspecter la totalité de la circonférence.

Les méplats produisent un bruit caractéristique lorsque le véhicule est en mouvement. Ce bruit est variable en fonction de la vitesse de celui-ci. Selon la longueur et la forme du

défaut, le bruit peut être inexistant si la vitesse du véhicule est très faible ou si la voie est en courbe.

Au total, l'estimation de la taille et de la criticité d'un méplat, en fonction du bruit émis par le véhicule au passage, n'est pas simple et comporte une part de subjectivité.

4.3.2 - Les opérations au départ du train à Mazières-en-Gâtine

La reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT)¹² de la rame a été effectuée sur l'embranchement Kléber Moreau par les agents sol après la mise en tête des engins moteurs. La RAT ne prévoit pas la recherche des défauts des tables de roulement des roues et, de toute façon, la majeure partie des roues est cachée par les éléments du bogie les semelles et la timonerie de frein.

À la sortie de l'embranchement, l'organisation de la desserte conduit à ce que le train défile à faible vitesse devant les agents sol. Le wagon en cause étant le deuxième de tête du convoi, sa vitesse au passage devant les agents était particulièrement faible. Dans ces conditions, il est possible que les méplats ne produisent pas un bruit détectable.

4.3.3 - La surveillance des trains en marche (STEM)

La directive DC 1505 stipule que : « *Toutes les fois que l'exécution normale du service le permet, il y a lieu d'observer les trains en marche afin de détecter, le cas échéant, les défauts dangereux pour la sécurité des usagers, de la circulation ou susceptibles de provoquer des avaries aux installations* ».

En complément de ce principe général, la directive DC 1515 prévoit qu'à intervalles réguliers sur les lignes à double voie, des postes soient désignés pour assurer la surveillance systématique des trains.

Sur le parcours du train n° 72049, ces postes de surveillance systématique sont Niort, Saintes, Beillant et Saint-Mariens.

Les autres postes et gares, comme Saint-Jean-d'Angély et Jonzac, concourent à la surveillance « *Toutes les fois que l'exécution normale du service le permet* ».

Niort (PK 415)

La première rupture se situe au PK 427,030 soit 12 km après la gare de Niort. Il est donc très probable que les méplats du wagon en cause avaient déjà atteint une taille significative avant le passage dans cette gare. S'agissant d'une gare d'arrêt pour le train n° 72049, le passage devant l'AC se fait à faible vitesse et le bruit émis par les méplats n'est pas forcément très significatif.

Saint-Jean-d'Angély (PK 463)

La gare est franchie à 50 km/h. L'AC est sur le quai pour la STEM. Il dit avoir entendu un léger plat ce qui montre que l'essieu n'était pas bloqué. Il a considéré que le bruit ne justifiait pas d'action de sa part.

Saintes (PK 491)

Le chef de service qui est chargé d'effectuer la STEM détecte la présence d'un méplat.

12 La RAT est réalisée systématiquement après la formation d'un train, avant son départ en ligne.

Bien que le train défile à faible vitesse, le bruit caractéristique est suffisamment fort pour qu'il en parle à son chef d'escale et à l'agent circulation du poste, mais ce dernier ne juge pas utile de prendre de mesure particulière.

La teneur exacte du signalement du chef de service à l'agent circulation n'est pas connue. L'AC dit qu'il a été informé d'un léger plat. Dans sa déclaration écrite, le chef de service parle de roue qui tapait le rail. Les agents du train, relatant ses propos du lendemain, évoquent un wagon qui sautait et claquait.

Beillant (PK 501)

Cette gare est située 15 km environ avant le début de la zone des multiples ruptures et il est probable que les méplats avaient atteint leur taille quasi définitive.

La gare est franchie à 52 km/h. L'AC sort sur le quai mais ne remarque rien d'anormal, trouvant que le train ne fait pas plus de bruit que d'autres.

Un agent de maintenance de la voie qui se trouvait dans le réfectoire a entendu un bruit qu'il a trouvé suspect mais il n'en a parlé à l'AC que le surlendemain, probablement après avoir eu connaissance des incidents qui ont suivi.

Jonzac (PK 535)

La gare de Jonzac est une gare temporaire qui n'est ouverte au service de la circulation qu'à partir de 8h20. Elle était donc fermée lors du passage du train n° 72049.

Saint-Mariens (PK 573)

Après avoir été alerté par l'AC de Beillant sur le fait que le train n° 72049 a provoqué des dérangements de zones sur son passage, l'AC de Saint-Mariens arrête le train à l'entrée de la gare et le fait visiter par son conducteur, sans résultat.

Après avoir ouvert le signal d'entrée de la gare, il effectue la STEM au passage du train. Il entend un gros bruit sur une roue du 1^{er} ou 2^e wagon et actionne sans hésiter le dispositif d'arrêt aval pour arrêter le train.

Conclusions sur la STEM

Formellement, les opérations de STEM ont été effectuées conformément à la procédure, non seulement dans les postes désignés mais aussi dans les autres postes et gares ouvertes au service, les agents concernés étant présents sur le quai lors du passage du train.

Le bruit émis par celui-ci a été suffisamment marquant pour que le chef de service de Saintes en parle à son dirigeant et à l'AC, et pour que l'agent de maintenance de Beillant s'en souvienne deux jours plus tard. Il est donc légitime de qualifier ce bruit d'anormal. Cependant, les AC concernés n'ont pas considéré que ce bruit justifiait une action de leur part.

En revanche, l'AC de Saint-Mariens informé des dérangements de zone provoqués par le train, réagit correctement au « gros bruit » qu'il entend et fait arrêter le train.

L'article 2.1.8 de la procédure DC 1505 relatif à la STEM ne cite pas les bruits anormaux dans la liste non-exhaustive des défauts à déceler. (voir extrait en annexe 2)

Les déclarations des agents concernés et de leurs dirigeants montrent que la présence de méplats sur les roues n'est pas considérée comme un défaut susceptible d'avoir des conséquences graves.

4.4 - Réflexions sur la criticité des défauts des roues

4.4.1 - Les effets des défauts

L'incident du 13 décembre 2016 a montré, de façon explicite, les dommages sur l'infrastructure ferroviaire que peut provoquer la circulation d'un wagon dont un essieu est porteur d'un méplat de forte taille.

D'autres défauts affectant les roues tels que les apports de métal ou les écrasements localisés des tables (AEL)¹³ peuvent avoir des effets semblables.

Au-delà des ruptures brutales de rails, ils peuvent amorcer ou accélérer leur fissuration et également provoquer une détérioration accélérée des composants de la voie tels que les attaches et les traverses

Par ailleurs, les chocs et les trépidations provoquées par ces défauts ont également des conséquences potentiellement dangereuses sur la tenue en service de l'ensemble des constituants des matériels roulants concernés. Les effets sur les roulements de boîtes d'essieux et les chauffages de boîte qui en résultent sont bien connus, mais ces chocs et trépidations provoquent également la détérioration des assemblages boulonnés et l'apparition de fissures de fatigue dans les pièces les plus sollicitées.

4.4.2 - La détection et le traitement des défauts

Les matériels moteurs et automoteurs ainsi que les voitures à voyageurs sont majoritairement dotés d'anti-enrayeurs ce qui limite l'apparition de méplats au freinage. Par ailleurs, la relative densité de leur trame de maintenance ainsi que les signalements du bruit anormal par les conducteurs, les agents des trains voire par les voyageurs permettent de détecter et de traiter rapidement de tels défauts.

Il n'en va pas de même pour les wagons :

- la reconnaissance à l'aptitude au transport (RAT) n'a pas pour vocation de rechercher des défauts des tables de roulement et les conditions pratiques de sa réalisation ne le permettent pas ;
- de même, la surveillance des trains en marche (STEM) ne prévoit pas explicitement la détection des bruits anormaux et en pratique, les agents ne peuvent pas discriminer un méplat hors tolérances (supérieur à 60 mm) d'un méplat tolérable en service (inférieur à 60 mm) ;
- la visite technique (VT) dont la périodicité est très variable selon l'utilisation du wagon ne prévoit pas une recherche systématique de ces défauts. En outre, comme elle s'effectue sans rotation des essieux et sur des voies sans fosse, la probabilité de détecter un méplat est faible et celle de détecter un AEL est nulle.

C'est donc essentiellement la révision du wagon (REV) dont la périodicité de principe est de 6 ans qui permet de détecter de façon fiable et de traiter les défauts des roues.

13 AEL : Apparition d'écrasement localisé

4.5 - Les systèmes de détection automatique

4.5.1 - Les systèmes de type WILD (*wheel impact and load detector*)

Installés en pleine voie, ils permettent de détecter au passage du train, les défauts géométriques des roues mais aussi les avaries des suspensions, et les chargements excessifs ou mal répartis. La plupart sont basés sur des mesures de contraintes dans les rails mais les plus récents intègrent d'autres technologies et notamment des mesures accélérométriques.

Selon les principes adoptés par le gestionnaire d'infrastructure concerné, ces détecteurs peuvent être exploités à l'image des détecteurs de boîtes chaudes (DBC) des lignes classiques en se limitant à détecter les circulations dangereuses et à les faire arrêter par l'agent circulation ou le régulateur concerné. Certains réseaux modulent les mesures à prendre (arrêt ou réduction de vitesse), en fonction du niveau des charges ou des impacts mesurés.

Ils peuvent en outre, être utilisés par les gestionnaires d'infrastructures comme des outils de facturation et d'incitation en direction des entreprises ferroviaires, en appliquant des pénalités ou des péages différents selon la qualité des convois observés.

Enfin, ils pourraient aussi être utilisés comme des outils d'aide à la maintenance des matériels roulants, à condition de pouvoir communiquer les données mesurées aux ECM des véhicules concernés. Ceci suppose un système fiable d'identification des véhicules et des accords entre le ou les GI et les ECM intéressés.

Le BEA-TT a questionné tous les réseaux européens pour connaître leur équipement. Il apparaît que le déploiement de ces détecteurs dans les différents réseaux est très variable (voir annexe 3). Les densités les plus élevées se trouvent aux Pays-Bas, Pologne, Suisse et République tchèque avec environ un détecteur pour 100 km de voie.

L'agence ferroviaire européenne, dans son étude de 2011 sur la prévention des déraillements de trains fret, préconise une densité d'un détecteur pour 1000 km de voie. C'est l'ordre de grandeur qu'on trouve approximativement en Allemagne, au Royaume-Uni et en Autriche.

Certains en ont zéro, c'est le cas de la Roumanie et du Portugal mais aussi de la France, si l'on excepte les six détecteurs qui ont été mis en place en 2014, en vue de protéger les lignes nouvelles mixtes Bretagne-Pays-de-Loire (BPL) et Contournement de Nîmes et de Montpellier (CNM). Ces six détecteurs ont un positionnement très excentré par rapport aux principaux flux de trafic fret et ne permettent pas de traiter de façon significative la problématique de la protection des voies du RFN vis-à-vis des wagons circulant dans des conditions agressives ou dangereuses.



Figure 29 : Système WILD avec ses capteurs dans les rails et sa guérite.

4.5.2 - Le système DCCR (Détecteur de défauts de circularité des roues)

Ce système français basé sur une détection accélérométrique a été déployé à sept exemplaires sur les lignes à grande vitesse (LGV). Il visait à détecter, non seulement les défauts « simples » comme les éventuels méplats mais surtout, à un stade précoce, les défauts évolutifs conduisant à une déformation de la circularité de la roue.

Ce dernier type de défauts, indétectable par un détecteur de type WILD est particulièrement critique pour la sécurité des trains à grande vitesse, car il conduit à une détérioration rapide des roulements de boîtes d'essieux.

Le système DCCR s'intégrait dans le système de maintenance des essieux des TGV, dont il constituait un volet prédictif en se substituant aux contrôles de circularité des roues à poste fixe, en centre de maintenance.

Mis en service en 2004, il a donné satisfaction dans un premier temps mais a été abandonné en 2011 pour des raisons diverses.

4.5.3 - Les détecteurs embarqués sur les wagons

L'équipement des véhicules avec des systèmes détectant l'apparition d'avaries et les signalant aux exploitants ou aux entités en charge de la maintenance est devenu courant sur les matériels moteurs et automoteurs récents mais pas encore pour les wagons, notamment pour des raisons de fiabilité et de coût de ces systèmes.

Après l'événement, Ermewa a constitué une rame test formée de wagons EX 90 équipés d'accéléromètres 3D visant à détecter d'éventuels défauts mécaniques, notamment les méplats et autres défauts de circularité des roues. Cette rame est soumise à une trame de surveillance mensuelle de façon à détecter rapidement d'éventuelles anomalies.

Début juin 2017, cette rame avait parcouru environ 11 000 km sans qu'aucune anomalie n'ait été constatée.

4.6 - Incidents similaires connus

En France

Le 16 février 2008 entre Redon et Vannes, le passage d'un train de marchandises dont un wagon était porteur de méplats importants, provoque trois ruptures de rails. Les méplats étaient la conséquence du blocage et du glissement de l'essieu lors d'un incident de frein survenu environ 50 km en amont.

À l'étranger

Le bureau d'enquêtes britannique (RAIB)¹⁴ nous a signalé le cas de trois ruptures de rails survenues le 5 janvier 2006 au passage d'un train chargé de granulats. La cause de ces ruptures a été attribuée à la présence de méplats d'environ 120 mm sur un essieu d'un wagon du train. Ces méplats ont été créés d'abord par un enrayage sur un coup de frein puis aggravés par le non-redémarrage de l'essieu après desserrage du frein.

Ces méplats auraient dû être signalés par le détecteur d'impacts de roues (WILD) de Cholsey situé sur le parcours du train mais celui-ci était hors service suite à des travaux de maintenance de la voie.

Les rails affectés par les ruptures datent de la fin des années 60. Une des ruptures s'est produite en pleine barre et deux sur des soudures.

Le rapport est consultable sur le site du RAIB sous la référence 27/2006.

Le RAIB évoque également le cas d'une série de sept ruptures de rails provoquée en 1999 par le passage d'une locomotive dont une roue était affectée par des défauts de circularité. Cet incident n'a pas fait l'objet d'une enquête du RAIB.

5 - Restitution du déroulement de l'événement

Le 13 décembre 2016 matin une rame de 18 wagons de type EX 90 chargés de granulats se trouve sur l'embranchement des carrières Kléber Moreau à Mazières-en-Gâtine (79), en attente d'expédition vers le terminal de Bordeaux-Bassens par le train n° 72049.

En deuxième position de cette rame, se trouve le wagon n° 33 87 6772 698-1 dont les deux roues du premier essieu sont porteuses chacune d'un méplat consécutif à un enrayage subi lors d'une marche antérieure probablement à vide.

À 3 h 15, l'équipe d'Ecorail-Transport chargée des opérations de formation, de manœuvre et de conduite du train arrive sur l'embranchement avec une unité multiple de locomotives diesel du type BB 75000. Cette équipe est formée de deux agents sol, un titulaire et un agent en formation, et de deux agents de conduite avec également un conducteur titulaire et un agent en formation.

L'équipe effectue la mise en tête des engins puis la reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) de la rame et l'essai de frein complet.

Aucune anomalie n'est détectée.

À la sortie de l'embranchement, la rame défile devant les agents sol. La vitesse étant très faible au passage des wagons de tête, les méplats ne provoquent pas de bruit anormal compte tenu également du bruit des diesels en traction et de celui dû au passage des roues dans les appareils de voie.

Le départ du train est donné à 4 h 52.

Il fait froid et le rail est humide.

Trois kilomètres plus loin, le train aborde une zone de faible adhérence et, lors d'un freinage de ralentissement pour passer de 50 à 40 km/h, le conducteur constate plusieurs enrayages successifs qui le conduisent à desserrer partiellement les freins.

Au cours d'un de ces enrayages, le premier essieu du wagon 698-1 se bloque sur les méplats préexistants et ne repart pas lors du desserrage des freins du convoi.

Le frottement augmente la longueur des méplats, rendant de plus en plus difficile la remise en rotation de l'essieu.

La distance sur laquelle l'essieu a pu glisser sans tourner n'est pas connue. Elle dépend du coefficient de frottement de la roue sur le rail et d'autres facteurs aléatoires. En général, après un arrêt, un tel essieu se remet à tourner.

Lors du redémarrage après l'arrêt au signal d'entrée de Niort, il est donc très probable que l'essieu se soit remis en rotation mais sans certitude. Il est possible qu'il se soit bloqué de nouveau lors du freinage à l'approche du signal de sortie fermé.

Quoi qu'il en soit, lors du passage à faible vitesse du train devant son poste, l'agent circulation (AC) de Niort présent sur le quai ne constate rien d'anormal.

À 5 h 47, le train part de Niort, il prend sa vitesse maximale autorisée qui est de 80 km/h. À ce moment l'essieu avarié est en rotation et environ 12 km après Niort, il provoque une première rupture de rail. Celle-ci n'est pas immédiatement détectée car n'étant pas dans une zone de circuit de voie.

Le train poursuit sa route, et à 6 h 35, il franchit la gare de Saint-Jean-d'Angély à 50 km/h. L'agent circulation assurant la STEM sur le quai entend le bruit d'un méplat mais ne le considère pas comme anormal.

Le train s'arrête en gare de Saintes à 7 h 08 et repart à 7 h 14. L'agent d'escale qui assure la STEM au départ du train détecte la présence d'un méplat. Il le signale à l'agent circulation du poste, mais ce dernier ne juge pas utile de prendre de mesure particulière.

La gare de Beillant est franchie à 7 h 28 à la vitesse de 52 km/h. L'AC sort sur le quai mais ne remarque rien d'anormal, trouvant que le train ne fait pas plus de bruit que d'autres.

De 7 h 43 à 8 h 09, alors que le train circule à des vitesses comprises entre 70 et 90 km/h, le martèlement des deux roues défectueuses provoque 11 ruptures de rails dont une située sur la zone d'annonces du PN 447 et deux sur celle du PN 462 provoquant le dérangement de ceux-ci en « raté d'ouverture ».

À 8 h 23, une dernière rupture de rail est provoquée peu avant la gare de Saint-Mariens.

À 8 h 32, le train est arrêté au signal C11 à l'entrée de la gare de Saint-Mariens pour laisser passer un TER. Pendant l'arrêt le conducteur est appelé par l'AC afin qu'il visite son train, suite au dérangement des deux PN constaté après son passage.

L'équipe du train effectue la visite mais ne constate rien d'anormal.

Après avoir rendu compte, le conducteur repart à 8 h 54, à l'ouverture du signal.

Au passage en gare, l'AC de Saint-Mariens détecte un bruit anormal en tête du train et arrête celui-ci en fermant le signal du PK 581,453.

À 9 h 20, effectuant à nouveau la visite du train, l'équipe constate la présence d'un plat important sur les deux roues de l'essieu de tête du 2^e wagon.

Le train est ensuite acheminé à 20 km/h jusqu'à Hourcade où le wagon en cause est retiré du convoi.

6 - Analyse des causes et orientations préventives

6.1 - Les causes de l'événement

Les ruptures de rails, objet du présent rapport, ont été causées par les chocs violents occasionnés par la circulation d'un wagon du train n° 72049 dont les deux roues d'un essieu étaient porteuses chacune d'un méplat d'environ 110 mm.

Ces méplats étaient apparus antérieurement, probablement suite à un enrayage lors d'une circulation à vide, et ont été aggravés par un nouvel enrayage initié dans une zone de faible adhérence située peu après la gare de Mazières-en-Gâtine, origine du train. L'essieu a ensuite glissé sans tourner jusqu'au premier arrêt situé à Niort. Il s'est remis en rotation au départ de cette gare.

Malgré le bruit et les trépidations produites par le roulement de cet essieu défectueux, le train n'a pas été arrêté par les postes de STEM situés sur son parcours.

L'état de la voie a contribué au nombre de ces ruptures comme le montre leur concentration dans un secteur réduit équipé majoritairement de rails datant des années 1928 et 1929 et d'un plancher hétérogène.

L'analyse de ces causes conduit le BEA-TT à rechercher des voies d'amélioration de la sécurité dans les domaines suivants.

6.2 - Le risque d'enrayage des essieux de wagons

En règle générale, des méplats apparaissent sur un essieu lors d'un enrayage, c'est-à-dire lorsque l'essieu, immobilisé par l'action du frein, glisse sans tourner sur les rails. La longueur des méplats dépend essentiellement de la charge de l'essieu et de la distance de glissement.

Les wagons étant très généralement démunis d'anti-enrayeurs, les enrayages sont des phénomènes assez banals. Ils se produisent le plus souvent lorsque les wagons sont vides ou peu chargés car le taux de freinage y est supérieur que lorsqu'ils sont chargés. Ils peuvent être dus à un dysfonctionnement du frein ou, le plus souvent, à un défaut d'adhérence causé par l'humidité ou la pollution du rail.

Les petits méplats peuvent se résorber d'eux-mêmes sous l'effet du roulement mais les méplats plus importants génèrent des bruits de roulement très gênants et des vibrations défavorables à la tenue en service du matériel roulant et de la voie, voire, à terme, dangereuses.

La suppression des semelles de frein en fonte en application des spécifications techniques d'interopérabilité européennes (STI) a pour conséquence de diminuer la rugosité des tables de roulement des roues et donc de réduire l'adhérence roue/rail. À terme, la probabilité d'occurrence des enrayages et donc des méplats est susceptible d'augmenter. Toutefois, à ce stade, le retour d'expérience ne permet pas de justifier une recommandation portant sur les spécifications des wagons.

En revanche, les essais effectués sur les systèmes de freinage du wagon 698-1 et sur trois autres wagons de la même série ont montré que, sur trois d'entre eux, les détenteurs de pesée délivraient, à vide, une pression significativement supérieure à celle qui était attendue et cette pression est hors tolérances¹⁵ pour deux d'entre eux, dont le

15 Par rapport aux limites figurant dans les règles de maintenance du VPI

wagon 698-1. Cette anomalie se traduit par un sur-freinage à vide des bogies concernés et donc un accroissement de la probabilité d'enrayage.

Une légère augmentation, à long terme, des pressions délivrées par les détendeurs de pesée n'est pas anormale mais un tel écart pour des wagons récents mérite d'être expliqué.

Recommandation R1 adressée à la société ERMEWA :

Mesurer, sur un échantillon de 30 wagons pris au hasard dans la série de 185 wagons EX 90, les pressions délivrées à vide par les détendeurs de pesée.

Si des anomalies sont constatées sur un nombre significatif, en rechercher les causes, en lien avec le fournisseur de ces équipements.

Par ailleurs, bien que le wagon concerné ne soit pas soumis aux règles de maintenance édictées par SNCF Mobilités, l'enquête a montré que l'écart entre la pression théoriquement délivrée par les détendeurs de pesée et celle mesurée lors des essais de frein n'est pas tolérée dans ses règles de maintenance des wagons. Au vu des conséquences potentielles d'un tel écart, le *BEA-TT* invite donc SNCF Mobilités à préciser les tolérances à appliquer lors des essais de frein des wagons équipés du dispositif vide-chargé autovariable.

Le BEA-TT invite ERMEWA à analyser avec son constructeur les causes de la dérive rapide de la pression des détendeurs (wagon sorti d'usine en 2015).

6.3 - La surveillance des circulations

Bien que les méplats en cause aient probablement atteint une taille dangereuse dès avant la gare de Niort, le passage devant quatre postes de STEM n'a pas permis d'arrêter le train en temps utile.

L'article 2.1.8 de la procédure DC 1505 de SNCF Réseau ne cite pas les bruits anormaux dans la liste non exhaustive des défauts à déceler dans le cadre de la STEM.

Il est vrai que la perception du bruit émis par des méplats au passage d'un train est relativement banale pour les agents du chemin de fer. Il varie selon l'importance des méplats mais aussi selon la vitesse du convoi et il est donc difficile de discriminer les défauts tolérables (inférieurs à 60 mm) par rapport à ceux qui ne le sont pas.

Toutefois, les déclarations des agents concernés et de leurs dirigeants montrent que la présence de méplats sur les roues n'était pas considérée par eux comme un défaut susceptible d'avoir des conséquences graves et immédiates. Ces déclarations dénotent une erreur de représentation qu'il faut corriger.

Recommandation R2 adressée à SNCF Réseau :

Lors des actions de formation et de suivi, faire le nécessaire pour que l'ensemble des agents susceptibles d'assurer la surveillance des trains en marche (STEM) ou de gérer les circulations soient conscients des risques inhérents à la circulation de wagons porteurs de méplats hors tolérances. Leur faire comprendre qu'en l'absence d'action de leur part, les méplats peuvent s'aggraver et les wagons en question peuvent provoquer à tout moment des ruptures de rails ou circuler pendant des périodes assez longues en soumettant la voie à des chocs et à des contraintes anormales.

6.4 - Les détecteurs automatiques de défauts des roues

Même en améliorant la formation et la motivation du personnel concerné en application de la recommandation R2, les agents ne pourront pas détecter de façon vraiment fiable les méplats et autres défauts des roues hors tolérances.

En l'absence de détection, ces défauts ne seront traités que lors de la révision du wagon c'est-à-dire, généralement, à l'échéance de 6 ans. Dans l'intervalle, ils peuvent provoquer des accidents mais aussi, plus probablement, des dégradations ou un surcroît de fatigue de la voie et du wagon lui-même.

Pour faire face à cette problématique la plupart des réseaux européens, de niveau comparable au RFN, se sont dotés de détecteurs automatiques en voie.

L'agence ferroviaire européenne, dans son étude de 2011 sur la prévention des déraillements de trains fret, préconise une densité d'équipement correspondant à un détecteur pour 1000 km de voie. C'est l'ordre de grandeur que l'on trouve approximativement en Allemagne, au Royaume-Uni et en Autriche. Plusieurs réseaux en ont beaucoup plus, jusqu'à un pour 100 km de voie.

La France en a six, qui ont été mis en place en 2014 en vue de protéger les lignes nouvelles Bretagne-Pays-de-Loire (BPL) et Contournement de Nîmes et de Montpellier (CNM). Ces six détecteurs ont un positionnement très excentré par rapport aux principaux flux de trafic fret et ne permettent pas de traiter de façon significative la problématique de la protection des voies du RFN vis-à-vis des wagons circulant dans des conditions agressives ou dangereuses.

Par ailleurs, les sept détecteurs naguère installés sur les LGV ont été mis hors service faute de motivation dans la mise au point du produit.

En pratique l'équipement du RFN est donc actuellement proche de zéro.

Recommandation R3 adressée à SNCF Réseau :

Élaborer puis mettre en œuvre une politique de déploiement des détecteurs d'anomalies des convois sur les principaux flux de trafic fret. Cet ensemble de détecteurs devrait viser à arrêter les convois comportant des véhicules porteurs de défauts de roues dangereux mais aussi à identifier et à signaler à l'entreprise ferroviaire, à l'entité en charge de la maintenance (ECM) ou au détenteur concernés, les véhicules porteurs de défauts non critiques mais susceptibles de dégrader l'infrastructure.

6.5 - La régénération de l'infrastructure

Huit des treize rails cassés dataient des années 1928 et 1929. ils avaient donc près de 90 ans au moment de l'événement alors que l'âge moyen des rails du RFN est de 30 ans. Il est probable que l'ancienneté des rails a joué un rôle dans la multiplicité des ruptures provoquées par la circulation du wagon défectueux le 13 décembre 2016.

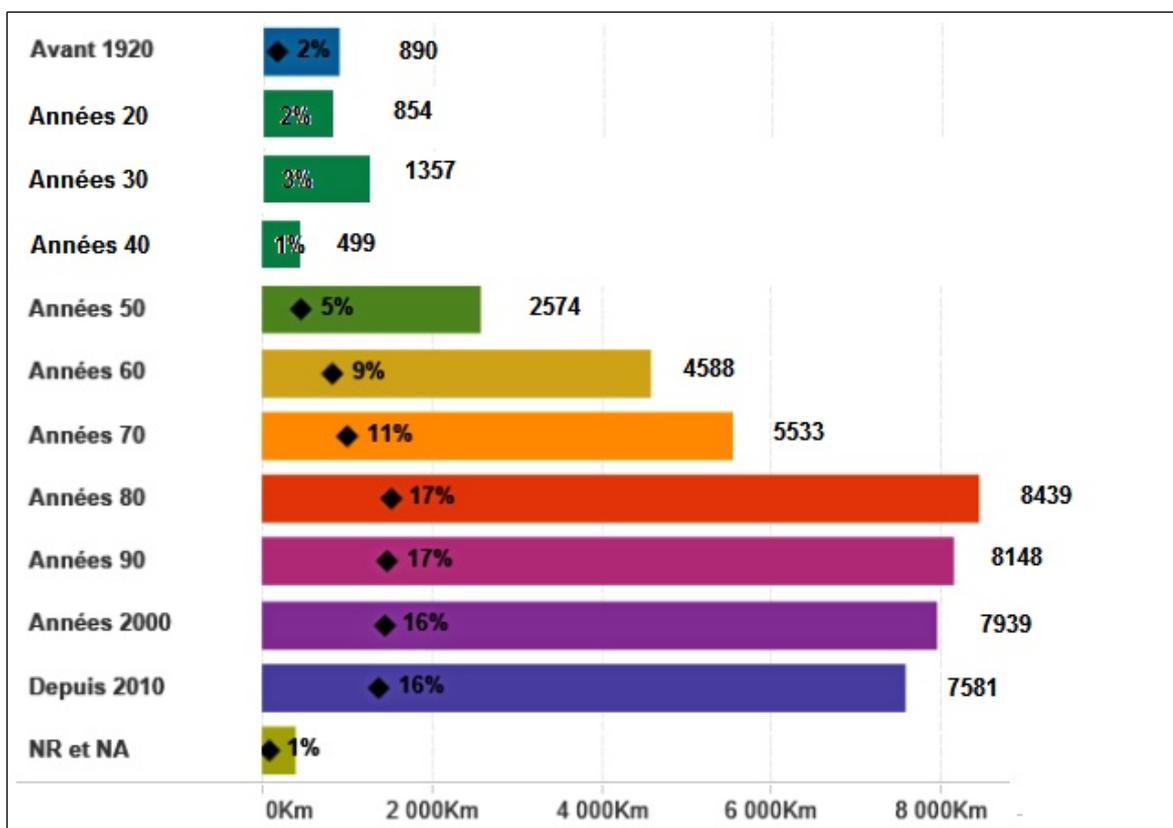


Figure 30 : Kilométrage des rails par date de pose

La répartition des rails du RFN selon leur date de pose montre qu'environ 7 % des rails datent d'avant les années 40.

Toutefois, au-delà de la seule question de l'ancienneté des rails, le BEA-TT préfère évoquer la problématique plus générale de l'état de l'infrastructure.

Section de ligne	Longueur	Ruptures	Caractéristiques de la voie
De Saintes au PK 516	25 km	0	Homogène ; rails et traverses de 2010/2011
Du PK 516 au PK 546	30 km	10	Hétérogène ; rails de 1928-29 et 1960-63 ; plancher mixte de 1970 ou bi-bloc de 1986
Du PK 546 à Saint-Mariens	26 km	2	Homogène ; rails et traverses de 1981

En effet, 10 des ruptures du 13 décembre se situent entre les PK 516 et 546, dans une zone à l'armement hétérogène équipée de rails datant majoritairement des années 1928 et 1929 et pour le reste, des années 1960 à 63. Le plancher est mixte datant de 1970 ou bi-bloc de 1986. La régénération de la voie entre les PK 516,310 et 525,310 était d'ailleurs prévue pour 2017 mais pourrait être encore reportée faute de financement.

Le BEA-TT ne formule pas de recommandation spécifique pour la ligne concernée. Il considère que cet événement s'inscrit dans une problématique bien connue qui est celle de l'état général de l'infrastructure du RFN et de l'adéquation des moyens alloués à sa maintenance.

Cette problématique a été évoquée notamment dans le rapport sur l'accident de Brétigny-sur-Orge. Les recommandations correspondantes adressées à SNCF Réseau ont été acceptées par SNCF Réseau. Le BEA-TT ne formule donc pas de nouvelle recommandation.

7 - Conclusions et recommandations

7.1 - Les conclusions

Les ruptures de rails, objet du présent rapport, ont été causées par les chocs violents occasionnés par la circulation d'un wagon du train n° 72049 dont les deux roues d'un essieu étaient porteuses chacune d'un méplat d'environ 110 mm.

Ces méplats étaient apparus antérieurement, probablement suite à un enrayage lors d'une circulation à vide, et ont été aggravés par un nouvel enrayage initié dans une zone de faible adhérence située peu après la gare de Mazières-en-Gâtine, origine du train. L'essieu a ensuite glissé sans tourner jusqu'au premier arrêt situé à Niort. Il s'est remis en rotation au départ de cette gare.

Malgré le bruit et les trépidations produites par le roulement de cet essieu défectueux, le train n'a pas été arrêté par les postes de STEM situés sur son parcours.

L'état de la voie a contribué au nombre de ces ruptures comme le montre leur concentration dans un secteur réduit équipé majoritairement de rails datant des années 1928 et 1929 et d'un plancher hétérogène.

7.2 - Les recommandations

Recommandation R1 adressée à la société ERMEWA :

Mesurer, sur un échantillon de 30 wagons pris au hasard dans la série de 185 wagons EX 90, les pressions délivrées à vide par les détenteurs de pesée.

Si des anomalies sont constatées sur un nombre significatif, en rechercher les causes, en lien avec le fournisseur de ces équipements.

Le BEA-TT invite donc SNCF Mobilités à préciser les tolérances à appliquer lors des essais de frein des wagons équipés du dispositif vide-chargé autovisible.

Le BEA-TT invite ERMEWA à analyser avec son constructeur les causes de la dérive rapide de la pression des détenteurs (wagon sorti d'usine en 2015).

Recommandation R2 adressée à SNCF Réseau :

Lors des actions de formation et de suivi, faire le nécessaire pour que l'ensemble des agents susceptibles d'assurer la surveillance des trains en marche (STEM) ou de gérer les circulations soient conscients des risques inhérents à la circulation de wagons porteurs de méplats hors tolérances. Leur faire comprendre qu'en l'absence d'action de leur part, les méplats peuvent s'aggraver et les wagons en question peuvent provoquer à tout moment des ruptures de rails ou circuler pendant des périodes assez longues en soumettant la voie à des chocs et à des contraintes anormales.

Recommandation R3 adressée à SNCF Réseau :

Élaborer puis mettre en œuvre une politique de déploiement des détecteurs d'anomalies des convois sur les principaux flux de trafic fret. Cet ensemble de détecteurs devrait viser à arrêter les convois comportant des véhicules porteurs de défauts de roues dangereux mais aussi à identifier et à signaler à l'entreprise ferroviaire, à l'entité en charge de la maintenance (ECM) ou au détenteur concernés, les véhicules porteurs de défauts non critiques mais susceptibles de dégrader l'infrastructure.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Extrait de la procédure DC 1505 relatif à la STEM

Annexe 3 : Équipement des réseaux européens en détecteurs

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



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



Le Directeur

La Défense, le 15 décembre 2016

DECISION

Le directeur 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 multiples ruptures de rails constatées le 13 décembre 2016 sur la ligne ferroviaire Saintes – Bordeaux ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-1 et R. 1621-22 du code des transports concernant l'incident constaté le 13 décembre 2016 entre les gares de Beillant et Jonzac (17) de la ligne ferroviaire Saintes – Bordeaux.

Jean PANHALEUX

Annexe 2 : Extrait de la procédure DC 1505 relatif à la STEM

2.1.8. Surveillance des trains en marche

Toutes les fois que l'exécution normale du service le permet, il y a lieu d'observer les trains en marche afin de déceler, le cas échéant, les défauts dangereux pour la sécurité des usagers, de la circulation ou susceptibles de provoquer des avaries aux installations.

Ces défauts sont notamment :

- le chauffage des boîtes d'essieux qui est fréquemment caractérisé par un crissement aigu, un dégagement de fumée (ou une odeur de brûlé), le cas échéant par des flammes, le métal pouvant être porté au rouge,
- les freins serrés anormalement,
- les avaries d'organes de roulement (plaques de garde, ressorts, bandages),
- les déplacements de chargement et toute autre cause d'engagement du gabarit (porte ouverte vers l'extérieur,...) ou causes d'avaries aux caténaies (bâches flottantes),

DC01505 - Version 01 du 24-06-2016

INTERNE SNCF

Page 16

COPIE

Double voie : Circulation - Secours - VUT - Mouvements à contre-voie

- les pièces traînantes,
- l'incendie,
- les pertes de marchandises (perte de liquide ou de gaz, ...),
- l'extinction ou l'absence de signaux portés par les trains,
- les wagons instables,
- la (les) porte(s) ouverte(s) d'un train transportant des voyageurs.

Annexe 3 : Équipement des réseaux européens en détecteurs

		Km lignes (1000 km)	DBC (HABD)	DBC / 1000 km	WILD	WILD / 1000 km	Remarques
Allemagne	DE	33,50	613	18,30	27	0,81	
Autriche	AT	5,20	264	50,77	10	1,92	
Belgique	BE	3,60	39	10,83	7	1,94	Les 7 WILD ne sont pas encore en service
Bulgarie	BG	6,30	6	0,95	1	0,16	Les DBC et WILD ne sont pas encore en service
Croatie	HR	2,60	0	0,00	0	0,00	
Danemark	DK	2,40	3	1,25	0	0,00	
Espagne	ES	15,20	222	14,61	6	0,39	
Estonie	EE	0,90	29	32,22	0	0,00	
Eurotunnel	ET	0,10	4	40,00	2	20,00	
France	FR	36,80	466	12,66	6	0,16	Les 6 WILD sont placés sur les accès de deux lignes nouvelles
Hongrie	HU	7,70	29	3,77	28	3,64	
Irlande	IE	1,60	32	20,00	3	1,88	
Italie	IT	15,90	501	31,51	8	0,50	
Lettonie	LV	1,90	51	26,84	7	3,68	
Lituanie	LI	1,70	51	30,00	12	7,06	
Norvege	NO	3,90	3	0,77	3	0,77	
Pays-Bas	NL	3,10	66	21,29	85	27,42	
Pologne	PL	19,30	204	10,57	74	3,83	
Portugal	PT	2,50	0	0,00	0	0,00	7 DBC sont déposés provisoirement
Rep. Tchèque	CZ	9,50	63	6,63	61	6,42	
Roumanie	RO	17,00	1	0,06	0	0,00	
Royaume uni	UK	16,10	218	13,54	32	1,99	
Slovaquie	SK	3,60	14	3,89	6	1,67	
Slovenie	SI	1,20	1	0,83	1	0,83	
Suisse	CH	3,70	96	25,95	28	7,57	



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex

Téléphone : 01 40 81 21 83

Télécopie : 01 40 81 21 50

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

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

