

BEA-TT

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

*Rapport d'étape
sur le déraillement
du train Intercités n° 3657
le 12 juillet 2013
à Brétigny-sur-Orge (91)*

janvier 2014



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

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

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

Affaire n° BEATT-2013-009

**Rapport d'étape
sur le déraillement du train Intercités n° 3657
le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge (91)**

Bordereau documentaire

Organisme commanditaire : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE)

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

Titre du document : Rapport d'étape sur le déraillement du train Intercités n° 3657 le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge (91)

N° ISRN : EQ-BEAT--14-1--FR

Proposition de mots-clés : déraillement, appareil de voie, joint éclissé, éclisse, maintenance

Avertissement

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

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents, en déterminant les circonstances et les causes de l'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.....	11
RÉSUMÉ.....	13
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	15
1.1 - L'accident.....	15
1.2 - La situation après l'accident.....	15
1.3 - Les secours et le bilan humain.....	16
1.4 - L'identification de la cause directe du déraillement.....	16
1.5 - Les mesures prises après l'accident.....	17
1.5.1 -Le rétablissement des circulations.....	17
1.5.2 -La campagne nationale de vérification des traversées de voies principales.....	17
1.6 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	18
2 - LE CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	19
2.1 - La ligne ferroviaire.....	19
2.2 - La gare de Brétigny-sur-Orge.....	20
2.3 - Le train Intercités n° 3657.....	20
2.4 - Généralités sur les appareils de voie.....	21
2.4.1 -Le branchement simple.....	21
2.4.2 -La traversée jonction double.....	22
2.5 - Le retour d'expérience sur des événements similaires.....	26
3 - LES INVESTIGATIONS SUR LES CIRCONSTANCES ET LES CAUSES IMMÉDIATES DE L'ACCIDENT.....	27
3.1 - Les déclarations des conducteurs.....	27
3.1.1 -Les déclarations du conducteur du train Intercités n° 3657.....	27
3.1.2 -Les déclarations du conducteur du train croiseur n° 3700.....	27
3.2 - L'examen des enregistrements graphiques.....	27
3.3 - Les investigations portant sur le matériel roulant.....	28
3.3.1 -La composition du train n° 3657.....	28
3.3.2 -Les investigations portant sur les véhicules du train n° 3657.....	28
3.3.3 -Les inspections des trains précédents.....	30
3.3.4 -Conclusions des investigations effectuées sur le matériel roulant.....	30
3.4 - Les investigations portant sur les voies.....	31
3.4.1 -Les constats immédiats.....	31
3.4.2 -La cause immédiate du déraillement.....	33
3.5 - La reconstitution de la rotation de l'éclisse.....	33
3.5.1 -La vérification de la possibilité de rotation.....	33
3.5.2 -Les mécanismes pouvant provoquer la rotation de l'éclisse.....	34
3.6 - Les trajectoires des véhicules après le déraillement.....	36

4 - DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....	39
4.1 - La circulation du train n° 3657 et le déraillement.....	39
4.2 - Les mesures immédiates de protection.....	39
5 - LES INVESTIGATIONS PORTANT SUR LE JOINT DÉSSASSEMBLÉ.....	41
5.1 - Le scénario des défaillances de la boulonnerie du joint.....	41
5.1.1 -Identification et expertise visuelle des pièces de boulonnerie prélevées à proximité du joint.....	41
5.1.2 -Le séquençage probable des défaillances de la boulonnerie.....	45
5.2 - La chronologie des défaillances de la boulonnerie du joint.....	47
5.3 - Éléments de synthèse.....	49
6 - LES INVESTIGATIONS PORTANT SUR LA MAINTENANCE DE LA TRAVERSÉE JONCTION DOUBLE.....	51
6.1 - Généralités sur la maintenance des appareils de voie.....	51
6.1.1 -La maintenance de la géométrie de la voie.....	51
6.1.2 -La maintenance spécifique des appareils de voie sur voies principales.....	51
6.1.3 -La surveillance.....	51
6.1.4 -Les interventions programmées.....	53
6.1.5 -La maintenance corrective.....	53
6.1.6 -La régénération.....	54
6.2 - Les défaillances des appareils de voie.....	54
6.2.1 -L'analyse des modes de défaillance.....	54
6.2.2 -La rapidité d'évolution des défauts des assemblages boulonnés.....	54
6.3 - La maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	55
6.3.1 -Généralités sur les traversées de la gare de Brétigny-sur-Orge.....	55
6.3.2 -Le schéma de maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	55
6.3.3 -L'historique de la maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	56
6.3.4 -Les constatations effectuées au cours des dernières opérations de maintenance.....	56
6.4 - L'expertise de l'état général de la traversée jonction double 6/7/8/9 après l'accident....	57
6.4.1 -Les constats.....	57
6.4.2 -Les normes et prescriptions.....	58
6.4.3 -L'analyse.....	58
6.5 - La tournée de surveillance du 4 juillet 2013.....	59
6.5.1 -L'organisation des tournées.....	59
6.5.2 -La consistance de la tournée du 4 juillet 2013.....	59
6.5.3 -La réalisation de la tournée.....	60
6.5.4 -Les constats effectués.....	61
6.5.5 -Les limites de la détection visuelle d'une anomalie.....	61
6.6 - Éléments de synthèse.....	63

7 - LES PREMIÈRES ORIENTATIONS PRÉVENTIVES ET LES VOIES D'APPROFONDISSEMENT.....	65
7.1 - La maîtrise des assemblages boulonnés des appareils de voie.....	65
7.2 - La détection des défaillances de la boulonnerie.....	66
7.2.1 -Le ressenti de la criticité des défaillances de la boulonnerie.....	66
7.2.2 -L'efficacité du processus de surveillance.....	67
7.3 - L'adaptabilité du schéma de maintenance des appareils de voie.....	68
7.4 - Les voies d'approfondissement des investigations.....	68
ANNEXES.....	71
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	73
Annexe 2 : Relevé des cotes des essieux des véhicules du train n° 3657.....	75
Annexe 3 : Expertise visuelle des essieux des véhicules du train n° 3657.....	77
Annexe 4 : Historique de la maintenance des véhicules du train n° 3657.....	85
Annexe 5 : Expertise visuelle des pièces prélevées à proximité du joint éclissé à l'origine de l'accident.....	87
Annexe 6 : Analyse de la géométrie de la zone de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	91
Annexe 7 : Compte rendu de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013.....	113

Glossaire

- **AC** : Agent Circulation
- **BS** : Branchement Simple
- **CG** : Conduite Générale de frein
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **DPX** : Dirigeant de ProXimité
- **DUP** : Dirigeant d'Unité de Production
- **PK** : Point Kilométrique
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **RFF** : Réseau Ferré de France
- **SAL** : Signal d'Alerte Lumineux
- **SAR** : Signal d'Alerte Radio
- **SNCF** : Société Nationale des Chemins de fer Français
- **TJD** : Traversée Jonction Double
- **VA** : Valeur d'Alerte
- **VI** : Valeur d'Intervention
- **VR** : Valeur de Ralentissement

Résumé

Le 12 juillet 2013 à 17h11, les quatre voitures de queue du train Intercités n° 3657 qui circulait en direction de Limoges sur la voie 1 de la ligne ferroviaire de Paris à Orléans, déraillent sur la zone d'appareils de voie située à l'entrée nord de la gare de Brétigny-sur-Orge.

Les deux premières voitures déraillées restent sur la voie 1 et finissent par se coucher sur leur flanc droit. La troisième voiture déraillée se met en travers entre les voies 1 et 3 et balaie le quai n° 3 sur environ 100 mètres. La dernière voiture s'immobilise sur la voie 3, sans se coucher.

Le bilan humain de cet accident est très lourd. Il coûte la vie à 7 personnes : 3 passagers du train concerné et 4 personnes qui se trouvaient sur le quai n° 3. Il occasionne des blessures à 32 autres personnes, dont 11 sont grièvement atteintes.

Le présent rapport d'étape fait la synthèse, cinq mois après ce déraillement, des constatations et des investigations effectuées au cours de cette période par les enquêteurs techniques du BEA-TT. Les analyses qu'il présente permettent de disposer d'une première approche étayée des causes de cet accident. Elles restent à confirmer, à approfondir et à compléter, en particulier à partir des éléments qui ressortiront de l'expertise métallurgique en cours.

Le déraillement considéré s'est produit à environ 150 mètres en amont du quai n° 3, sur la traversée jonction double 6/7/8/9, et plus précisément sur le cœur de traversée de la file de droite de cet appareil de voie. Il a été provoqué par l'obstruction de l'ornièrre de passage de roue de ce cœur par l'éclisse intérieure du joint¹ le raccordant à une aiguille. Pour se loger dans cette ornièrre, cette éclisse a pivoté, lors du passage du train n° 3657, autour du corps sans tête du quatrième boulon du joint concerné.

Pour ce faire, il fallait que les trois autres boulons de ce joint soient sortis de leur logement. Ce désassemblage est très vraisemblablement la conséquence d'une fissuration qui s'était développée depuis plusieurs mois dans l'âme de l'about du cœur de traversée incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache, entraînant des efforts anormaux dans le troisième boulon du joint éclissé¹ considéré. Sous ces efforts, la tête de ce boulon a rompu. Les trois autres boulons ont ensuite cédé, l'un en se dévissant, les deux autres par rupture de leur tête.

A priori, lors de la tournée de surveillance effectuée le 4 juillet 2013, seule la défaillance du troisième boulon du joint éclissé concerné était détectable. La moindre attention accordée aux anomalies affectant la boulonnerie par rapport à d'autres défauts des appareils de voie qui sont considérés comme plus critiques, ajoutée aux limites inhérentes à tout examen visuel notamment lorsqu'il est effectué sur des voies en exploitation, a pu contribuer à ce que cette défaillance ne soit pas détectée.

À ce stade de l'enquête, le BEA-TT adresse, d'ores et déjà, à la SNCF trois recommandations portant respectivement sur :

- la maîtrise des assemblages boulonnés afin que leur robustesse soit renforcée, notamment lorsqu'ils sont installés sur des appareils de voie particulièrement sollicités dans des endroits où ils sont peu apparents ;

1 Un joint éclissé, également appelé « joint » dans ce rapport, est un assemblage boulonné permettant de raccorder deux rails successifs. Dans le cas présent, l'assemblage concerné comprenait quatre boulons. Les positions respectives de ces boulons sont identifiées par rapport au sens de circulation des trains sur la voie 1.

- la clarification et le renforcement des prescriptions relatives à la maintenance de la boulonnerie des appareils de voie, afin d'y supprimer toute ambiguïté susceptible d'entraîner des dérives dans leur application ;
- l'adaptabilité du schéma de surveillance des appareils de voie, afin qu'au-delà des prescriptions générales et des critères actuellement appliqués, il soit tenu compte, de manière fiable et auditable, des particularités que certains de ces appareils peuvent présenter.

Ces recommandations n'épuisent pas le sujet. Des investigations plus approfondies restent à effectuer pour que l'analyse technique de cet accident soit complète. Elles porteront notamment, au regard des éléments d'appréciation qu'apportera l'expertise métallurgique en cours, sur la maîtrise de la qualité des opérations de maintenance des appareils de voie.

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

1.1 - L'accident

Le 12 juillet 2013 à 17h11, les quatre voitures de queue du train Intercités n° 3657 qui circulait en direction de Limoges sur la voie 1 de la ligne ferroviaire de Paris à Orléans, déraillent sur la zone d'appareils de voie située à l'entrée nord de la gare de Brétigny-sur-Orge dans l'Essonne.

La première voiture déraillée reste accrochée à la tête du train sur la voie 1 et finit par se coucher sur son côté droit.

La deuxième voiture déraillée se décroche de la précédente, reste sur la voie 1 et se couche également sur son flanc droit.

La troisième se met en travers entre la voie 1 et la voie 3, balayant le quai n° 3.

La dernière voiture suit sur la voie 3 l'arrière de celle qui la précédait. Elle ne se couche pas.

Le conducteur du train déclenche le freinage d'urgence et les dispositifs d'alerte radio et lumineux.

La locomotive avec la tête du train dépasse les quais et s'arrête à la sortie sud de la gare, au km 31,700.

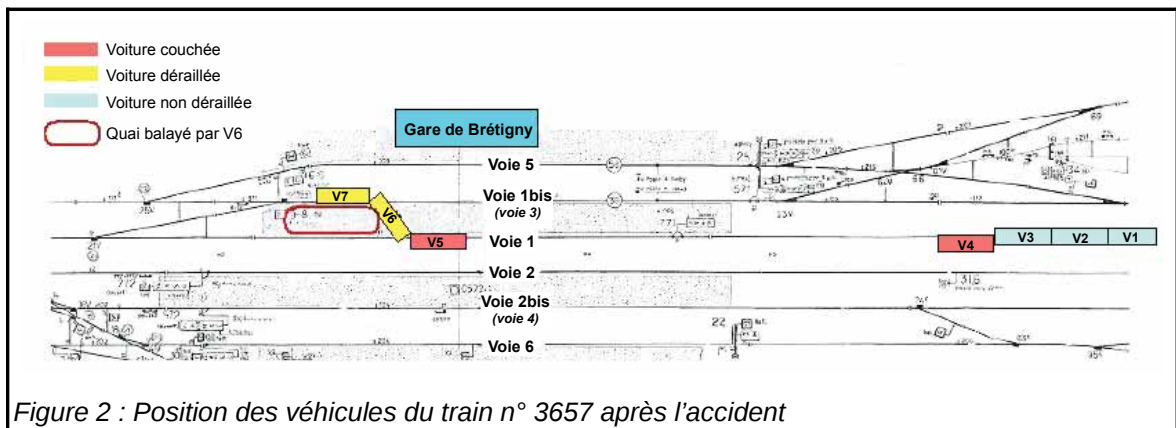


Figure 1 : Vue des trois dernières voitures déraillées

Le train Intercités n° 3700 en provenance de Brive-la-Gaillarde qui approchait de la gare de Brétigny-sur-Orge sur la voie 2 est arrêté d'urgence par son conducteur. Il s'immobilise à moins de 100 mètres de la tête du train n° 3657.

1.2 - La situation après l'accident

Dans la suite du présent rapport, les voitures du train n° 3657 sont numérotées de 1 à 7 à partir de la tête de ce train. La figure 2 ci-après visualise leur position, ainsi que celle de la locomotive concernée, juste après l'accident.



1.3 - Les secours et le bilan humain

Les secours sont avisés dès 17h12.

Au vu des renseignements communiqués par les équipes de police locales arrivées sur les lieux, le plan de secours nombreuses victimes (ORSEC NOVI) est déclenché à 17h19.

Le déroulé détaillé des opérations de secours sera annexé au rapport final.

Le bilan humain est très lourd. L'accident a coûté la vie à 7 personnes : 3 passagers du train concerné et 4 personnes qui se trouvaient sur le quai n° 3. Il a occasionné des blessures à 32 autres personnes, dont 11 ont été grièvement atteintes.

L'ensemble du trafic ferroviaire est paralysé sur le sud de la ligne C du RER. Il en est de même du trafic grandes lignes et du trafic fret entre Paris et Orléans.

1.4 - L'identification de la cause directe du déraillement

La cause directe du déraillement a été rapidement identifiée par les différents enquêteurs présents sur les lieux. Il s'agit de la présence d'une éclisse dans l'ornière du passage de roue du cœur de la traversée jonction double² (TJD) n° 6/7/8/9 située sur la voie 1 à 150 mètres environ en amont du quai n° 3.

² La définition d'une traversée jonction double figure dans le chapitre 2.4.2 du présent rapport.

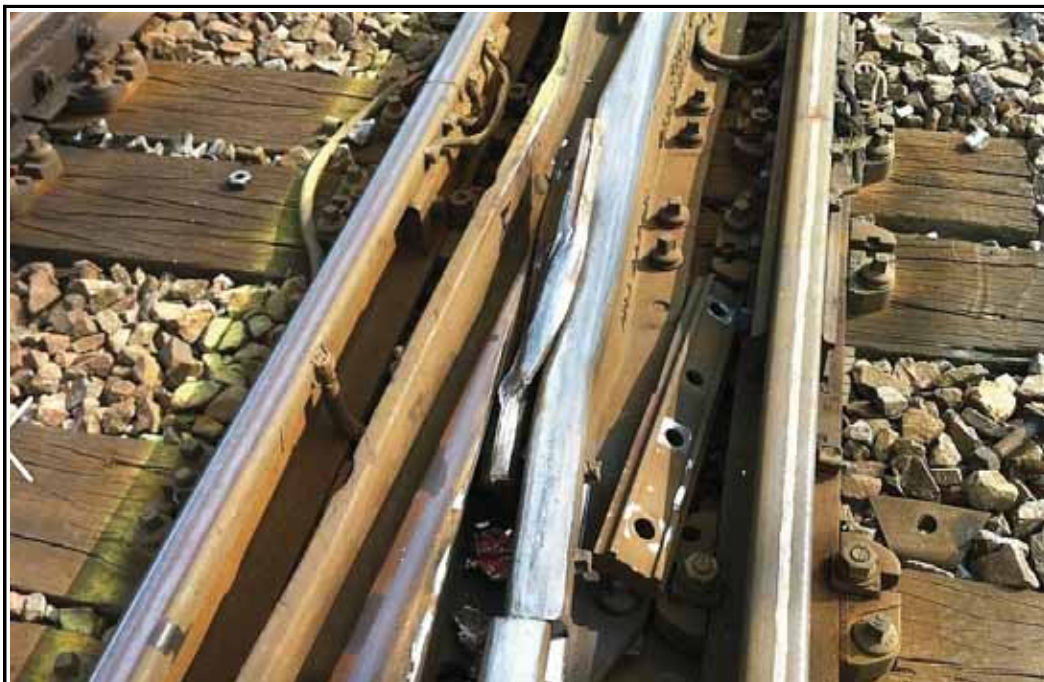


Figure 3 : Éclisse obstruant l'ornière du cœur de la TJD 6/7/8/9

1.5 - Les mesures prises après l'accident

1.5.1 - Le rétablissement des circulations

Après le relevage des véhicules déraillés, le rétablissement des circulations a nécessité la remise en état des voies, des caténaires et de la signalisation, puis la réparation des quais de la gare.

Des trains ont pu de nouveau circuler à vitesse réduite, dès le 17 juillet, sur les voies 4, 5 et 6. La circulation normale a été rétablie à partir du 30 juillet.

1.5.2 - La campagne nationale de vérification des traversées de voies principales

L'éclisse à l'origine du déraillement provenant d'une liaison éclissée entre un cœur d'une traversée jonction double et une aiguille, la SNCF a engagé le 14 juillet 2013 une campagne de vérification de toutes les traversées installées sur le réseau ferré national.

Cette campagne, qui a duré deux semaines, a concerné 2 466 appareils et a consisté à y identifier les zones de danse, à contrôler leur boulonnerie et à vérifier leurs attaches³.

Une première synthèse des constats effectués lors de cette campagne a été établie par la SNCF le 24 juillet 2013 et un bilan complet en a été tiré le 11 septembre 2013.

Il en ressort qu'aucune situation de nature à engager la sécurité n'a été détectée. Le bilan fait, cependant, apparaît :

- que 4 % des appareils inspectés présentaient une danse supérieure à 10 mm ;
- que 0,2 % des boulons d'éclisse manquaient et que 5,1 % de ces boulons étaient desserrés ;
- que, selon leur type, entre 1,7 % et 4 % des attaches étaient manquantes ou desserrées.

³ Les termes « *boulonnerie* » et « *attache* » sont définis au chapitre 2.4. La « *danse* » est définie dans le chapitre 3.5.2.

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

Au vu des circonstances et de la gravité de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert, le 12 juillet 2013, une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 du code des transports.

Cette enquête poursuit trois objectifs :

- reconstituer la chaîne des événements qui a conduit au déraillement du train Intercités n° 3657 ;
- identifier tous les facteurs, techniques, organisationnels et humains, qui y ont contribué ;
- établir les recommandations de sécurité dont la mise en œuvre permettrait de se prémunir contre la survenue d'un accident similaire.

Le présent rapport d'étape fait la synthèse, cinq mois après le déraillement considéré, des constatations et des investigations effectuées au cours de cette période par les enquêteurs techniques du BEA-TT.

Les analyses qu'il présente permettent de disposer d'une première approche étayée des causes, notamment techniques, de cet accident. Elles restent à confirmer, à approfondir et à compléter, en particulier à partir des éléments qui ressortiront de l'expertise métallurgique engagée dans le cadre de l'enquête judiciaire.

Néanmoins, ce rapport d'étape formule d'ores et déjà trois recommandations portant, pour la première, sur la maîtrise des assemblages boulonnés des appareils de voie et pour les deux autres, sur la maintenance et la surveillance de ces appareils.

Ce rapport a été établi en s'appuyant notamment sur :

- les constats effectués sur le site de l'accident ;
- les examens visuels des pièces sous scellés ;
- l'analyse des normes et référentiels applicables ;
- les auditions d'agents et de dirigeants locaux de la SNCF ;
- les rapports d'enquêtes internes de la SNCF.

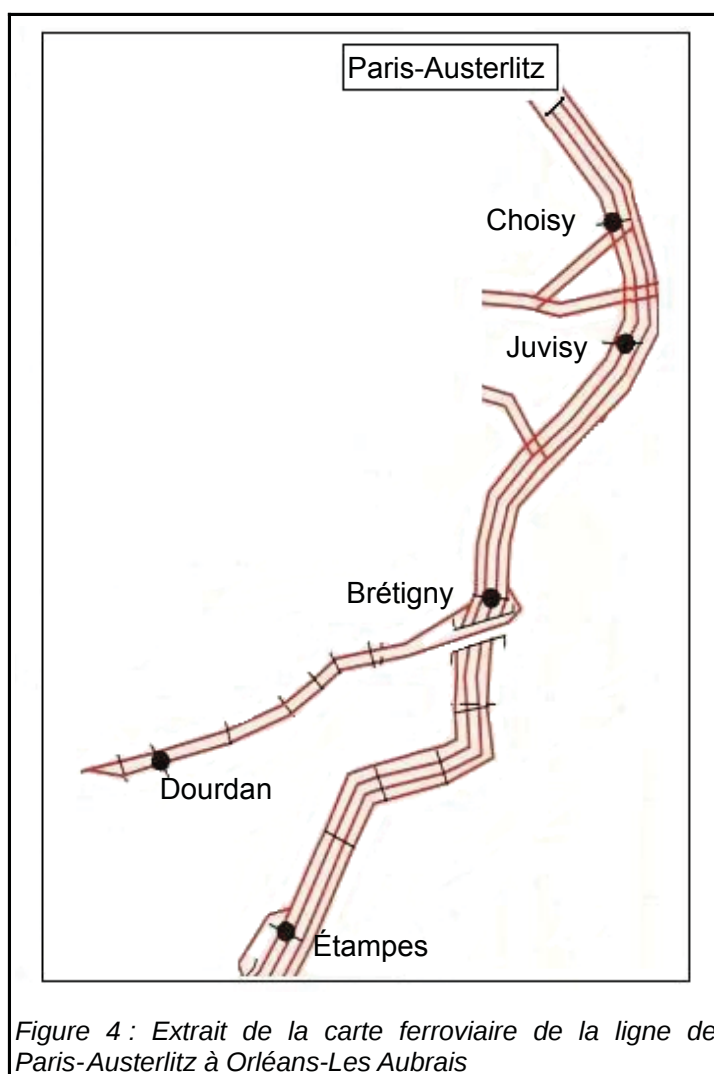
2 - Le contexte de l'accident

2.1 - La ligne ferroviaire

L'accident a eu lieu sur la voie 1 de la ligne de Paris-Austerlitz à Orléans-Les Aubrais, à l'entrée de la gare de Brétigny-sur-Orge, à partir du km 31,050.

Cette ligne, qui est très chargée, relève du groupe UIC 2⁴. Outre les trains de banlieue de la branche sud du RER C, elle supporte les trafics régionaux et de grandes lignes de l'axe Paris – Orléans ainsi que les trains de fret circulant entre la Région Parisienne et le Centre ou le Sud-Ouest.

Au total, à la hauteur de Brétigny-sur-Orge, environ 200 trains y circulent quotidiennement dans chaque sens.



À Brétigny-sur-Orge, la ligne se sépare en deux branches : la branche principale vers Étampes et Orléans et la branche secondaire vers Dourdan.

Elle comporte quatre voies de Paris à Étampes, puis trois voies au-delà.

⁴ En fonction de leur niveau de trafic, les lignes ferroviaires sont classées en neuf groupes définis par l'union internationale des chemins de fer (UIC). Les lignes du groupe 1 sont les plus chargées.

Elle est électrifiée en courant continu 1 500 V. Le cantonnement des trains y est assuré par le block automatique lumineux (BAL). Elle est équipée de la radio sol-train (RST) et du contrôle de vitesse par balises (KVB).

À la hauteur de Brétigny-sur-Orge, elle peut être parcourue à la vitesse maximale de 150 km/h sur la voie 1 et de 130 km/h sur les voies 2, 1bis et 2bis.

Elle est régulée par le centre opérationnel de gestion des circulations (COGC) de Paris-Rive Gauche jusqu'à Étampes, puis par celui de Tours.

2.2 - La gare de Brétigny-sur-Orge

La gare de Brétigny-sur-Orge s'étend du km 28,500 au km 34,000, son bâtiment-voyageurs (BV) étant situé au niveau du km 31,300. Son plan de voies est relativement complexe du fait de la présence de la bifurcation vers Dourdan et de l'existence de plusieurs faisceaux de voies de service.

À l'entrée nord de cette gare, une diagonale formée d'un ensemble contigu de cinq traversées jonctions doubles (TJD) coupe l'ensemble des voies principales.

Ces traversées, qui peuvent être franchies en voie directe à la vitesse de la ligne concernée et à 30 km/h en voie déviée, sont des appareils complexes dont le maintien de la géométrie peut s'avérer délicat, notamment lorsqu'elles sont ainsi groupées.

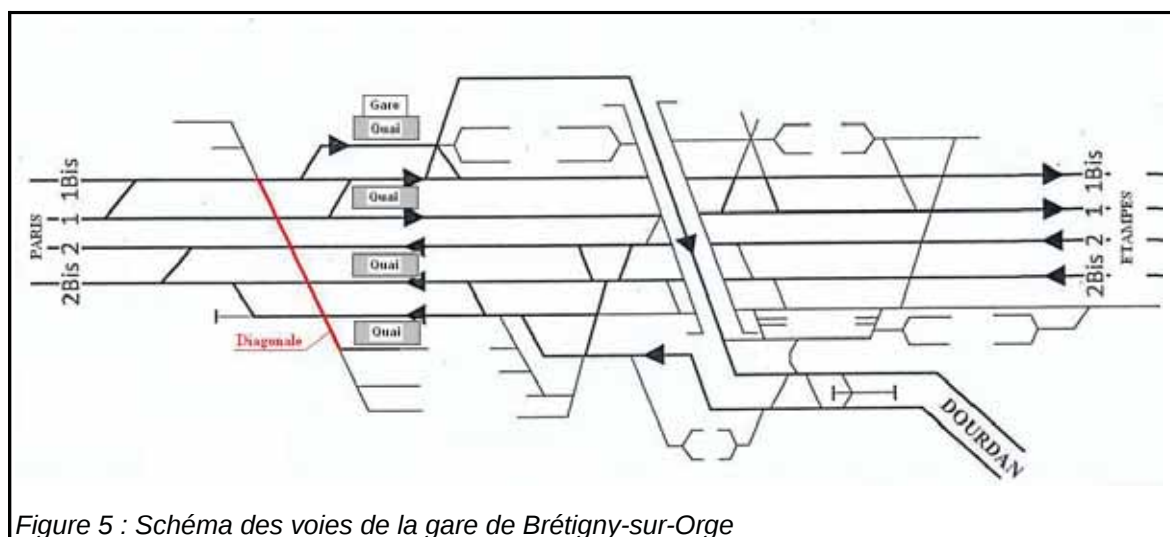


Figure 5 : Schéma des voies de la gare de Brétigny-sur-Orge

2.3 - Le train Intercités n° 3657

Ce train circule du lundi au vendredi entre Paris-Austerlitz et Limoges-Bénédictins. Il dessert les gares de Châteauroux et de La-Souterraine.

Il appartient normalement à la catégorie V200 telle que définie dans la réglementation en vigueur sur le réseau ferré national. Il peut donc circuler à la vitesse maximale de 200 km/h sur les tronçons de ligne où cette vitesse est autorisée.

Le jour de l'accident, il était composé de la locomotive BB 26005 tractant 7 voitures de type « Corail ».

Avec une longueur totale de 202 m, une masse totale de 419 t et une masse freinée de 632 t, sa composition était conforme aux exigences de sa catégorie.



Figure 6 : Rame Intercités tirée par une locomotive BB 26000

2.4 - Généralités sur les appareils de voie

2.4.1 - Le branchement simple

Le branchement simple (BS) est l'appareil de voie le plus courant. Il permet le raccordement de deux voies. Il n'est généralement pas symétrique et on distingue la voie directe qui peut être franchie à la vitesse de la ligne concernée et la voie déviée qui ne peut, le plus souvent, être parcourue qu'à vitesse réduite.



Figure 7 : Branchement simple avec déviation à gauche

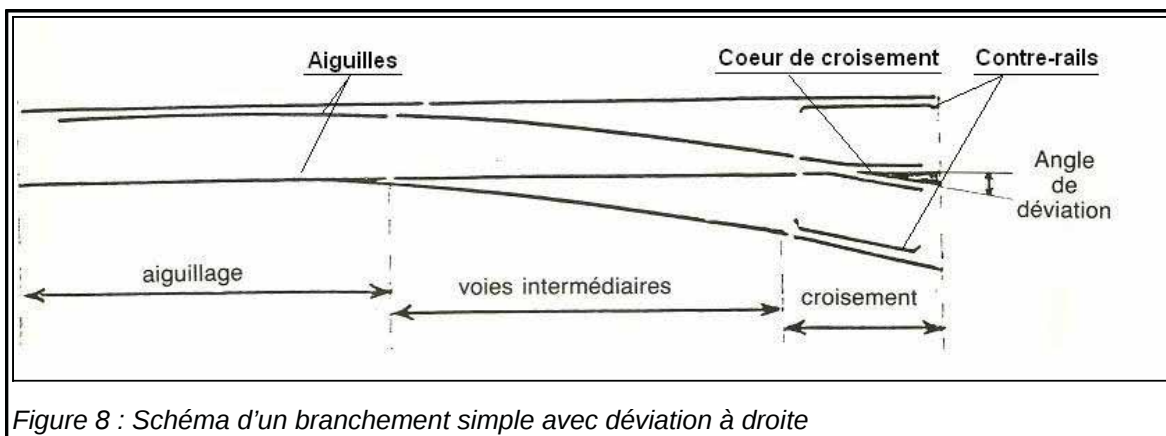


Figure 8 : Schéma d'un branchement simple avec déviation à droite

Un branchement simple comporte deux aiguilles qui sont les pièces mobiles en rail usiné qui viennent s'appuyer contre l'un ou l'autre des rails extérieurs pour assurer ainsi la continuité de l'un ou l'autre des itinéraires.

Le cœur est une pièce, généralement en acier moulé, garantissant la continuité du roulement au niveau du croisement, le guidage étant assuré par des contre-rails.

Les traverses spéciales qui supportent un appareil de voie sont appelées « bois d'appareil ». Sur les appareils récents, ces traverses sont remplacées par des supports en béton armé.

2.4.2 - La traversée jonction double

Les fonctions et les éléments constitutifs

La traversée jonction double (TJD) est le plus complexe des appareils de voie de type courant. Elle permet d'assurer l'intersection de deux itinéraires ainsi que leur jonction dans les deux sens.

Elle comporte 4 cœurs et 8 aiguilles.

Les cœurs de croisement sont semblables à ceux du branchement simple.

Les cœurs de traversée sont plus complexes, assurant à la fois la continuité du roulement et le guidage.

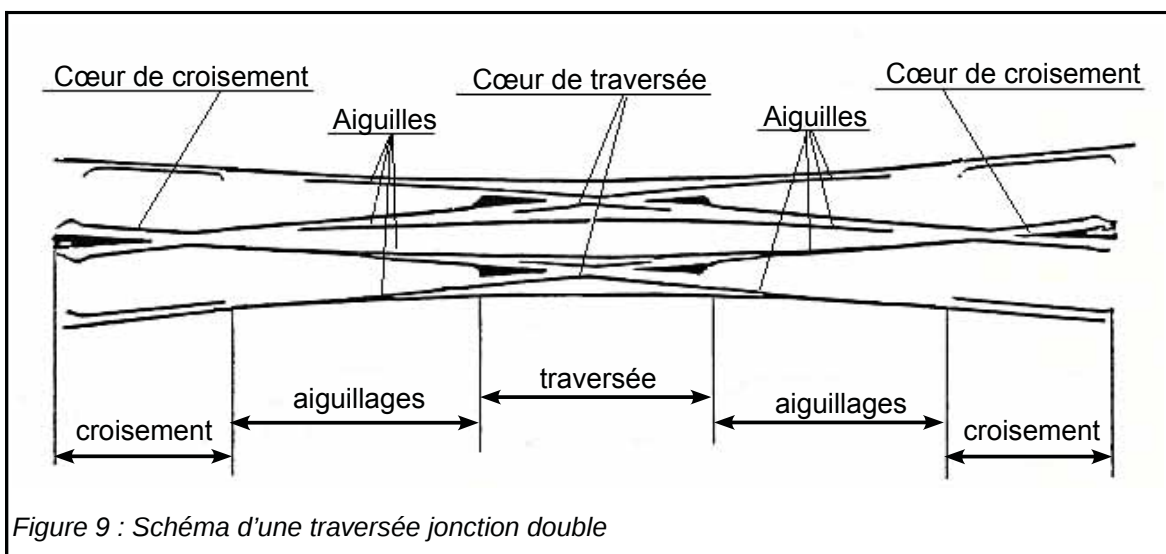


Figure 9 : Schéma d'une traversée jonction double

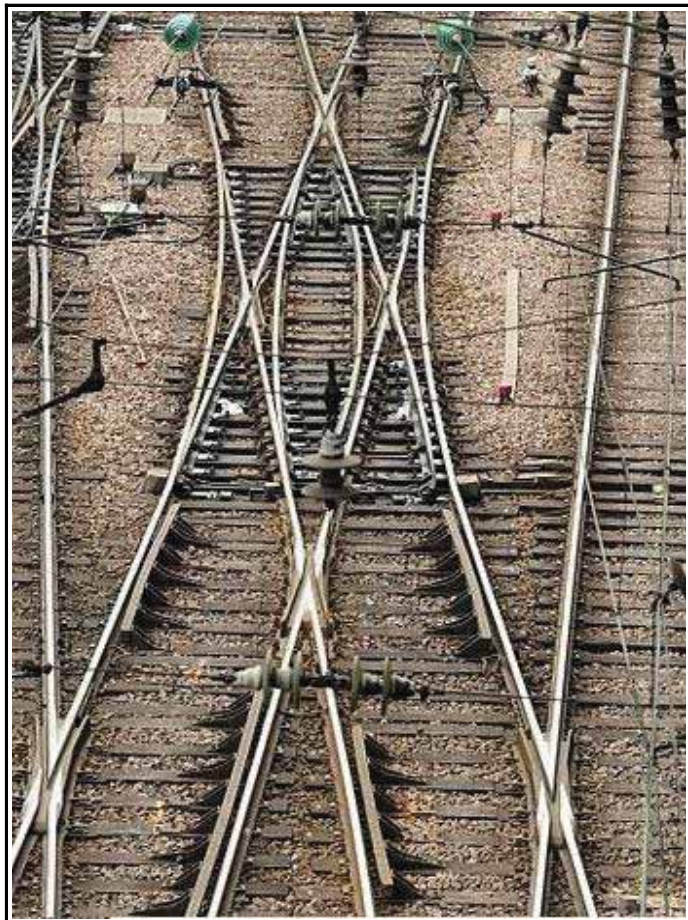


Figure 10 : Vue d'une traversée jonction double

La traversée proprement dite

La partie centrale d'une traversée jonction double est appelée « *traversée proprement dite* ». La figure 11 ci-après en détaille les principaux éléments.

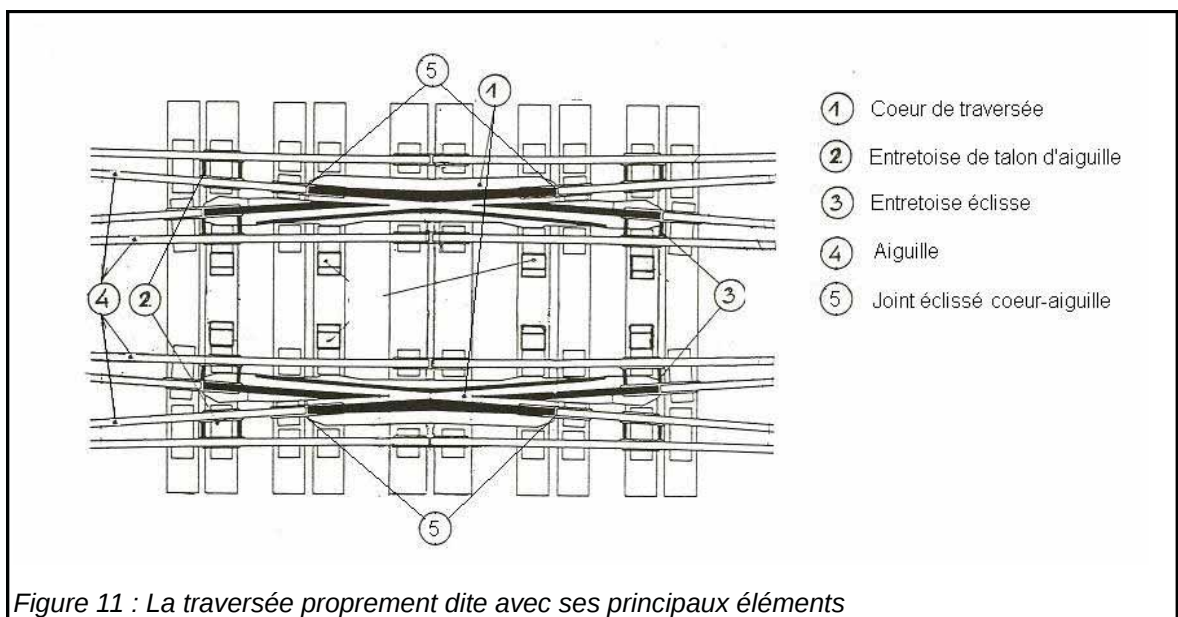


Figure 11 : La traversée proprement dite avec ses principaux éléments

Les cœurs de traversée

Les cœurs de traversée sont des pièces moulées en acier au manganèse. Ce type d'acier est utilisé en raison de sa résistance aux chocs, à l'usure et à la fissuration. La soudure entre l'acier au manganèse du cœur et l'acier au carbone dont les rails sont constitués est difficile et ne peut pas être faite in situ. Les liaisons entre les cœurs et les rails ou les aiguilles sont donc assurées par éclissage.

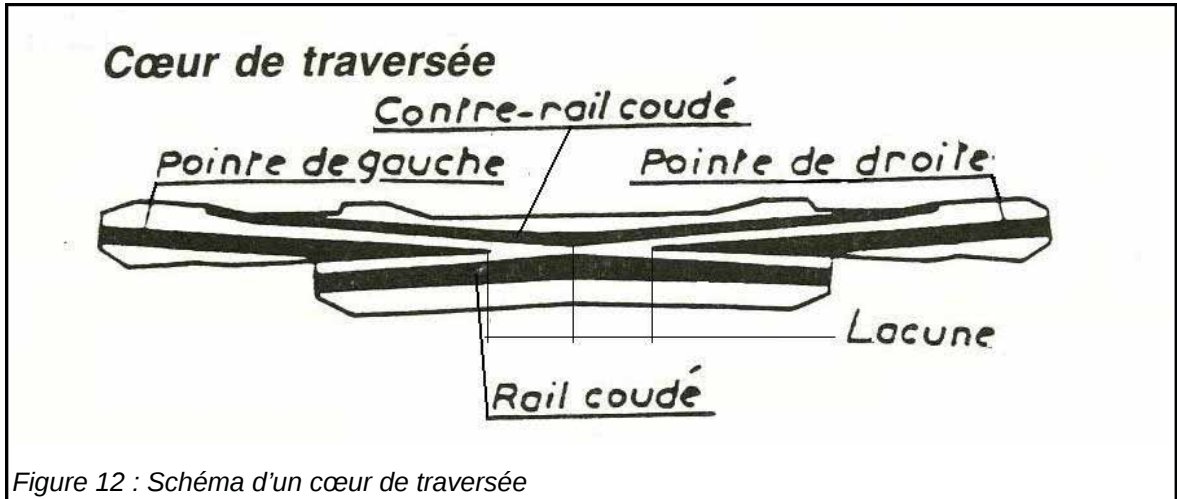


Figure 12 : Schéma d'un cœur de traversée

Les joints éclissés

Les joints éclissés permettent d'assembler des rails successifs ou les cœurs des appareils de voie avec les rails ou les aiguilles. Selon le type de rail et l'emplacement du joint, il est utilisé des éclisses à quatre, cinq ou six trous.

La figure 13 ci-dessous représente un joint constitué d'éclisses à quatre trous, semblable à celui incriminé dans le déraillement survenu à Brétigny-sur-Orge.

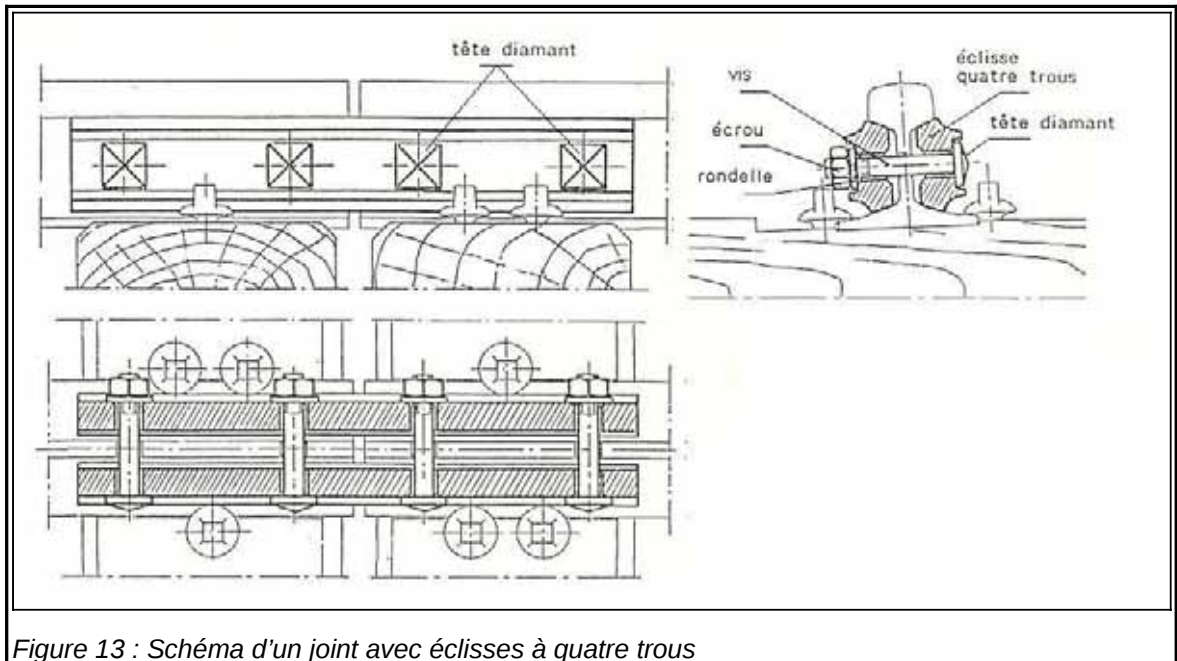


Figure 13 : Schéma d'un joint avec éclisses à quatre trous

La boulonnerie

Dans le présent rapport, le terme « *boulonnerie* » recouvre l'ensemble des boulons⁵ assurant les liaisons horizontales entre les différents éléments d'un appareil de voie. Il inclut non seulement les boulons d'éclisses, mais aussi les boulons de fixation des entretoises et des butées.

Les boulons utilisés sont des boulons dits « à tête *diamant* » en raison de la forme carrée de la tête de leur vis. Ils sont spécifiés dans la norme française NF F 52-002.

Ce sont des boulons de classe 5.6⁶ en acier au carbone. Leurs vis sont fabriquées d'une seule pièce, sans soudure, la tête étant refoulée à chaud dans la masse. Le filetage est obtenu par usinage.

Les boulons des éclisses de la traversée jonction double 6/7/8/9 de Brétigny-sur-Orge sont des boulons M20-125 d'un diamètre de 20 mm et d'une longueur de 125 mm.

Pour leur serrage, la procédure SNCF IN 0268 spécifie le graissage de leur partie filetée et un couple de 20 m.daN.

Les attaches

Les éléments des appareils de voie (cœurs, rails, aiguilles...) sont fixés sur les bois d'appareil soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire de pièces en acier appelées « *selles* ».

On distingue :

- les attaches de premier niveau « *entre fer et bois* » constituées par des tirefonds ;
- les attaches de deuxième niveau entre les éléments de l'appareil de voie et les selles, qui sont assurées par des boulons spéciaux appelés « *boulons oscillants* ».

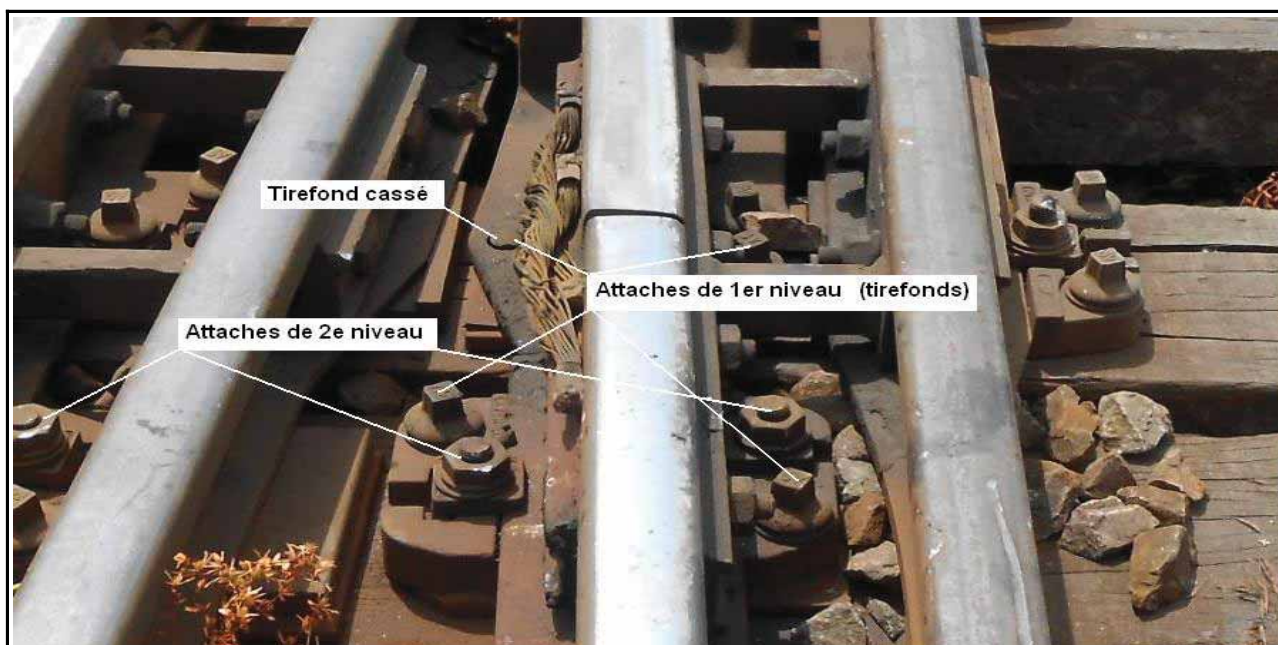
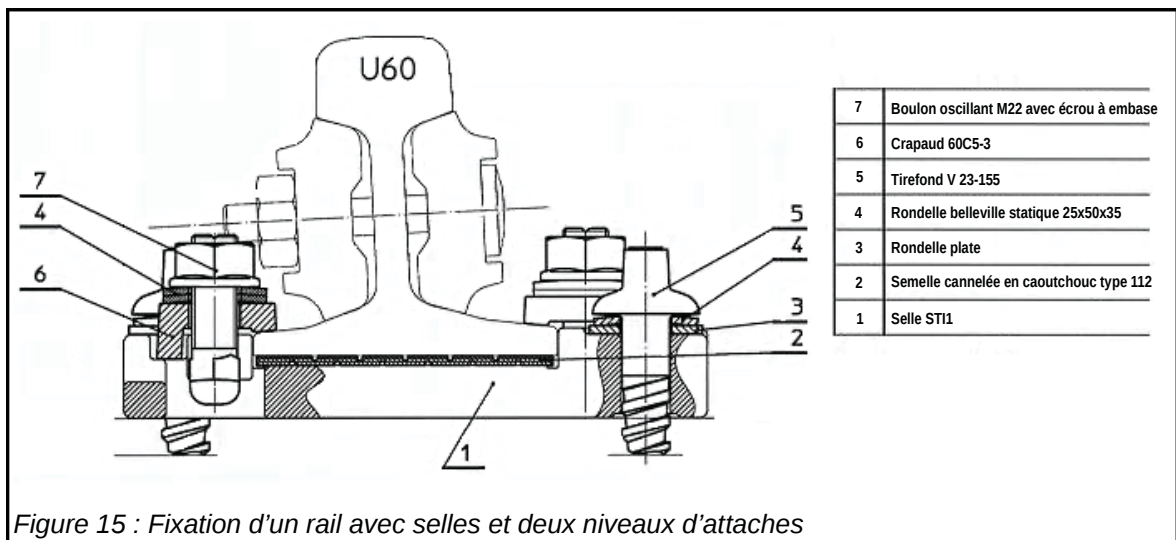


Figure 14 : Les deux niveaux d'attaches

5 Un boulon est l'ensemble formé d'une vis, d'un écrou et, éventuellement, d'une ou plusieurs rondelles.

6 La classe de résistance est un code à deux chiffres qui renseigne sur la résistance à la rupture et la limite élastique de l'acier utilisé.



2.5 - Le retour d'expérience sur des événements similaires

Sur le réseau ferré national, aucun accident provoqué par la défaillance d'un joint éclissé ou de la boulonnerie n'avait été recensé avant le 12 juillet 2013, tant en pleine voie que sur un appareil.

Le BEA-TT a interrogé les organismes nationaux d'enquêtes des différents États-membres de l'Union Européenne sur les accidents ferroviaires ayant eu une telle origine dont ils avaient connaissance.

L'organisme d'enquête danois a signalé le déraillement d'un train de marchandises survenu à Farris le 29 novembre 2012 qui a été causé par la défaillance de la boulonnerie du cœur d'un appareil de voie. Les nombreux boulons défaillants n'avaient pas été détectés lors de l'inspection périodique effectuée 10 jours auparavant, ni lors d'une expertise du cœur de l'appareil réalisée deux jours avant l'accident. La faible résistance des boulons a également été mise en cause.

L'organisme d'enquête britannique a fait état du déraillement d'un train de voyageurs survenu à Southall East Junction le 24 novembre 2002 qui a été provoqué par le déboulonnage, puis la rupture d'une éclisse qui s'est ensuite logée dans l'ornièrre du cœur de l'appareil voisin.

Il a également signalé le déraillement d'un train de voyageurs, à Grayrigg le 23 février 2007, causé par la défaillance d'un assemblage boulonné au niveau de la tringlerie de commande des aiguilles d'un appareil de voie.

Les deux premiers déraillements sont similaires à celui analysé dans le présent rapport.

Dans les trois cas signalés, les enquêtes qui ont été conduites ont mis en évidence à la fois des facteurs techniques et des facteurs liés à la réalisation de la maintenance.

3 - Les investigations sur les circonstances et les causes immédiates de l'accident

3.1 - Les déclarations des conducteurs

3.1.1 - Les déclarations du conducteur du train Intercités n° 3657

Lors de la traversée de la gare de Brétigny-sur-Orge, ce conducteur ressent un à-coup de traction alors que la vitesse de son train avoisine 140 km/h en accélération.

De nouveaux à-coups se produisant, il actionne le freinage d'urgence, déclenche les signaux d'alerte radio et lumineux, abaisse le pantographe et actionne le sablage.

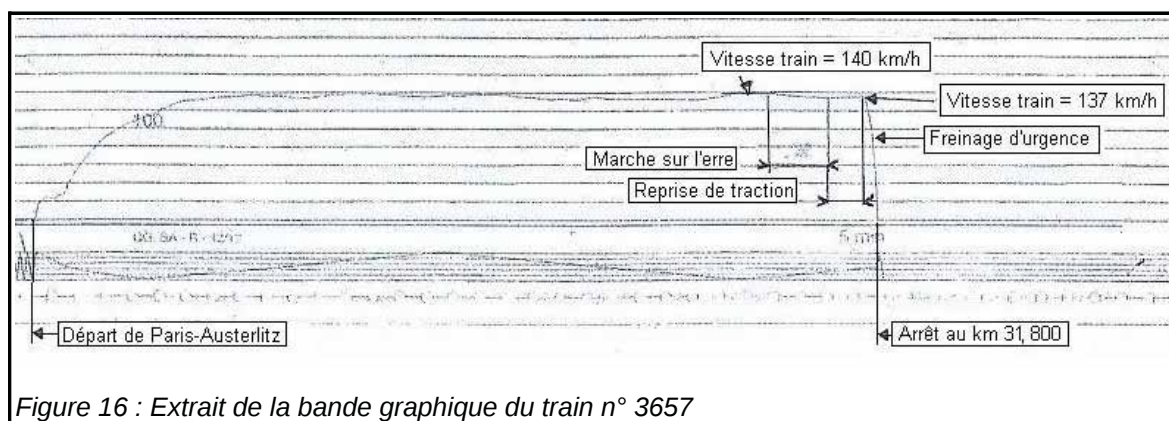
Il appelle, par la radio sol-train, le régulateur qui lui indique que la coupure d'urgence du courant de traction est effectuée et que l'agent circulation de la gare de Brétigny-sur-Orge assure la protection des obstacles.

3.1.2 - Les déclarations du conducteur du train croiseur n° 3700

Effectuant la conduite du train n° 3700 de Brive-la-Gaillarde à Paris et circulant sur la voie 2 de la ligne concernée, cet agent constate, après avoir franchi le tableau indicateur de vitesse à 130 km/h situé peu avant Brétigny-sur-Orge, une coupure du courant de traction et observe un nuage de fumée au loin devant lui.

Il déclenche le freinage d'urgence avant d'entendre le signal d'alerte radio.

3.2 - L'examen des enregistrements graphiques



Il apparaît qu'après une montée en vitesse régulière, le train n° 3657, rencontrant tous les signaux ouverts, a roulé à une vitesse comprise entre 135 et 140 km/h.

Il a atteint pour la dernière fois la vitesse de 140 km/h à la hauteur de Saint-Michel-sur-Orge, puis il a circulé sur l'erre et sa vitesse est descendue jusqu'à 135 km/h. La traction a repris modérément environ 1 500 mètres avant la gare de Brétigny-sur-Orge.

Cette gare a été abordée à 137 km/h pour une vitesse maximale autorisée de 150 km/h.

L'examen de l'enregistrement ne fait apparaître aucune anomalie.

3.3 - Les investigations portant sur le matériel roulant

3.3.1 - La composition du train n° 3657

Ainsi qu'il l'a été indiqué dans le chapitre 2.3 de ce rapport, le 12 juillet 2013, le train Intercités n° 3657 comprenait 7 voitures de type « Corail » tractées par la locomotive BB 26005. Il s'agissait des voitures portant les numéros :

- 50 87 279 7173-3 pour la 1^{re} voiture ;
- 50 87 299 7017-0 pour la 2^e voiture ;
- 50 87 299 7026-1 pour la 3^e voiture ;
- 50 87 299 7008-9 pour la 4^e voiture ;
- 50 87 849 7181-6 pour la 5^e voiture ;
- 50 87 189 3009-4 pour la 6^e voiture ;
- 50 87 179 7010-9 pour la 7^e voiture.

3.3.2 - Les investigations portant sur les véhicules du train n° 3657

L'inspection visuelle des véhicules

Tous les véhicules du train concerné, déraillés ou non, ont fait l'objet d'une inspection visuelle sur les lieux de l'accident, puis sur les voies de garage où ils ont été remisés. Cette inspection n'a pas mis en évidence d'avarie ou de perte de pièces antérieures au déraillement et susceptibles d'y avoir joué un rôle.

Le relevé dimensionnel des essieux

En cas de déraillement, un relevé dimensionnel des essieux des véhicules impliqués est systématiquement réalisé afin de vérifier que leurs cotes sont conformes à la fiche de maintenance SNCF VR 001 qui reprend la norme européenne EN 15313⁷. Cette vérification permet de s'assurer que les essieux concernés n'étaient pas susceptibles de provoquer des difficultés d'inscription dans la voie et dans les appareils.

Le tableau récapitulatif des relevés effectués en la matière, après l'accident, sur les essieux des véhicules du train n° 3657 est joint en annexe 2 au présent rapport.

Il en ressort que les dimensions de ces essieux sont conformes aux prescriptions précitées.

L'expertise visuelle des essieux

Le compte rendu de l'expertise visuelle des essieux précités effectuée sur les lieux de l'accident par les experts de la direction du matériel de la SNCF figure en annexe 3.

Cette expertise a porté sur les parties visibles des roues compte tenu des positions dans lesquelles les véhicules se trouvaient alors.

Il convient de distinguer les marques résultant d'un roulement sur le ballast, qui sont des conséquences du déraillement, des autres traces qui peuvent être liées aux causes de ce déraillement.

Les marques de roulement sur le ballast

Le roulement sur le ballast d'un essieu consécutivement à un déraillement laisse sur les roues concernées des marques caractéristiques qui affectent la totalité de leur circonférence.

⁷ La norme EN 15313 a trait à l'exploitation des essieux en service et à leur maintenance.

Les roues de la locomotive et des trois premières voitures du train n° 3657 ne présentent pas de telles marques. En revanche, à partir de la voiture n° 4 de ce train, toutes les roues sont nettement marquées par un roulement dans le ballast.

Les autres traces liées à l'accident

Aucune trace n'a été constatée sur les roues de la locomotive.

Des traces mineures ont été relevées sur celles de la voiture n° 1, mais elles n'apparaissent pas significatives par rapport à l'accident.

Sur la voiture n° 2, la roue droite du deuxième essieu porte des traces de frottements qui n'étaient pas observables lors de la première expertise. Elles ont été constatées après que ce véhicule a été déplacé.

Sur la voiture n° 3, toutes les roues droites des essieux présentent des traces de frottements ou de chocs. En outre, sur le dernier essieu, une trace de choc a été détectée sur le disque de frein, du côté droit.

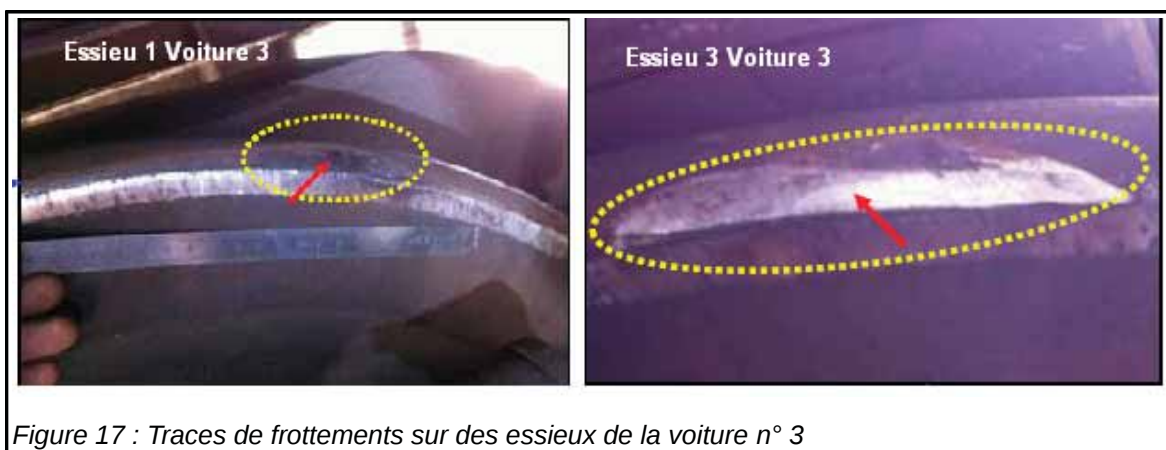


Figure 17 : Traces de frottements sur des essieux de la voiture n° 3

Sur la voiture n° 4 et les suivantes, toutes les roues droites des essieux présentent des traces de frottements ou de chocs.

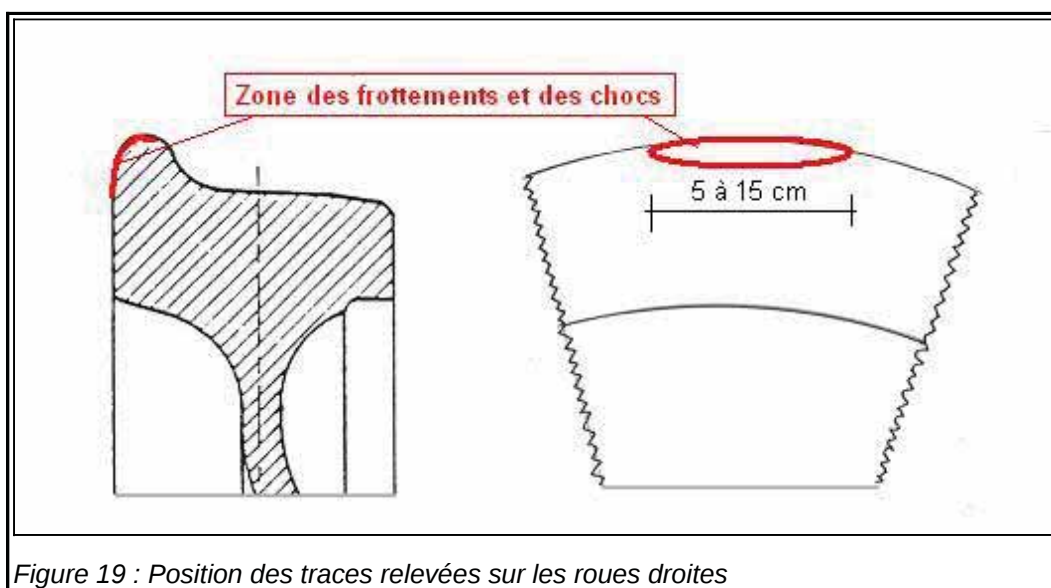
Jusqu'au deuxième essieu de la voiture n° 4, ces traces correspondent à des chocs modérés et à des frottements de plus en plus intenses. À partir du troisième essieu de cette voiture, les marques constatées ont été provoquées par des chocs violents qui ont laissé des empreintes profondes sur les boudins des roues.



Figure 18 : Traces de chocs avec empreintes sur des essieux de la voiture n° 4

Toutes les traces, à partir de la voiture n° 2, se trouvent sur les boudins des roues droites, à proximité de leurs sommets, du côté des faces internes des roues.

Ces marques n'intéressent pas la totalité de la circonférence de ces roues, mais un secteur d'une longueur comprise entre 5 et 15 cm environ.



La vérification du respect des règles de maintenance

Le tableau récapitulatif de l'historique de la maintenance de la locomotive et des voitures du train n° 3657 est joint en annexe 4 au présent rapport. Il montre que tous ces véhicules étaient à jour de leurs opérations de maintenance.

3.3.3 - Les inspections des trains précédents

Les deux derniers trains ayant circulé avant le train n° 3657 sur la voie 1 de la ligne ferroviaire concernée sont le train n° 860515 à 16h40 et le train n° 14055 à 16h45.

Les matériels de ces trains ont été contrôlés dans la nuit du 12 au 13 juillet 2013 au Technicentre Industriel de Saint-Pierre-des-Corps, à l'exception de la locomotive du train n° 14055 qui a été inspectée le 13 juillet à Orléans.

Aucune anomalie ni trace significative n'ont été relevées sur ces trains.

3.3.4 - Conclusions des investigations effectuées sur le matériel roulant

Les investigations effectuées sur le matériel roulant permettent de conclure qu'aucune anomalie des véhicules du train n° 3657 ou des trains précédents n'est intervenue dans les causes immédiates de l'accident.

Le fait que les trains précédents ainsi que la locomotive et la première voiture du train n° 3657 ont franchi l'entrée de la gare de Brétigny-sur-Orge sans qu'aucun choc ne soit ressenti par leurs conducteurs ni qu'aucune trace significative ne soit relevée sur leurs organes de roulement montre que l'obstruction de l'ornière du cœur concerné de la traversée jonction double 6/7/8/9 s'est produite pendant le passage du train qui a déraillé.

Le caractère progressif des traces relevées sur les roues des cinq dernières voitures de ce train tend à montrer que l'éclisse incriminée a occupé différentes positions avant de se loger à l'emplacement où elle a été finalement retrouvée.

3.4 - Les investigations portant sur les voies

3.4.1 - Les constats immédiats

Au km 30,059 de la ligne ferroviaire de Paris à Orléans, sur la file de rail droite de la voie 1, au niveau de la traversée jonction double (TJD) 6/7/8/9, le joint éclissé entre le cœur de traversée et l'aiguille n° 7 est désassemblé.

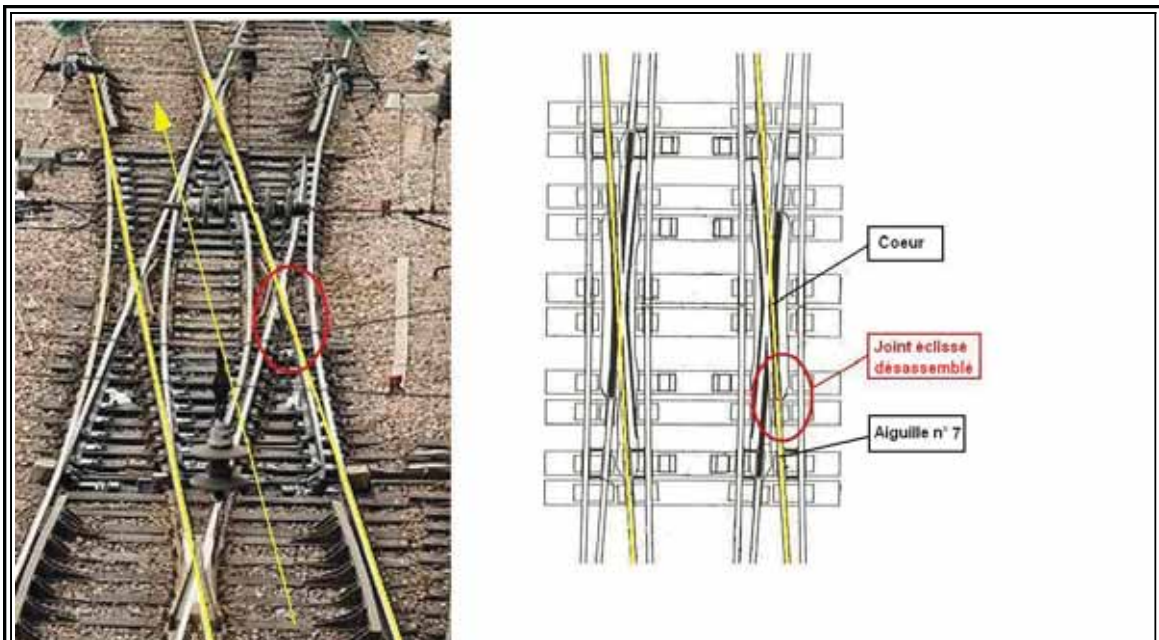


Figure 20 : Positionnement du joint éclissé désassemblé

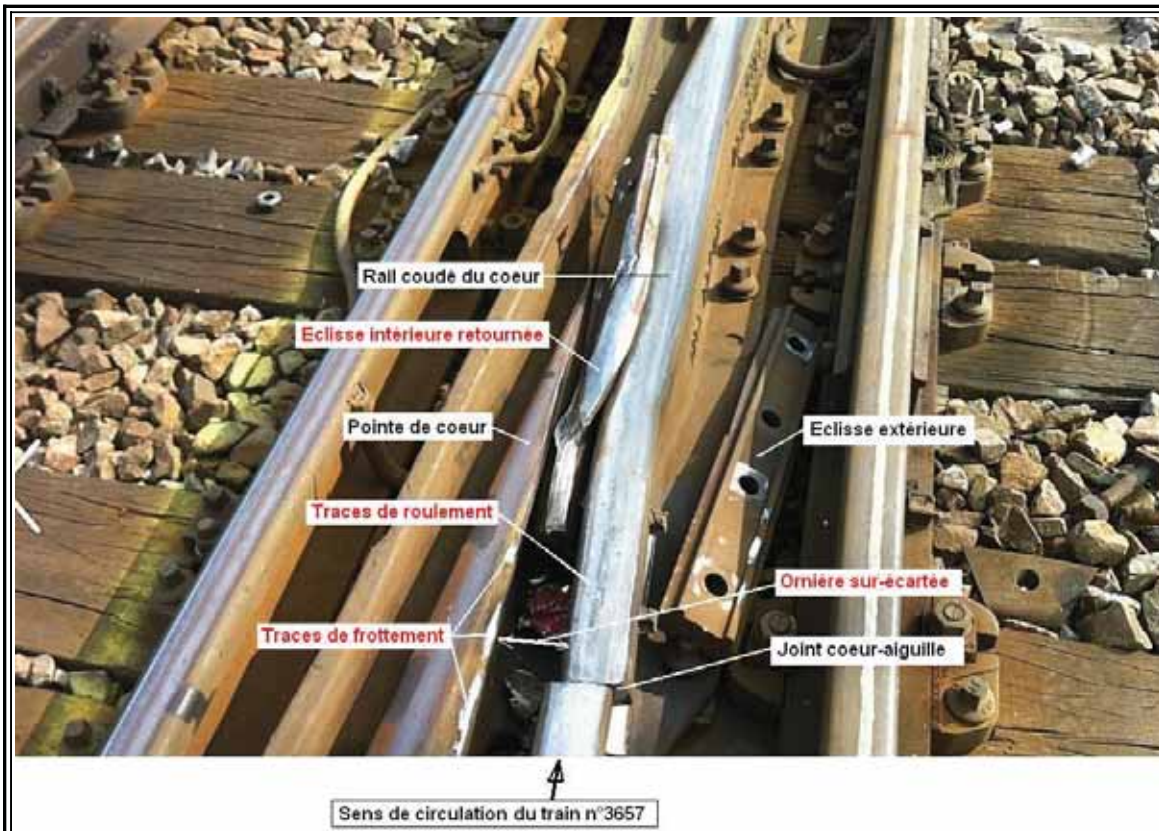


Figure 21 : Vue du cœur de traversée après l'accident

L'éclisse intérieure est retournée vers le centre de ce cœur. Elle obstrue l'ornière entre la pointe de cœur et le rail coudé, faisant obstacle au passage normal des boudins des roues.

Cette éclisse est maintenue par la tige du quatrième boulon d'éclissage⁸ qui est tordu et dont la tête est détachée. L'écrou de ce boulon est encore vissé à sa place.

L'éclisse extérieure est tombée sur le travelage et se trouve environ 30 cm en aval de sa position normale.

L'ornière entre la pointe du cœur et le rail coudé est sur-écartée.

Des traces brillantes de frottements sont visibles sur la pointe du cœur en regard de l'emplacement du joint éclissé concerné.

On observe également des traces sur la table du rail coudé du cœur de traversée, qui semblent avoir été occasionnées par le roulement d'un ou de plusieurs boudins.

L'âme de l'about du cœur est fissurée en étoile à partir des trous n° 3 et 4 et une partie, en forme de triangle, s'en est détachée et est tombée sur le ballast.

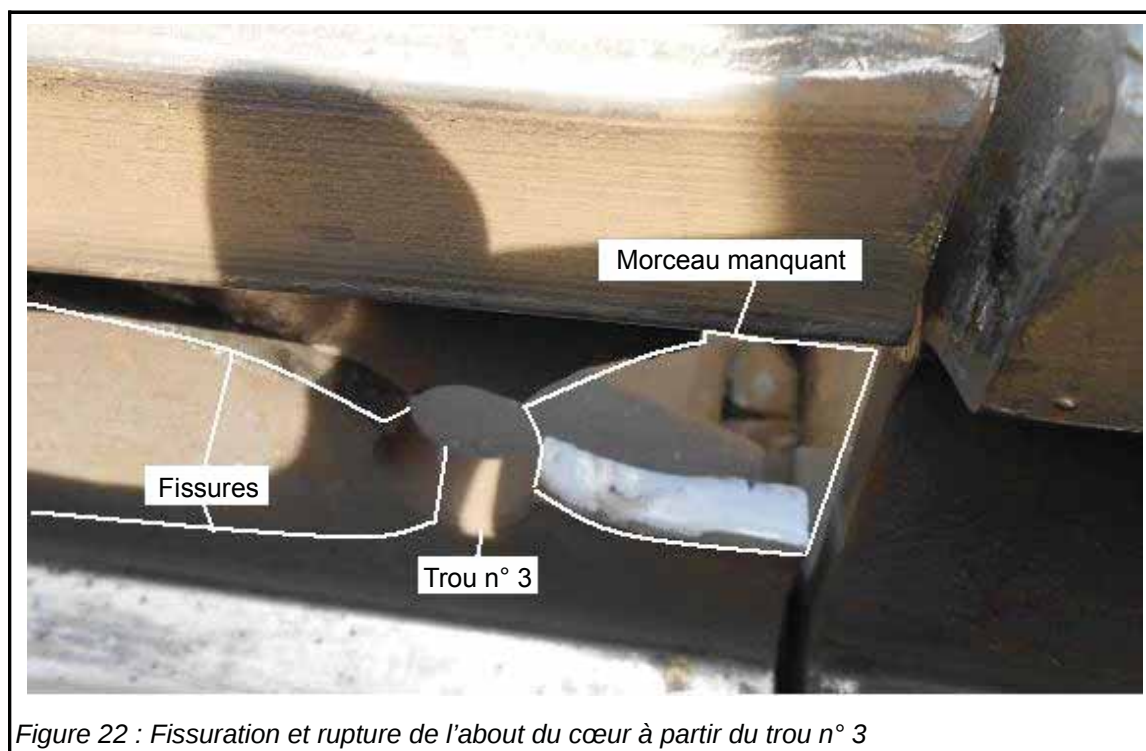


Figure 22 : Fissuration et rupture de l'about du cœur à partir du trou n° 3

Plusieurs boulons, têtes de boulon et écrous semblent provenir de la boulonnerie d'éclissage sont sur le ballast. Leur expertise visuelle de même que celle du morceau de rail rompu sont détaillées dans le chapitre 5 du présent rapport.

En aval de la TJD 6/7/8/9, les traces de déraillement de plusieurs essieux sont évidentes.

En revanche, en amont du cœur de traversée, aucune trace ni anomalie ne sont visibles.

⁸ Dans la suite de ce rapport, les trous et les boulons d'éclissage sont numérotés de 1 à 4 dans le sens de circulation de la voie 1.



Figure 23 : Marques de boudins en aval de la TJD 6/7/8/9

3.4.2 - La cause immédiate du déraillement

À ce stade, il apparaît clairement que la cause immédiate du déraillement qui a affecté le train Intercités n° 3657, est le positionnement de l'éclisse intérieure du joint raccordant le cœur de traversée de la TJD 6/7/8/9 à son aiguille 7, dans l'ornière située entre la pointe de ce cœur et le rail coudé correspondant.

Au vu des traces observées sur le matériel roulant, il apparaît que cette éclisse a obstrué totalement le passage des boudins des roues droites des essieux à partir du deuxième bogie de la voiture n° 4. Ces boudins ont alors percuté l'éclisse, puis ont roulé dessus. Celle-ci faisant tremplin, les roues ont été soulevées brutalement et ont déraillé.

Il semble, en outre, que le mécanisme de déraillement des essieux du premier bogie de la voiture n° 4 ait été légèrement différent. L'éclisse n'occupait pas encore sa position définitive et n'obstruait que partiellement l'ornière précitée. Les boudins de ces essieux n'ont pas percuté l'éclisse, mais sont passés en force, provoquant le sur-écartement de l'ornière. Ils sont ensuite montés sur le rail coudé.

3.5 - La reconstitution de la rotation de l'éclisse

3.5.1 - La vérification de la possibilité de rotation

L'espace disponible dans l'ornière où se trouve normalement l'éclisse intérieure du joint incriminé, est très limité. La possibilité pour l'éclisse de tourner autour de l'axe constitué par le boulon n° 4 n'est pas évidente. Il a donc été examiné sous quelles conditions une telle rotation est géométriquement possible.

Cet examen a été effectué le 23 juillet 2013 en présence des experts judiciaires, sur la traversée concernée qui avait été déposée.



Figure 24 : Essai de rotation

Il a ainsi été constaté que la rotation de l'éclisse autour du corps du boulon n° 4 était possible à la condition que l'écrou de ce boulon soit complètement dévissé ou qu'il ait perdu préalablement sa tête.

Comme le boulon considéré a été retrouvé avec son écrou normalement vissé, la rupture de sa tête s'est donc produite avant toute rotation de l'éclisse.

3.5.2 - Les mécanismes pouvant provoquer la rotation de l'éclisse

Trois mécanismes, qui peuvent se conjuguer, permettent d'expliquer la rotation de l'éclisse autour de l'axe constitué par le boulon n° 4.

L'effet de ressort de l'aiguille

Compte tenu de l'exiguïté de l'ornière où se trouve normalement l'éclisse concernée, son extrémité amont repose obligatoirement sur le patin de l'aiguille. L'extrémité de cette aiguille n'étant plus tenue par le joint éclissé dont les boulons n° 1, 2 et 3 ont cédé, elle se comporte comme une lame de ressort au passage des trains. L'amplitude du mouvement de ce ressort est d'autant plus grande que la danse⁹ est importante.

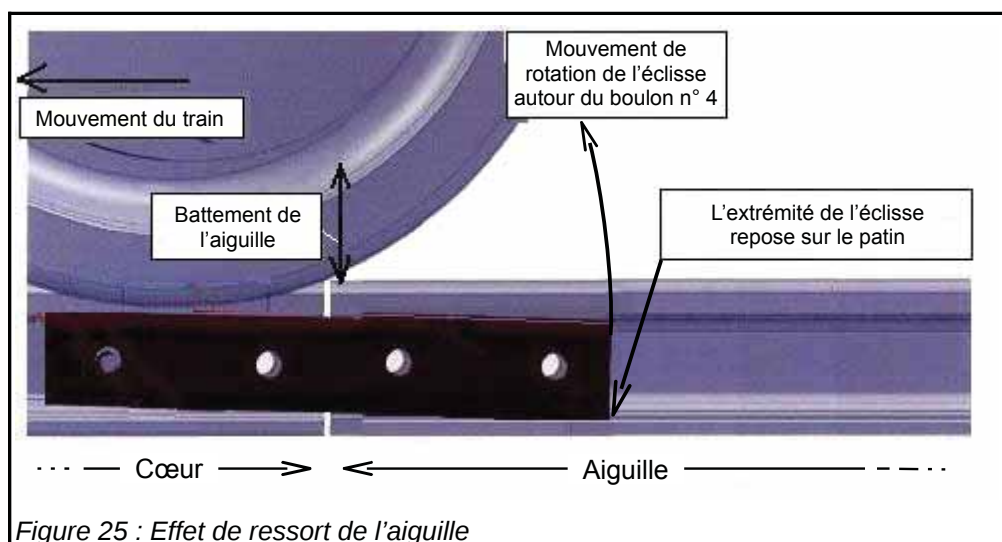


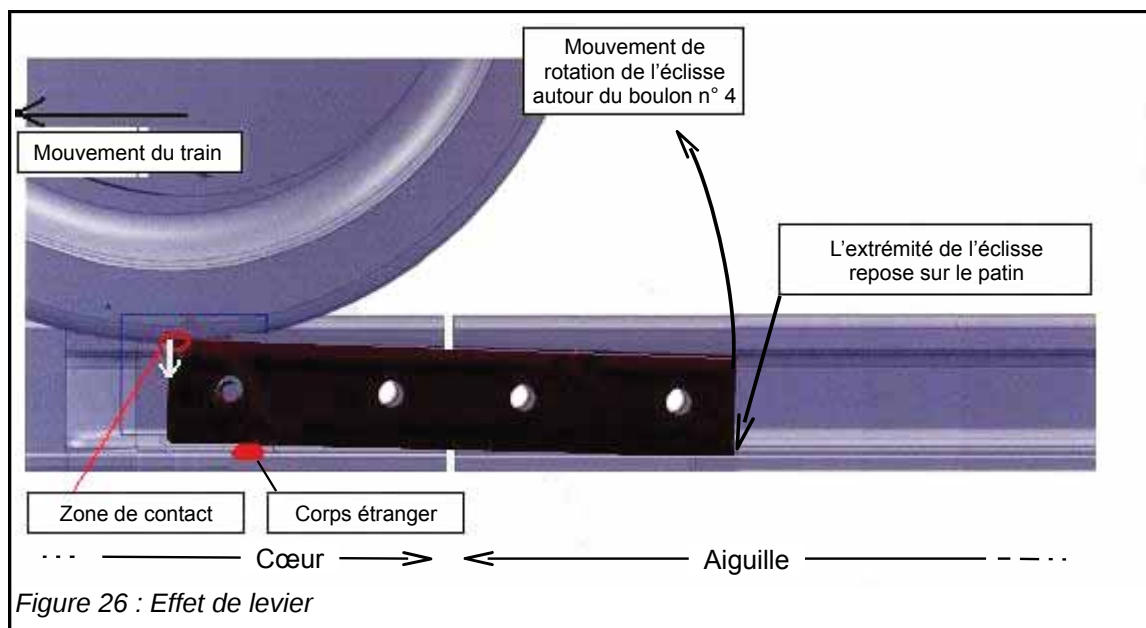
Figure 25 : Effet de ressort de l'aiguille

⁹ La danse est le mouvement vertical de la voie et des traverses qui se produit au passage des trains lorsque une ou plusieurs traverses ne sont pas bien assises dans le ballast.

Au passage d'une roue, l'aiguille fléchit, puis se libère brutalement dès que la roue a franchi le joint, propulsant l'éclisse dans un mouvement de rotation autour du boulon n° 4.

L'effet de levier par appui d'un boudin de roue sur le bord supérieur aval de l'éclisse

En présence d'un corps étranger dans le fond de l'ornière, lorsque l'extrémité amont de l'éclisse repose sur le patin de l'aiguille, l'angle supérieur aval de cette éclisse se rapproche des boudins des roues franchissant le joint. Si ce corps étranger a, par exemple, l'épaisseur d'un écrou, un contact peut avoir lieu, contribuant à la mise en rotation de l'éclisse par effet de levier.



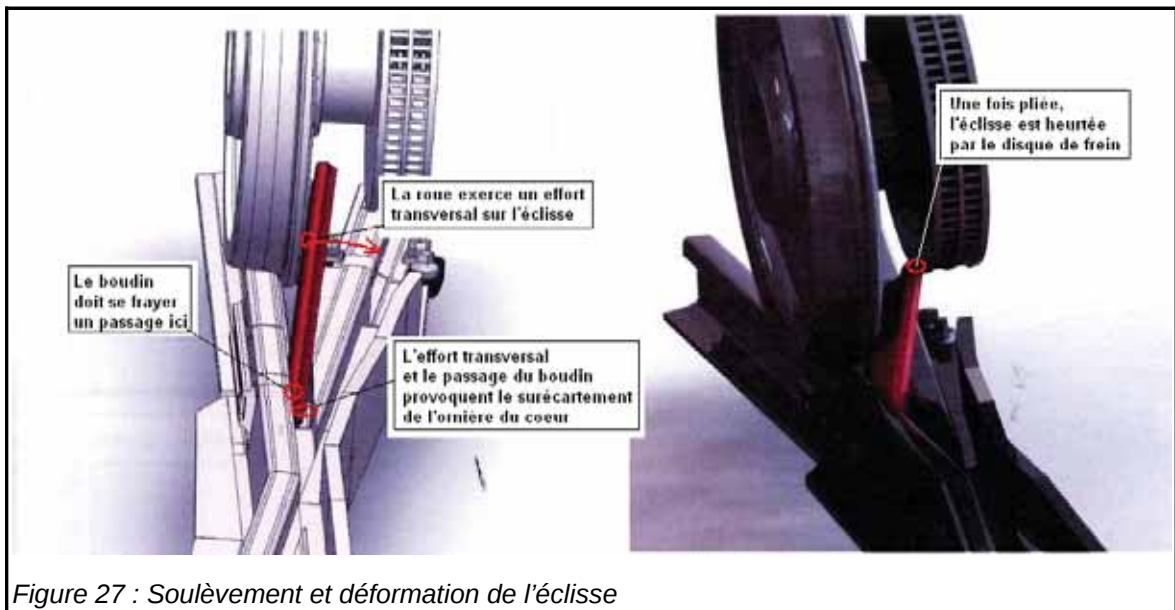
L'effet de soulèvement progressif de l'éclisse

Ce mécanisme vient en complément des deux effets précédents et est cohérent avec les traces de frottements observées sur la pointe du cœur de traversée, avec le sur-écartement de l'ornière qui peut être visualisé sur la figure 21 ainsi qu'avec la trace de choc observée sur le disque de frein équipant le côté droit du dernier essieu de la voiture n° 3.

Ce mécanisme suppose que l'on ait d'abord un soulèvement limité de l'éclisse, soit par effet de ressort, soit par effet de levier.

Avant qu'elle ne retombe, l'éclisse en position intermédiaire est heurtée successivement par des roues qui la soulèvent progressivement tout en la pliant vers l'intérieur de la voie. Lors de chaque heurt, le boudin de la roue concernée doit se frayer un chemin entre l'éclisse et l'about du cœur ce qui explique les marques relevées sur les boudins des roues droites de la voiture n° 3, celles constatées sur la pointe du cœur de traversée et le sur-écartement de l'ornière.

À chaque heurt, l'éclisse monte de plus en plus et, à la fin, elle est heurtée par un disque de frein qui la rabat vers la lacune du cœur.



Au vu de ces différents éléments et de leur combinaison, il apparaît que l'éclisse concernée a pu pivoter autour de l'axe constitué par le corps de boulon n° 4, sous l'effet des sollicitations dynamiques liées au passage du train.

3.6 - Les trajectoires des véhicules après le déraillement

La présence en aval de la traversée jonction double 6/7/8/9 du branchement simple (BS) 21 faisant partie de la communication 21/23 entre les voies 1 et 1bis a joué un rôle important dans les trajectoires que les véhicules dérailés ont suivies.



Figure 28 : Vue du branchement simple 21 et des traces de boudins sur les traverses

La locomotive et les 3 premières voitures n'ont pas déraillé et ont poursuivi leur marche sur la voie 1, pour s'arrêter sous l'effet du freinage d'urgence avec la tête du train située au km 31,800.

La voiture n° 4 déraile des quatre essieux. Au passage de la communication 21/23, elle reste sur la voie 1, toujours attelée à la voiture n° 3. Elle roule d'abord sur le ballast puis, après avoir dépassé les quais de la gare, elle se renverse sur son flanc droit, engageant le gabarit de la voie 2. Elle est ainsi traînée sur plusieurs dizaines de mètres avant de s'immobiliser, toujours attelée à la tête du train, vers le km 31,600.



Figure 29 : Vue, vers Orléans, de la voiture n° 4 couchée et de la voiture n° 3 restée sur les rails

La voiture n° 5 déraile des quatre essieux. Au passage de la communication 21/23, elle reste sur la voie 1. Son attelage avec la voiture n° 4 se rompt et elle se couche sur son côté droit, engageant le gabarit de la voie 2.



Figure 30 : Vue, vers Paris, de la voiture n° 5 couchée

La voiture n° 6 déraile des quatre essieux. Au passage de la communication 21/23, son bogie avant suit la voie 1. Du fait des mouvements aléatoires auxquelles elle est soumise consécutivement au déraillement, son bogie arrière est dévié vers la voie 1bis au niveau de l'aiguille du branchement simple (BS) 21. Ainsi positionnée, elle balaie le quai n° 3 sur environ 100 mètres.

La voiture n° 7 déraille des quatre essieux et suit la voiture n° 6 vers la voie 1bis.



Figure 31 : Vue, vers Orléans, de la voiture n° 6 entre les voies 1 et 1bis et de la voiture n° 7 sur la voie 1bis

4 - Déroulement de l'accident

4.1 - La circulation du train n° 3657 et le déraillement

Le train Intercités n° 3657, composé de 7 voitures « Corail » tractées par la locomotive BB 26005, part à 16h53 de Paris-Austerlitz en direction de Limoges.

Environ 400 voyageurs sont à son bord.

Circulant sur la voie 1 de la ligne ferroviaire de Paris à Orléans, il aborde la gare de Brétigny-sur-Orge à la vitesse de 137 km/h pour une vitesse maximale autorisée de 150 km/h.

La locomotive et la première voiture franchissent normalement la traversée jonction double 6/7/8/9 située à l'entrée de cette gare, au km 31,050.

Après le passage du premier essieu de la voiture n° 2 sur le cœur de cette traversée, l'éclisse intérieure du joint le raccordant à l'aiguille n° 7 se soulève sous l'effet des sollicitations dynamiques, marque légèrement le boudin de la roue droite du 2^e essieu de cette voiture et retombe dans sa position initiale.

Au passage de la voiture n° 3, l'éclisse précitée se soulève à nouveau et marque tous ses essieux. Le disque de frein droit du dernier d'entre eux heurte cette éclisse et contribue à la faire pivoter davantage.

Au passage du premier bogie de la voiture n° 4, l'éclisse obstrue partiellement l'ornièrre du cœur de traversée et gêne le passage des boudins de ses deux roues droites qui se soulèvent et montent sur le champignon du rail faisant dérailler les deux essieux concernés.

Lorsque le deuxième bogie de cette voiture aborde le cœur de traversée, l'éclisse est complètement retournée et obstrue l'ornièrre susvisée. Les boudins des roues droites de ce bogie la percutent. L'éclisse fait tremplin. Les roues considérées sont soulevées violemment et elles ne reprennent contact avec le sol, en déraillant, que plusieurs mètres après le cœur de la traversée.

Les roues des voitures n° 5, 6 et 7 déraillent de la même façon.

L'attelage se rompt derrière la voiture n° 4 qui se couche sur son flanc droit. Elle est traînée dans cette position jusqu'au km 31,600 où elle s'arrête avec la première partie du train.

La voiture n° 5 continue sur la voie 1 en se couchant également sur son côté droit. Au passage du branchement simple 21, le premier bogie de la voiture n° 6 continue sur la voie 1, tandis que son second bogie dévie vers la gauche en direction de la voie 3 (également identifiée sous la référence 1bis). Cette voiture balaie le quai situé entre les voies 1 et 3 sur environ 100 mètres.

La voiture n° 7 suit la voiture n° 6 vers la voie 3 et s'immobilise sans se coucher.

4.2 - Les mesures immédiates de protection

Ressentant des à-coups persistants lors de la traversée de la gare de Brétigny-sur-Orge, le conducteur du train n° 3657 actionne le freinage d'urgence, déclenche les signaux d'alerte radio et lumineux, abaisse le pantographe et actionne le sablage.

Il appelle le régulateur par la radio sol-train, qui lui indique que la coupure d'urgence du courant de traction est effectuée et que l'agent circulation de la gare de Brétigny-sur-Orge assure la protection des obstacles.

De son côté, le conducteur du train n° 3700 provenant de Brive-la-Gaillarde circule sur la voie 2 et approche de la gare de Brétigny-sur-Orge à 130 km/h. Constatant une coupure du courant de traction et observant un nuage de poussière au loin devant lui, il déclenche le freinage d'urgence avant d'entendre le signal d'alerte radio. Son train s'immobilise à moins de 100 mètres de la tête du train n° 3657.

5 - Les investigations portant sur le joint désassemblé

5.1 - Le scénario des défaillances de la boulonnerie du joint

L'examen visuel de l'éclisse extérieure du joint désassemblé, du morceau de l'âme rompue de l'about du cœur de traversée et des pièces de boulonnerie prélevées sur les lieux à proximité du joint concerné permet de formuler une hypothèse probable sur les modes des défaillances des différents boulons et sur l'ordre dans lequel elles se sont succédé.

Cette hypothèse devra être confrontée, le moment venu, avec les résultats des expertises diligentées dans le cadre de l'enquête judiciaire.

5.1.1 - Identification et expertise visuelle des pièces de boulonnerie prélevées à proximité du joint

Le compte rendu de l'expertise visuelle à laquelle les pièces de boulonnerie et le morceau de rail prélevés aux abords du joint désassemblé ont donné lieu, est joint en annexe 5 au présent rapport.

Identification

À l'exception de ceux du boulon n° 4, les écrous et les rondelles prélevées n'ont pas pu être attribués à un boulon donné.

En revanche, sous réserve de confirmation par les expertises métallurgiques, l'examen visuel auquel il a été procédé a permis de reconstituer les vis rompues et de les attribuer à leur emplacement d'origine, notamment en les comparant avec leurs empreintes sur l'éclisse extérieure.

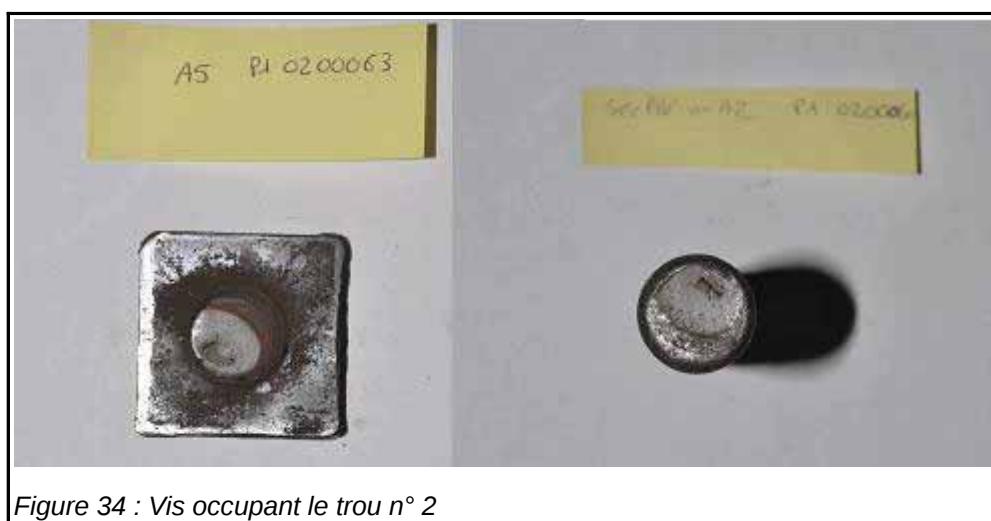


Figure 32 : Vue des portées des têtes des boulons sur l'éclisse extérieure

La vis portant le numéro de scellé A1 est la seule qui a gardé sa tête diamant. Or, ainsi qu'en témoigne la figure 32, les traces visibles sur l'éclisse extérieure au niveau du trou n° 1 montrent que la tête du boulon qui y était logé, a tourné. Il a donc fallu que l'écrou de ce boulon se soit desserré, rendant improbable un arrachement de sa tête. La vis du scellé A1 peut donc être attribuée au trou n° 1.



Le rapprochement des marques apparaissant sur la face interne de la tête de vis du scellé A5 avec celles visibles sur l'éclisse extérieure au niveau du trou n° 2 et la comparaison entre les faciès de rupture de cette tête et du corps de vis du scellé A2 permettent de reconstituer la vis qui se trouvait dans le trou n° 2.



Sur le corps de vis sans tête placé dans le scellé A4, on observe une encoche dont la forme et l'emplacement correspondent exactement au morceau rompu de l'about du cœur de traversée conservé dans le scellé A9.

Ce corps de vis peut donc être affecté sans ambiguïté au trou n° 3.



Figure 35 : Corps de la vis occupant le trou n° 3

Ensuite, le rapprochement entre la tête diamant du scellé P2 et le corps de vis du scellé A4 permet de reconstituer la vis qui occupait le trou n° 3.

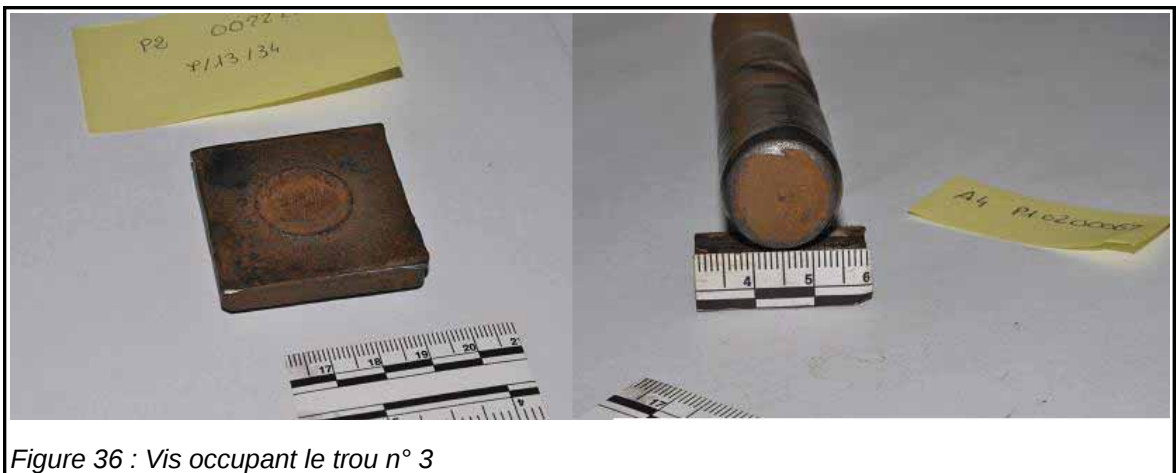


Figure 36 : Vis occupant le trou n° 3

Le corps du boulon n° 4 a été retrouvé dans son logement avec son écrou et sa rondelle. Il a été placé dans le scellé A12. La comparaison de la tête diamant du scellé A6 avec d'une part, les marques observées sur l'éclisse extérieure au droit du trou n° 4 et d'autre part, la surface de rupture du boulon n° 4 permet de reconstituer intégralement ce boulon.

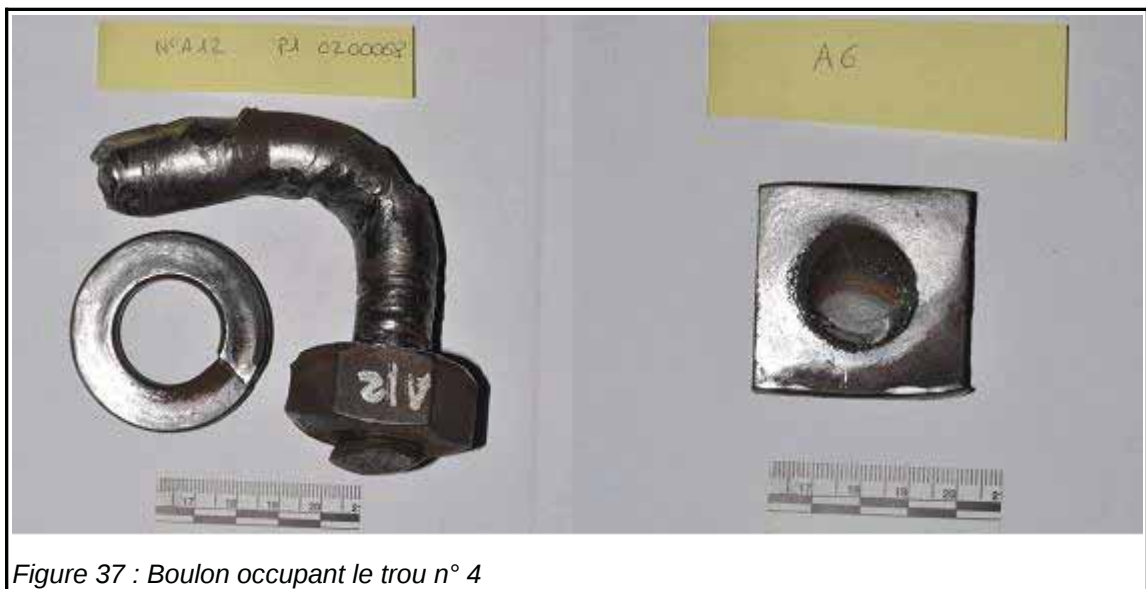


Figure 37 : Boulon occupant le trou n° 4

Expertise visuelle

Les faciès de rupture des trois vis rompues montrent des zones de fissuration par fatigue initiées dans les raccordements entre les têtes et les corps de ces vis, suivies de zones d'arrachement final plus ou moins étendues.

Ces zones d'arrachement final ne présentent pas d'oxydation sur les vis n° 2 et 4.

En revanche, la totalité de la surface de rupture de la vis n° 3 est oxydée, confirmant une défaillance plus ancienne que celles des autres vis.

À l'examen du morceau d'about du cœur de traversée rompu se trouvant dans le scellé A9, il apparaît que ses surfaces de rupture sont lisses et brillantes. Ceci est le signe que ce morceau de rail emprisonné entre les deux éclisses a battu sur place, polissant ses surfaces de rupture et creusant une encoche dans le corps du boulon n° 3.



Figure 38 : Morceau de l'about rompu du cœur de traversée

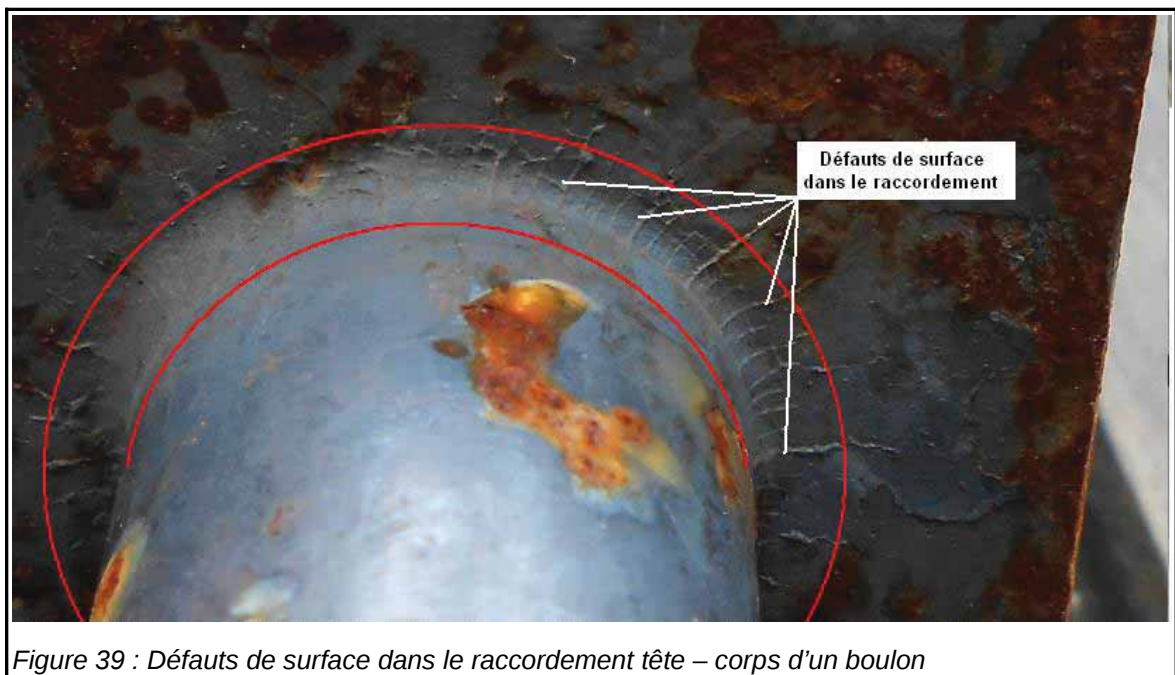


Figure 39 : Défauts de surface dans le raccordement tête – corps d'un boulon

Ainsi que le montre la figure 39 ci-dessus, les têtes des boulons utilisés pour assembler les joints éclissés étant brutes de forgeage, leur raccordement avec les corps de ces boulons présente des défauts de surface, qui sont autant de sites de concentration de contraintes susceptibles de permettre l'amorçage de fissures de fatigue.

5.1.2 - **Le séquençement probable des défaillances de la boulonnerie**

Il ressort d'abord des constats détaillés dans le chapitre précédent que :

- le premier boulon qui a cédé occupait le trou n° 3 ;
- le morceau de rail retrouvé à proximité du joint désassemblé provient d'une rupture de l'âme de l'about du cœur concerné qui s'est produite avant que le boulon n° 3 ne quitte son logement.

Sous réserve des résultats de l'expertise métallurgique conduite dans le cadre de l'enquête judiciaire, le désassemblage du joint éclissé raccordant le cœur de la traversée jonction double 6/7/8/9 à l'aiguille n° 7 s'est probablement déroulé selon les processus et le séquençement décrits ci-après.

T0 : l'éclissage est dans son état nominal.

T1 : une fissure en étoile s'amorce à partir du trou n° 3.

Après T1, la boulonnerie travaille sous l'effet des mouvements de l'appareil de voie. La fissure progresse et un morceau de l'âme de l'about du cœur de traversée se détache et reste prisonnier entre les éclisses, marquant le corps du boulon n° 3 et la face interne de ces éclisses.

Le champignon de l'about du cœur concerné, non soutenu par l'âme, vient s'appuyer sur les deux éclisses creusant des encoches sur leurs chants et les soumettant ainsi que la boulonnerie à un effort supplémentaire. Le boulon n° 3 se fissure au niveau du raccordement entre sa tête et son corps.

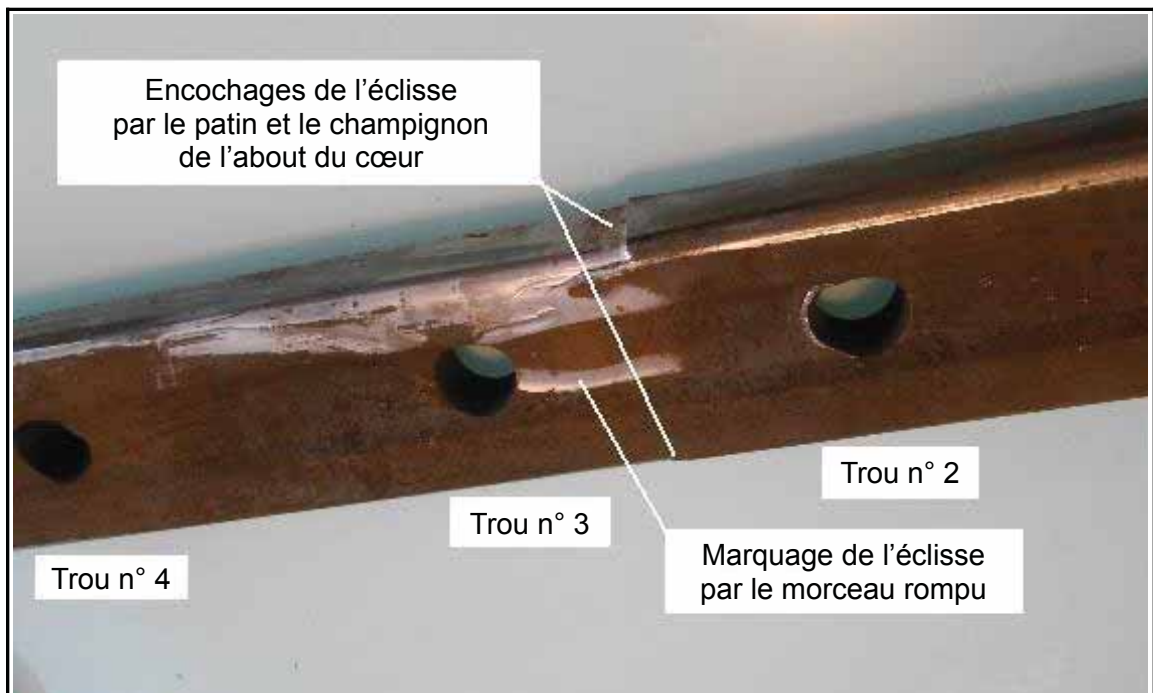


Figure 40 : Vue de la face interne de l'éclisse extérieure

T2 : la tête du boulon n° 3 cède.

Après T2, ce boulon reste dans son logement pendant que son écrou se dévisse, puis il tombe dans le ballast.

Les trois autres boulons du joint considéré sont soumis à des contraintes anormales du fait de l'absence du boulon n° 3 et des mouvements relatifs du cœur de traversée et du rail.

Au fur et à mesure que les éclisses s'encoquent sur l'about du cœur, l'éclissage prend du jeu et les mouvements précités de l'amplitude.

Le boulon n° 1 se desserre, puis son écrou se dévisse progressivement. Ce boulon bat dans son trou, ce qui mate son filetage. Sa tête diamant sort de son logement et marque circulairement la face externe de l'éclisse externe. Une fois l'écrou complètement dévissé, ce boulon tombe dans le ballast.

Le boulon n° 2 se fissure au niveau du raccordement entre sa tête et son corps, puis se casse.

L'ordre des défaillances des boulons n° 1 et 2 n'est pas établi. Il appartiendra à l'expertise métallurgique de le préciser, si possible.

T3 : le boulon n° 1 est complètement dévissé et le boulon n° 2 est rompu.

Après T3, les éclisses ne sont plus tenues en place que par le boulon n° 4 qui est soumis à de fortes contraintes.

Ces éclisses s'écartent du rail côté amont et leurs faces externes viennent en contact avec les têtes des attaches, ce qui occasionne des marques très visibles sur l'éclisse extérieure.

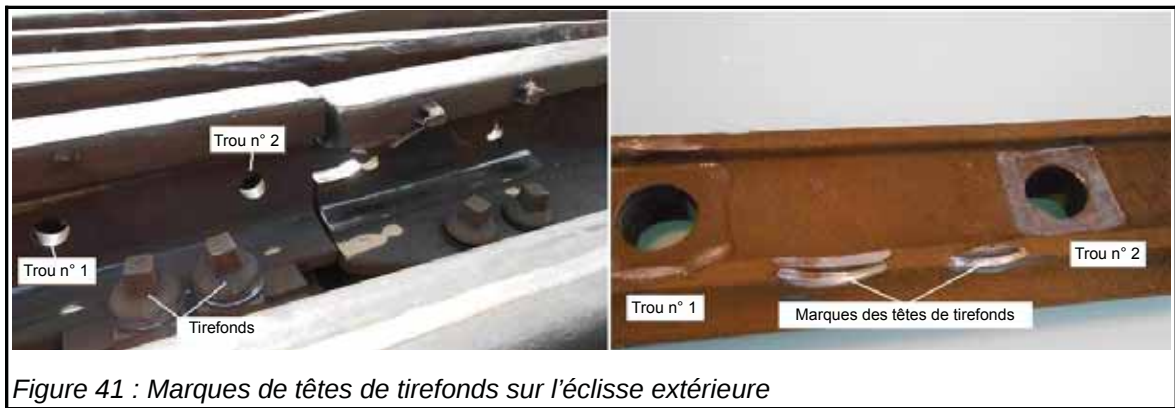


Figure 41 : Marques de têtes de tirefonds sur l'éclisse extérieure

T4 : le boulon n° 4 se casse au niveau du raccordement entre sa tête et son corps.

L'éclisse extérieure tombe sur les traverses. L'éclisse intérieure est maintenue par le corps du boulon n° 4 qui est resté en place, mais elle possède maintenant les degrés de liberté nécessaires pour pouvoir pivoter autour de l'axe constitué par le corps de ce boulon.

5.2 - La chronologie des défaillances de la boulonnerie du joint

Les surfaces de rupture des pièces en acier ordinaire sont très sensibles à l'oxydation.

En cas de pluie, une journée suffit pour que la rouille y apparaisse de façon visible.



Figure 42 : Effet de la pluie sur des pièces de boulonnerie décapées



Figure 43 : Effet de la pluie sur des pièces de boulonnerie décapées

Or, à l'examen visuel, les zones de rupture fragile des corps et des têtes des vis n° 2 et n° 4 n'apparaissent pas oxydées, contrairement à la zone de rupture fragile de la vis n° 3.

Dans l'attente des résultats des expertises métallurgiques, l'examen des relevés météorologiques permet une première approche chronologique.

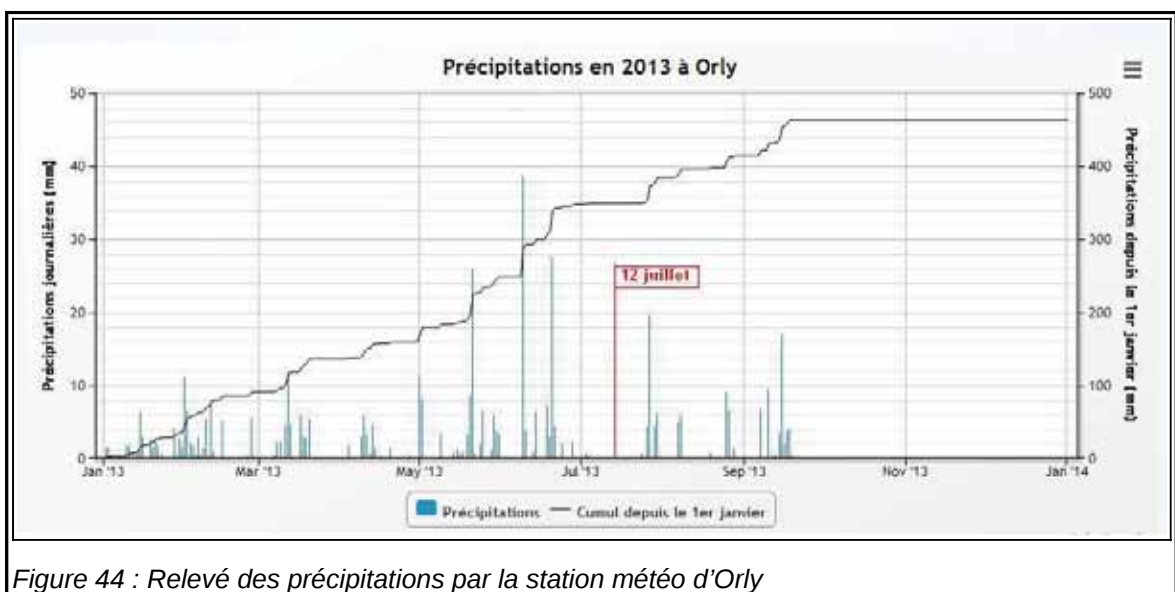


Figure 44 : Relevé des précipitations par la station météo d'Orly

Après un mois de juin très pluvieux, la dernière chute de pluie avant le jour de l'accident a eu lieu le 3 juillet 2013.

Il est donc probable que la rupture des boulons n° 2 et 4 s'est produite après cette date. En revanche, la rupture du boulon n° 3 est significativement antérieure.

De même, l'état très peu oxydé de la vis du boulon n° 1 permet d'estimer qu'elle est sortie de son logement après ce 3 juillet 2013.

En résumé, et sous réserve des résultats des expertises à venir, il est vraisemblable que, par rapport à la date du déraillement du train n° 3657 :

- la fissuration de l'about du cœur de traversée concerné (T1) s'est amorcée plusieurs mois avant ;
- la rupture du boulon n° 3 (T2) remonte à quelques semaines ;
- le dévissage du boulon n° 1 et les ruptures des boulons n° 2 et n° 4 (T3 et T4) se sont produits dans les jours précédents.

5.3 - Éléments de synthèse

Les vis des quatre boulons du joint éclissé raccordant le cœur de la traversée jonction double 6/7/8/9 à son aiguille n° 7 ont pu être identifiées et reconstituées.

Trois de ces boulons, ceux qui occupaient les trous n° 2, 3 et 4, ont cédé par rupture de leur tête diamant. Le boulon n° 1 a perdu son écrou qui s'est dévissé.

Le boulon logé dans le trou n° 3 est le premier à avoir cédé, certainement quelques semaines avant l'accident.

En revanche, les défaillances des trois autres boulons, qui ont conduit au désassemblage complet du joint éclissé concerné, se sont vraisemblablement succédé dans un temps très court, quelques jours avant le déraillement du train Intercités n° 3657, probablement après le 3 juillet 2013.

La rupture de la tête du boulon n° 3 est très vraisemblablement la conséquence de la fissuration en étoile qui s'était développée, depuis plusieurs mois, à partir du trou correspondant dans l'âme de l'about du cœur de traversée incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau de rail casse, entraînant des efforts de traction anormaux dans ce boulon. Cachée par les deux éclisses qui emprisonnaient le morceau de rail détaché, cette fissuration n'était pas visuellement décelable in situ.

Ces éléments, et notamment la chronologie de ces différentes défaillances, devront être précisés au regard des résultats qui ressortiront de l'expertise métallurgique diligentée dans le cadre de l'enquête judiciaire.

6 - Les investigations portant sur la maintenance de la traversée jonction double

6.1 - Généralités sur la maintenance des appareils de voie

Le présent chapitre ne vise pas à décrire de manière exhaustive l'organisation et les règles qui président à la maintenance des appareils de voie, mais seulement à fournir une information précise sur les aspects de cette maintenance dont la connaissance est nécessaire à l'analyse des causes de l'accident examiné.

6.1.1 - La maintenance de la géométrie de la voie

Au titre de la voie dont il fait partie, voie principale ou voie de service, chaque appareil de voie est concerné par les opérations de maintenance portant sur cette voie et notamment, pour les appareils situés sur les voies principales, par les opérations de contrôle et de maintenance de la géométrie de la voie décrites dans les procédures de la SNCF référencées IN 3215 et IN 0312.

À ce titre, des enregistrements de cette géométrie effectués à l'aide des voitures de mesures « *Mauzin* » ainsi que des tournées en train sont réalisés périodiquement.

Au vu de ces enregistrements et des constatations effectuées, des vérifications et, si nécessaire, des interventions sont réalisées.

6.1.2 - La maintenance spécifique des appareils de voie sur voies principales

L'organisation générale de la maintenance spécifique des appareils de voie situés sur les voies principales est définie dans la procédure interne de la SNCF IN 2951.

La maintenance de ces appareils est de type préventif afin de se prémunir contre toute défaillance qui pourrait compromettre la sécurité et la régularité des circulations ferroviaires.

La maintenance préventive comprend des opérations de surveillance et des interventions programmées.

Il s'y ajoute la maintenance corrective et, enfin, la régénération.

6.1.3 - La surveillance

6.1.3.1 - Les tournées de surveillance

Le but des tournées de surveillance est de garantir qu'aucune défaillance n'interviendra entre deux vérifications programmées.

Les modalités de ces tournées sont définies dans le référentiel IN 0312 « *Surveillance des lignes classiques* ».

Pour ce qui concerne la voie et ses appareils, ce référentiel distingue essentiellement :

- les tournées périodiques de surveillance effectuées par les agents des équipes de maintenance de la voie et leurs dirigeants. Les modalités de détermination de la périodicité de ces tournées sont précisées dans l'instruction IN 0312. Pour les voies ne

pouvant pas être parcourues par des trains de voyageurs à une vitesse supérieure à 160 km/h, cette périodicité est comprise entre 4 et 10 semaines selon le niveau de trafic et l'armement de la voie concernée. Pour les appareils de voie, elle est fixée à la moitié de celle de la voie encadrante ;

- les tournées de surveillance particulière liées à la saison chaude qui sont axées sur la prévention des risques spécifiques engendrés par les effets des fortes températures sur les voies et les appareils ;
- les autres tournées de surveillance particulière liées, notamment, à la saison froide, aux intempéries ou à des événements singuliers.

Les modalités de réalisation de ces tournées sont reprises et précisées dans le chapitre 11 du « *document métier* » IN 0114. Les détails concernant les tournées de surveillance périodique des voies principales et, notamment, la liste des points à surveiller y sont donnés dans la fiche 11.01. Il n'est, en particulier, pas prescrit d'emporter des outils ni d'effectuer des menus travaux dans le cadre de ces tournées.

Ce dernier document ne distingue pas les tournées propres aux appareils de voie et ne donne donc pas de détail spécifique pour leur réalisation.

6.1.3.2 - Les vérifications

Les vérifications consistent à rechercher des données et des indices concernant l'état de l'appareil de voie et le respect des cotes.

On distingue les vérifications annuelles et les vérifications périodiques.

Les vérifications annuelles

La périodicité de ces vérifications est fixe et ne dépend ni des caractéristiques de l'appareil de voie concerné, ni du niveau de trafic.

Elles comprennent, notamment lors de la revue de conformité à réaliser avant les premières chaleurs¹⁰:

- la vérification, sans démontage, de l'ouverture et du fonctionnement des joints éclissés¹¹ ;
- la détection des indices de désordres du système d'attaches ;
- la détection des défauts de géométrie (dressage, danse).

Les vérifications périodiques

La vérification dite de **Famille A** concerne les éléments les plus critiques pour la sécurité et, notamment, toutes les cotes des voies et de leurs appareils permettant de garantir la sécurité des circulations ferroviaires aux vitesses autorisées.

Elle comprend également¹⁰ :

- l'examen visuel, sans démontage des éclisses, des cœurs et des abouts des appareils de voie ;
- l'auscultation au marteau des abouts de cœur en acier au manganèse.

La périodicité de cette vérification varie entre 1 et 3 ans selon les caractéristiques techniques de l'appareil concerné et en fonction de certains paramètres de trafic.

¹⁰ Dans les listes figurant dans ce paragraphe, il n'est repris que les vérifications en rapport avec l'analyse de l'accident considéré.

¹¹ Il s'agit de vérifier, à ce titre, que les joints éclissés concernés permettent la dilatation longitudinale des rails.

La vérification dite de **Famille B** porte sur les éléments ayant un impact sur la conservation de l'appareil de voie examiné et sur la qualité de la marche des trains.

Elle comprend notamment ¹⁰ :

- le contrôle de l'efficacité des attaches et de la boulonnerie ;
- la révision des joints avec démontage des éclisses ;
- la vérification de l'intégrité et du serrage des entretoises-éclisses de talon d'aiguille.

La périodicité de cette vérification varie de 3 à 10 ans en fonction de certains paramètres de trafic et des caractéristiques techniques de l'appareil contrôlé.

Contrairement aux autres opérations, les vérifications de famille B sont échelonnées sur deux ans. L'opération proprement dite, programmée en année « n », est précédée d'une prospection, en année « n-1 », destinée à identifier les constituants qui seront à remplacer ou à remettre en état lors de l'opération proprement dite. Cette prospection concerne essentiellement l'état du ballast et des supports.

6.1.4 - Les interventions programmées

Les interventions programmées relèvent soit de la maintenance préventive systématique, soit de la maintenance préventive conditionnelle.

6.1.4.1 - La maintenance préventive systématique

Pour les appareils de voie, les interventions systématiques comprennent le graissage des aiguillages ainsi que le nettoyage et la vérification du dégagement des organes mobiles avant le début de la saison froide.

6.1.4.2 - La maintenance préventive conditionnelle

Le déclenchement des interventions de maintenance conditionnelle est conditionné par les résultats obtenus lors des diverses vérifications ou dans le cadre des tournées de surveillance.

Pour les interventions concernant des éléments de famille B, le déclenchement doit, le cas échéant, également tenir compte de l'échéance de renouvellement de l'appareil concerné. Toutefois, le respect des seuils réglementaires¹² reste obligatoire.

6.1.5 - La maintenance corrective

Entre deux interventions de maintenance préventive, des défaillances, telles que des ruptures de parties métalliques, peuvent nécessiter le déclenchement d'opérations de maintenance corrective.

Ces opérations peuvent, si nécessaire, se dérouler en deux étapes :

- une réparation provisoire permettant de rétablir des conditions de circulation aussi proches de la normale que possible ;
- une réparation définitive permettant de rétablir l'utilisation normale de l'appareil en cause.

¹² Il s'agit des valeurs d'alerte, d'intervention et de ralentissement (VA, VI, VR) définies pour certains paramètres techniques concernant la voie et les appareils.

6.1.6 - La régénération

La régénération d'un appareil de voie peut être réalisée suivant deux méthodes, soit par son renouvellement complet, soit par le remplacement de ses différents constituants en fonction de leur usure ou de leur durée de vie propre.

On distingue ainsi les appareils « *à avenir de renouvellement* », devant faire l'objet d'un renouvellement complet à une certaine échéance et ceux « *sans avenir de renouvellement* » dont la régénération est assurée constituant par constituant.

Pour les appareils « *à avenir de renouvellement* » des lignes les plus chargées, à savoir les lignes relevant des groupes UIC 1 à 3, ceux qui sont équipés de supports en bois doivent en principe faire l'objet d'un renouvellement complet au terme de la durée de vie du ballast (de l'ordre de 25 ans).

La programmation effective des renouvellements est précisée en fonction des conclusions des expertises effectuées par les spécialistes de la direction de l'Infra SNCF.

Ces expertises tiennent compte de l'état réel des appareils, des perspectives d'évolution du trafic et des projets de modification des plans de voies.

6.2 - Les défaillances des appareils de voie

6.2.1 - L'analyse des modes de défaillance

Un appareil de voie est un ensemble mécanique comportant un grand nombre d'éléments hétérogènes qui est soumis à des sollicitations sévères, complexes et variables.

Les modes de défaillance d'un tel ensemble sont nombreux. On peut citer à titre d'exemple :

- la dérive de la géométrie de la voie (dressage, nivellement, gauche...) ;
- la dérive des cotes propres à l'appareil (cotes de protection de pointe, cotes de libre passage...) ;
- la rupture ou la déformation d'un élément principal (rail, aiguille, contre-aiguille, contre-rail, cœur...).

Le désassemblage d'un ensemble boulonné (joint éclissé, entretoise, butée, tringle...) constitue également l'un des modes de défaillance possible. Il est à l'origine du déraillement survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge.

6.2.2 - La rapidité d'évolution des défauts des assemblages boulonnés

Un assemblage boulonné est normalement conçu pour rester intègre entre deux démontages.

Si un défaut apparaît dans un assemblage, comme par exemple le desserrage ou l'allongement d'un boulon, sa vitesse d'évolution est très variable.

Elle dépend des contraintes et des mouvements relatifs auxquels l'assemblage est soumis, mais aussi des types de vis, rondelles et écrous utilisés et, éventuellement, du système de freinage¹³ adopté.

¹³ Il s'agit des dispositifs mécaniques ou chimiques utilisés pour éviter le desserrage et le dévissage d'un boulon.

La surveillance doit permettre de détecter les défauts susceptibles de se développer avant qu'ils ne deviennent critiques.

La consistance et l'espacement des opérations de surveillance doivent donc être cohérents avec leur vitesse d'évolution.

Les premiers résultats de la campagne d'observation que la SNCF a initiée en la matière le 25 juillet 2013, semblent montrer que la vitesse d'évolution des défauts affectant la boulonnerie ou les attaches des appareils de voie est très variable, que l'amplitude de la danse y joue un rôle et que pour un petit nombre d'appareils, cette évolution peut être très rapide.

6.3 - La maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9

6.3.1 - Généralités sur les traversées de la gare de Brétigny-sur-Orge

Ainsi qu'il l'a été indiqué au chapitre 2.2, le plan des voies de la zone du poste A de Brétigny-sur-Orge est caractérisé par l'existence d'une grande diagonale traversant toutes les voies principales et constituée par cinq TJD pouvant être franchies, en voie directe, à des vitesses maximales comprises entre 130 et 150 km/h.

Cette disposition, qui existe depuis l'origine de la ligne ferroviaire concernée, est connue pour être exigeante en matière de maintenance. Le maintien de la géométrie des voies considérées est difficile et des interventions fréquentes pour la rétablir sont nécessaires. D'ailleurs, le projet de modernisation de ce plan de voies, dont la réalisation est envisagée pour 2025, prévoit la suppression des traversées susvisées.

Établie sur un remblai, la plate-forme ferroviaire est, en outre, classée en zone à évolution rapide (ZER), ce qui oblige à des interventions plus rapides lorsqu'un défaut géométrique de la voie est détecté.

La création du nouveau pont-rail de la rue Anatole-France, fin 2010, a provoqué une certaine déstabilisation de cette plate-forme qui a rendu nécessaire différentes interventions destinées à y rétablir la géométrie des voies. Cette déstabilisation temporaire n'est pas anormale en soi et les derniers enregistrements « *Mauzin* » et constats des tournées en train effectués avant le déraillement survenu le 12 juillet 2013 montrent une restabilisation de la plate-forme. Toutefois, la déstabilisation qui a suivi la construction du pont-rail précité a pu contribuer, pendant environ deux ans, à augmenter les sollicitations auxquelles étaient soumis les voies concernées et leurs appareils.

Au total, les spécificités du plan de voies, les caractéristiques de la plate-forme, la vitesse de circulation élevée des trains et la densité du trafic se conjuguent pour soumettre les traversées jonctions doubles de la gare de Brétigny-sur-Orge à des sollicitations particulièrement élevées.

6.3.2 - Le schéma de maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9

Compte tenu de leurs caractéristiques, du trafic et de la disponibilité visée, les périodicités des opérations de maintenance des appareils installés sur les voies principales de la gare de Brétigny-sur-Orge correspondent au minimum des fourchettes indiquées dans le chapitres précédents, à savoir :

- deux semaines pour les tournées de surveillance qu'elles englobent ou non la voie encadrante ;
- quatre semaines pour les tournées de surveillance englobant la voie encadrante ;

- un an pour les vérifications des éléments de famille A ;
- trois ans pour les vérifications des éléments de famille B.

Par ailleurs, l'échéance de régénération de 25 ans avait été confirmée pour la traversée jonction double 6/7/8/9 par les expertises réalisées par la direction de la production industrielle de la SNCF.

En outre, les périodicités de six mois des enregistrements « *Mauzin* » de la géométrie de la voie et de huit semaines des tournées en train appliquées à Brétigny-sur-Orge correspondent également au minimum des fourchettes prescrites.

6.3.3 - L'historique de la maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9

Les dernières opérations de maintenance de chaque type effectuées sur la traversée jonction double 6/7/8/9 avant le déraillement survenu le 12 juillet 2013, sont les suivantes :

- une tournée de surveillance portant sur l'ensemble de la voie et des appareils, le 4 juillet 2013 ;
- une tournée de surveillance concernant les seuls appareils de voie, le 7 juin 2013 ;
- une revue de conformité, le 26 février 2013 ;
- une visite de prospection en vue de la vérification des éléments de famille B programmée en 2014, le 5 février 2013 ;
- une vérification dite de famille A, en décembre 2012 ;
- une vérification dite de famille B, en novembre 2011.

Par ailleurs, le cœur de traversée mis en cause dans l'accident avait été changé en février 2006 et le renouvellement complet de la traversée jonction double concernée, qui avait été posée en 1991, était programmé pour 2016.

Concernant plus spécifiquement la maintenance de la géométrie de la voie, les dernières opérations effectuées avaient consisté en :

- des relevés « *Mauzin* », les 25 février et 23 mai 2013 ;
- des tournées en train, les 4 mars, 24 avril et 18 juin 2013 ;
- un bourrage lourd, à l'aide d'une bourreuse auto-niveleuse, le 20 mars 2013 ;
- des reprises manuelles du nivellement, les 25 mai et 21 juin 2013.

L'annexe 6 au présent rapport présente les résultats des derniers relevés de la géométrie de la voie effectués dans la zone de la traversée jonction double incriminée.

Au global, au moment où l'accident analysé dans le présent rapport s'est produit, aucune des échéances du schéma de maintenance de l'appareil de voie en cause n'était dépassée¹⁴ et les interventions correctives sur la géométrie avaient été réalisées dans les délais prescrits.

6.3.4 - Les constatations effectuées au cours des dernières opérations de maintenance

Au cours des différentes opérations de maintenance détaillées dans le chapitre précédent, un certain nombre de constatations ont été effectuées et consignées sur les documents prévus à cet effet.

¹⁴ Toutefois, par rapport à sa programmation, la tournée de surveillance effectuée le 7 juin 2013 avait été anticipée de quelques jours au vendredi de la semaine précédente, ce qui n'est pas prévu par l'IN 0312.

Ainsi, concernant la traversée proprement dite¹⁵ de l'appareil de voie concerné, ces documents mentionnent :

- pour la tournée de surveillance du 4 juillet 2013, aucune observation, à l'exception d'une annotation concernant une connexion électrique sur le cœur de traversée symétrique à celui incriminé dans le déraillement du train n° 3657 ;
- pour la tournée de surveillance du 7 juin 2013, le remplacement de 10 boulons d'éclissage sur l'ensemble des traversées du poste A de Brétigny-sur-Orge ;
- pour la revue de conformité du 26 février 2013, des attaches indirectes à changer ;
- pour la visite de prospection du 5 février 2013, des serrages et des consolidations des attaches à réaliser ;
- pour la vérification dite de famille A de décembre 2012, aucune observation.

Les documents de traçabilité relatifs à la vérification des éléments de famille B réalisée en novembre 2011 n'avaient pas été retrouvés à la date de rédaction du présent rapport.

6.4 - L'expertise de l'état général de la traversée jonction double 6/7/8/9 après l'accident

6.4.1 - Les constats

La traversée proprement dite de la TJD 6/7/8/9 a été prélevée du lieu de l'accident et mise sous scellés. Elle a ensuite été examinée, en présence de l'expert judiciaire, le 19 juillet 2013.

Lors de cet examen, il a été remarqué, qu'en plus des quatre boulons du joint éclissé désassemblé à l'origine de l'accident, un certain nombre de boulons et d'attaches manquaient ou étaient plus ou moins desserrés. Il a été, notamment, noté que, sur le joint symétrique à celui sur lequel le déraillement s'est produit, un boulon était manquant et un autre n'avait plus son écrou.

Globalement, en se limitant aux défauts visibles, il a été constaté :

- que sur les 76 boulons des éclisses et des entretoises de cette traversée proprement dite, en plus des quatre boulons défailants du joint désassemblé, deux boulons étaient manquants, un était en place sans écrou et trois étaient visiblement très desserrés ;
- que sur les 144 attaches de premier niveau, une manquait, deux s'étaient cassées sous l'effet des chocs provoqués par le déraillement et deux avaient été cassées antérieurement ;
- que sur les 78 attaches de deuxième niveau, 14 étaient manquantes.

Les autres défauts potentiels, tels que des intensités de serrage anormales ou la présence de types de rondelle ou d'écrou inadaptés, n'ont pas été recensés par le BEA-TT lors de l'examen du 19 juillet 2013.

15 Il s'agit de la partie centrale de la traversée jonction double où se trouvent les deux cœurs de traversée.

6.4.2 - Les normes et prescriptions

Concernant la boulonnerie des appareils de voie, la procédure de la SNCF référencée IN 0287 distingue la boulonnerie des joints éclissés, qui relève de la fiche 42, et la boulonnerie d'assemblage, qui relève de la fiche 36-4.

Dans les deux cas, le principe est que *« toute la boulonnerie doit être présente et efficace[...] Chaque anomalie doit être corrigée dans les plus brefs délais, dès sa découverte »*.

Pour la boulonnerie des joints éclissés, il est admis de pouvoir circuler pendant une journée sur un tel joint présentant des boulons rompus ou inefficaces, à condition que ses deux boulons centraux soient présents et serrés.

Pour la boulonnerie d'assemblage, les mesures immédiates à prendre dépendent de la conséquence observée ou prévisible du défaut de serrage, de l'absence ou de la détérioration des boulons.

Au total, les prescriptions sont compliquées : certains boulons manquants ou desserrés peuvent attendre une intervention corrective plus ou moins éloignée alors que d'autres exigent une intervention immédiate.

Par ailleurs, la procédure IN 0268 prescrit un couple de serrage des boulons d'éclisse de 20 m.daN. Outre le fait que ce couple est supérieur aux 14 m.daN préconisés par la norme française NF E 25-030 pour les boulons de diamètre 20 et de classe 5-6, cette procédure est largement ignorée et il n'est pas utilisé de clés dynamométriques sur le terrain. Les boulons sont serrés à refus avec une clé plate présentant un bras de levier de 75 cm.

Concernant les attaches, le document IN 1785 qui fixe les normes de maintenance des appareils de voie, définit, pour chaque partie d'un appareil, des valeurs d'objectif (VO), d'alerte (VA), d'intervention (VI) et de ralentissement (VR) pour les différents paramètres caractéristiques de l'état de ces attaches que sont le pourcentage d'attaches efficaces (E), le pourcentage d'attaches inefficaces (I) et le pourcentage d'attaches insuffisamment serrées (S).

Ce document précise également le mode opératoire pour déterminer si une attache est efficace, inefficace ou insuffisamment serrée.

Pour un appareil tel que la traversée jonction double 6/7/8/9, la valeur d'alerte est de 20 % pour la somme des deux paramètres S et I, la valeur d'intervention de 30 % et la valeur de ralentissement de 40 %. La valeur d'objectif après une opération d'entretien des attaches est de 10 %.

6.4.3 - L'analyse

Les défauts relevés, après l'accident, sur la boulonnerie de la traversée proprement dite de la TJD 6/7/8/9 sont contraires au principe fixé par l'IN 0287.

Les causes de leur présence, quelques jours après une tournée de surveillance, ne sont pas encore toutes claires. Toutefois, parmi les facteurs potentiels, apparaissent, d'ores et déjà, le peu de visibilité des boulons du joint désassemblé et de son symétrique, un possible glissement dans l'interprétation des prescriptions, peu explicites, concernant la surveillance de la boulonnerie et enfin la non-application des règles de serrage.

En revanche, concernant les attaches, il est très probable qu'un nombre significatif de celles de deuxième niveau manquantes sur la traversée proprement dite concernée soit la conséquence du déraillement et des manutentions effectuées lors de la dépose de cet appareil. En effet, leur conception est telle qu'elles peuvent s'échapper facilement de leur logement dès lors qu'elles sont soumises à des chocs ou à de fortes sollicitations. Dans ces conditions, il est possible qu'avant l'accident, la proportion d'attaches inefficaces ou insuffisamment serrées n'atteignait pas la valeur d'alerte de 20 %.

La recherche d'autres éventuelles anomalies, moins apparentes, des assemblages boulonnés sera l'objet d'expertises ultérieures de la traversée sous scellés.

6.5 - La tournée de surveillance du 4 juillet 2013

La tournée de surveillance effectuée le 4 juillet 2013 est la dernière action de maintenance dont la traversée jonction double 6/7/8/9 a fait l'objet avant l'accident.

Le BEA-TT s'est attaché à analyser en détail son déroulement afin de comprendre pourquoi les éventuels indices de la défaillance du joint éclissé raccordant le cœur de cette traversée à l'aiguille n° 7, n'ont pas été décelés.

Il est possible que d'autres interventions de maintenance réalisées antérieurement aient omis de détecter de tels indices à un stade préalable. Mais, à ce stade de l'enquête, les dates d'apparition des fissures dans l'âme de l'about du cœur de traversée et des ruptures et desserrages des boulons, qui ont conduit au désassemblage final du joint éclissé incriminé, ne sont pas encore déterminées avec suffisamment de précision.

Seule l'antériorité de la rupture du boulon n° 3 par rapport à la tournée de surveillance du 4 juillet 2013 peut être considérée comme quasiment certaine.

6.5.1 - L'organisation des tournées

Pour le secteur de Brétigny-sur-Orge, les limites et les modalités des différentes tournées de surveillance des voies et de leurs appareils sont définies dans le document de l'Infrapôle Sud-Ouest Francilien référencé ISOF IN 0022.

Leur programmation est réalisée à la fin de chaque année pour l'année suivante.

Dans ce secteur, les agents désignés pour effectuer une tournée ne sont pas retenus, le même jour, pour une autre tâche. Ils disposent donc, sauf cas d'urgence, d'une journée de travail pour réaliser leur tournée et exécuter les éventuels menus travaux de leur ressort qui en découlent.

Les constats sont consignés dans un document appelé « *compte rendu de tournée* » et font l'objet d'un traitement et d'un suivi par le dirigeant de proximité.

6.5.2 - La consistance de la tournée du 4 juillet 2013

Dans le document ISOF IN 0022 précité, cette tournée est répertoriée comme la tournée B1 de la brigade Brétigny 1¹⁶.

Il s'agit d'une tournée à pied concernant la voie et les appareils, qui est programmée toutes les 4 semaines.

16 La brigade Brétigny 1 est l'une des deux brigades de voie du secteur de Brétigny-sur-Orge.

Elle porte sur les voies 1, 1bis, 2 et 2bis du km 27,300 au km 31,500, sur l'ensemble des appareils de voie de l'entrée nord de la gare de Brétigny-sur-Orge ainsi que sur les communications 19-20 du km 28,500 et 27-28 du km 30,800.

Au global, elle concerne environ 4,2 km d'une plate-forme à 4 voies et 12 appareils dont 4 traversées jonctions doubles, soit un total de 24 aiguillages.

6.5.3 - La réalisation de la tournée

L'agent qui a effectué la tournée de surveillance du 4 juillet 2013 est entré au cadre permanent de la SNCF le 1^{er} septembre 2011. Il est en poste au sein du secteur « Voie » de Brétigny-sur-Orge depuis le 1^{er} février 2013. Il est titulaire des habilitations et aptitudes nécessaires à la réalisation d'une telle tournée qu'il assurait pour la première fois.

Cette tournée était normalement programmée dans la semaine du 24 au 29 juin 2013. Le report d'une semaine est autorisé par la procédure IN 0312.

La description ci-après reprend l'essentiel du récit que l'agent concerné en a fait à l'enquêteur du BEA-TT.

La tournée a débuté à 12h. Il faisait beau. En plus de la fiche d'enregistrement des constatations, cet agent s'est muni de la clé à boulons de 38 pour procéder à d'éventuels resserrages, notamment sur la communication 19-20 sur laquelle des butées d'aiguille desserrées avaient été signalées.

Dans un premier temps, il a procédé à l'inspection des branchements simples 21, 23 et 25, puis des traversées jonctions doubles 2/3/4/5 et 6/7/8/9.

Pour cette dernière, il a remonté la voie 1 jusqu'à l'extrémité de l'appareil, puis il est revenu sur ses pas pour inspecter l'itinéraire sécant. Il s'est penché pour examiner les cœurs de la traversée concernée et y rechercher des fissures et des écaillages éventuels. Il n'a rien constaté d'anormal sur la boulonnerie.

Il a ensuite effectué le parcours de pleine voie en direction du km 27,300 en remontant la voie 1bis.

Il n'a pas pu resserrer les butées d'aiguille de la communication 19-20, car les boulons étaient grippés.

Il est arrivé vers 14h au km 27,300 marquant la limite du parcours qu'il devait effectuer. Il a annoté le carnet d'enregistrement situé à cet endroit, puis il est revenu en remontant la voie 2bis vers Brétigny-sur-Orge qu'il a atteint vers 16h.

Constatant la présence d'annonceurs mobilisés par une équipe du service électrique en cours d'intervention, il leur a demandé d'assurer sa protection pour la suite de la tournée.

Il a procédé à l'inspection des branchements simples 27, 28 et 43 et des traversées jonctions doubles 10/11/12/13 et 14/15/16/17.

Il est revenu sur les traversées 2/3/4/5 et 6/7/8/9 sans y faire de nouveaux constats, puis s'est rendu au km 30,500 pour contrôler l'état de panneaux de signalisation qui avaient précédemment fait l'objet d'un signalement et qu'il n'avait pas vérifiés lors du parcours aller.

Il a enfin procédé, de 17h30 à 18h, à la mise au propre du compte rendu de sa tournée et au classement des documents afférents.

6.5.4 - Les constats effectués

À l'examen du compte rendu de cette tournée dont une copie figure en annexe 7 au présent rapport, il ressort que les points faisant l'objet de signalements antérieurs ont été vérifiés et annotés. Certains ont été confirmés, d'autres ont été supprimés.

Notamment, un signalement concernant une connexion électrique à refaire sur la TJD 6/7/8/9 est barré et annoté, le nécessaire ayant été fait.

Les nouveaux signalements portés par l'agent sont nombreux et détaillés. Il a, en particulier, détecté deux fissures sur un cœur de la TJD 2/3/4/5. Il a également signalé beaucoup de matériel à ramasser.

En revanche, aucune anomalie de la boulonnerie ou des attaches n'est constatée sur la TJD 6/7/8/9, ni sur les autres appareils.

Au total, au vu de la description qu'en a faite par l'agent et des constats qu'il a effectués, il apparaît que la tournée de surveillance du 4 juillet 2013 a été réalisée complètement, avec un niveau de diligence et d'attention qui semble normal.

6.5.5 - Les limites de la détection visuelle d'une anomalie

Connaissant, après coup, l'état probable de la boulonnerie et des attaches de la traversée jonction double 6/7/8/9, on peut s'interroger sur l'absence de détection d'anomalies les affectant au cours de la tournée précitée.

À ce stade et sans épuiser la question de la fiabilité humaine dans les opérations de maintenance et d'inspection, plusieurs éléments peuvent être soulignés.

Le champ de la tournée

S'agissant d'une tournée portant à la fois sur la voie et ses appareils, la diversité des éléments à inspecter et des anomalies à rechercher est très grande. La fiche 11.01 de l'IN 0114 citée au chapitre 6.1.3.1 du présent rapport ne comporte pas moins de 25 items rien que pour la partie « voie ». En outre, lorsque la tournée de surveillance est effectuée par un dirigeant, ce qui était le cas de celle réalisée le 4 juillet 2013, plusieurs composantes spécifiques portant sur l'état général du parcours et le contrôle de la qualité des interventions des équipes s'y ajoutent.

La saturation et la focalisation de l'attention

En général, les installations du chemin de fer ne sont pas dans un état neuf. Elles présentent donc naturellement un certain nombre d'écarts par rapport un état idéal. Ces écarts, lorsqu'ils sont dans les normes, ne constituent pas des anomalies et n'ont pas à être relevés. Toutefois, ils peuvent saturer l'attention de l'agent et empêcher la détection d'un défaut réel. Il en va de même de la présence de débris, de végétation ou de pièces détachées non ramassées par les équipes d'intervention.

Par ailleurs, les agents sont particulièrement attentifs à certains défauts dont ils connaissent la criticité ou dont la détection leur a été particulièrement recommandée. La recherche de ces défauts peut focaliser leur attention et occulter une anomalie voisine.

Il en est notamment ainsi au niveau des cœurs d'appareils où les agents sont particulièrement attentifs à la recherche et à la surveillance des fissures et des traces de frottements ou de chocs. En revanche, au vu de l'absence, dans l'historique du réseau ferré national, d'accidents causés par des défauts de boulonnerie, la criticité de ce type de défaut est moins ressentie, et ce d'autant plus que les prescriptions qui s'y attachent sont peu claires.

La visibilité des défauts à détecter

Certains défauts sont bien visibles lorsqu'on se tient debout dans la voie, d'autres le sont moins ou pas du tout.

Les boulons des éclisses de liaison cœur-aiguille d'une traversée jonction double sont relativement peu visibles. De fait, les têtes des boulons sont partiellement cachées par des connexions électriques et les écrous se trouvent dans une ornière étroite entre l'aiguille et la pointe du cœur.



Les ruptures de séquence

Compte tenu de la densité du trafic ferroviaire sur la ligne concernée, l'inspection visuelle de ses voies lors des tournées de surveillance est fréquemment interrompue par les circulations et, lorsque l'agent assure sa propre protection, par la nécessité de surveiller lui-même l'arrivée des trains. Le passage d'un train peut être l'occasion de détecter des défauts (traverses danseuses, chocs...), mais peut aussi conduire à omettre une partie des éléments à vérifier lors de la reprise de l'inspection.

6.6 - Éléments de synthèse

Les informations recueillies à ce stade permettent d'affirmer que le schéma de maintenance a été respecté.

Sans les conclusions des expertises métallurgiques diligentées dans le cadre de l'enquête judiciaire, il n'est pas possible de préciser dans quel état se trouvait le joint éclissé à l'origine du déraillement lors des différentes opérations de maintenance dont la TJD 6/7/8/9 a fait l'objet, et d'apprécier, en conséquence, quelles auraient dû être les constatations des mainteneurs.

En revanche, il peut dès à présent être considéré que la rupture de la tête du boulon n° 3 de ce joint aurait pu être détectée lors de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013, mais que les défaillances de ses autres boulons n'étaient probablement pas encore visibles.

La non-détection de la défaillance du boulon n° 3 ainsi que d'autres défauts affectant la boulonnerie et les attaches, et ce malgré un niveau de diligence et d'attention semblant normal, interroge sur la fiabilité des tournées de surveillance, et notamment sur l'importance qui y est accordée à la détection des anomalies concernant la boulonnerie et les attaches.

Le nombre des défauts constatés sur la traversée considérée interpelle également sur la qualité du montage et de la maintenance des assemblages boulonnés.

7 - Les premières orientations préventives et les voies d'approfondissement

La cause directe du déraillement du train Intercités n° 3657 est l'obstruction de l'ornièrè du cœur de traversée de la file droite de la TJD 6/7/8/9 par l'éclisse intérieure du joint raccordant l'about de ce cœur à l'aiguille n° 7. Cette éclisse, libérée par les défaillances successives des quatre boulons du joint considéré, a pivoté lors du passage de ce train autour de l'axe constitué par le corps sans tête du boulon n° 4.

Le désassemblage du joint précité qui a conduit à cette situation, est la conséquence d'une fissuration en étoile qui s'était développée depuis plusieurs mois, à partir du trou n° 3, dans l'âme de l'about du cœur incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache, entraînant des efforts anormaux dans le boulon occupant ce trou, qui ont provoqué la rupture de sa tête. Les trois autres boulons ont ensuite cédé.

A priori, lors de la tournée de surveillance effectuée le 4 juillet 2013, seule la défaillance du boulon n° 3 était détectable visuellement. La moindre attention accordée aux anomalies affectant la boulonnerie par rapport à d'autres défauts considérés comme plus critiques, ajoutée aux limites inhérentes à tout examen visuel notamment lorsqu'il est effectué sur des voies en exploitation, a pu contribuer à ce que cette défaillance ne soit pas détectée.

À ce stade de l'enquête, des premières orientations préventives peuvent être dégagées concernant la maîtrise des joints éclissés des appareils de voie, la détection des défaillances de leur boulonnerie et l'adaptabilité des schémas de maintenance de ces appareils.

Ces orientations n'épuisent pas le sujet. Des investigations plus approfondies portant notamment sur la maîtrise de la qualité des opérations de maintenance des appareils de voie restent à effectuer pour que l'analyse technique de cet accident soit complète.

7.1 - La maîtrise des assemblages boulonnés des appareils de voie

Le niveau élevé du trafic, la vitesse des trains et les particularités tant du plan de voies que de la plate-forme de la gare de Brétigny-sur-Orge se sont conjugués pour soumettre la traversée jonction double 6/7/8/9 à des sollicitations mécaniques très supérieures à la moyenne.

Ces sollicitations ont provoqué la fissuration, puis la rupture de l'âme de l'about du cœur de cette traversée, augmentant ainsi les contraintes sur les boulons du joint éclissé le raccordant à l'aiguille n° 7.

Avec ces contraintes, les défauts de surface existant couramment aux raccordements des têtes des boulons utilisés pour assembler de tels joints ont contribué à l'apparition de fissures de fatigue dans les boulons n° 3, n° 2 et n° 4, qui ont conduit aux ruptures successives de leurs têtes.

L'absence de freinage des écrous des boulons utilisés, à l'exception de la rondelle grower, a permis le dévissage, puis l'éjection, du boulon n° 1. L'utilisation d'écrous-freins, comme le préconise dans certains cas la procédure de la SNCF référencée IN 3154, aurait évité un tel dévissage.

Bien que prévu par l'IN 0268, le contrôle du couple de serrage des boulons d'éclissage n'est pas pratiqué, ce qui a pu également jouer un rôle dans le désassemblage du joint précité, un serrage excessif contribuant à l'apparition de fissures dans le boulon concerné, un serrage insuffisant favorisant le dévissage de son écrou.

Par ailleurs, l'examen de différents appareils de voie du site de Brétigny-sur-Orge a montré l'utilisation de rondelles et d'écrous non-conformes aux spécifications.

Ces constats conduisent le BEA-TT à formuler, d'ores et déjà, la recommandation suivante :

Recommandation R1 (SNCF) :

Améliorer globalement le niveau de maîtrise des assemblages boulonnés des appareils de voie en intervenant sur différents facteurs, notamment sur :

- **les spécifications techniques et la qualité des composants ;**
- **les dispositifs de freinage des boulons ;**
- **le respect des prescriptions de serrage de la boulonnerie et, plus généralement, le respect des spécifications et des règles de l'art lors du montage et lors des opérations de maintenance de ces assemblages.**

7.2 - La détection des défaillances de la boulonnerie

Dans l'attente des résultats des analyses métallurgiques conduites dans le cadre de l'enquête judiciaire, l'examen visuel de la boulonnerie du joint éclissé à l'origine du déraillement du train n° 3657 permet d'estimer que la rupture du boulon n° 3 a très certainement eu lieu avant la tournée de surveillance effectuée le 4 juillet 2013. En revanche, il est très probable que les défaillances des boulons n° 1, 2 et 4 n'étaient pas détectables lors de cette tournée.

7.2.1 - Le ressenti de la criticité des défaillances de la boulonnerie

Le constat de la présence sur la traversée jonction double 6/7/8/9 de divers défauts affectant sa boulonnerie qui n'avaient pas été signalés à l'issue de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013, bien qu'elle ait été effectuée avec un niveau normal de diligence et d'attention, tend à montrer que les défaillances des boulons des appareils de voie ne sont pas vraiment ressenties comme critiques. Il s'ensuit que la détection et le traitement de ces défaillances ne bénéficient pas d'une attention suffisante lors des opérations de surveillance.

Plusieurs facteurs contribuent à cette situation :

- de telles défaillances n'avaient jamais été jusqu'à présent à l'origine d'événement notable sur le réseau ferré national ;
- les prescriptions relatives aux mesures à prendre en cas de détection d'un boulon desserré ou manquant ne sont pas très claires ;
- les normes de maintenance des appareils de voie admettent que 20 % de leurs attaches peuvent être desserrées ou inefficaces.

Par ailleurs, les resserrages des boulons n'étant pas enregistrés et leurs remplacements n'étant pas notés avec précision, l'éventuelle répétitivité des interventions qui permettrait de focaliser l'attention sur un appareil ou un assemblage donné, n'est pas connue, ni même décelée.

Afin que la criticité des défaillances des boulons soit réévaluée de façon pérenne lors des opérations de surveillance et de maintenance des appareils de voie, le BEA-TT considère que les prescriptions concernant l'état de la boulonnerie de ces appareils et, de manière connexe, l'état de leurs attaches de deuxième niveau doivent être renforcées et clarifiées.

Recommandation R2 (SNCF) :

Clarifier et renforcer les règles relatives aux mesures à prendre en cas de détection d'anomalies affectant la boulonnerie des appareils de voie.

Dans ce cadre, préciser le délai maximal, après toute intervention ou tournée de surveillance, dans lequel toute la boulonnerie doit être présente et serrée. De même, préciser un tel délai pour les attaches de deuxième niveau.

7.2.2 - L'efficacité du processus de surveillance

Indépendamment du cas particulier de la boulonnerie, la détection au cours des tournées à pied des anomalies affectant l'infrastructure ferroviaire est soumise à un certain nombre d'aléas qui en limitent la fiabilité, notamment lorsqu'il s'agit d'anomalies peu apparentes ou sur lesquelles l'attention des agents n'a pas été alertée.

Plus globalement, l'efficacité du processus de surveillance repose non seulement sur la capacité des agents à détecter les anomalies et à évaluer leur criticité, mais aussi sur les conditions de sécurité lors des opérations de surveillance, sur l'aptitude du système de maintenance à garantir l'exécution, dans les délais prescrits, des mesures correctives qui découlent des signalements effectués ainsi que sur l'analyse du retour d'expérience.

Ces aspects seront approfondis dans la suite de l'enquête. Toutefois, le BEA-TT invite dès maintenant la SNCF à s'interroger sur l'efficacité globale du processus de surveillance de la voie et de ses appareils, sur sa cohérence avec les objectifs de sécurité et de fiabilité des circulations et sur la possibilité d'agir sur les facteurs suivants :

- l'aptitude des acteurs de la surveillance à détecter les anomalies et à en évaluer la criticité ;
- les prescriptions relatives à la protection des agents lors des tournées en zone dense ;
- la connaissance des points singuliers d'un secteur nécessitant une attention particulière ou des vérifications systématiques ;
- l'amélioration du traitement des signalements répétitifs.

Par ailleurs, lors des tournées qu'ils effectuent, les dirigeants d'unité et les dirigeants de proximité ont des objectifs spécifiques à leurs missions d'encadrement et de maintenir. Outre à leur permettre d'acquérir ou de maintenir une connaissance précise des installations, de leur environnement et de leurs évolutions, ces tournées doivent leur permettre de contrôler la bonne exécution des travaux et des opérations de maintenance.

Certaines particularités connues par les agents des brigades, n'étant pas actées dans la documentation locale, ne sont pas forcément connues par les dirigeants, notamment lorsque ceux-ci sont en fonction depuis peu dans leur secteur.

Dans ces conditions, le BEA-TT invite également la SNCF à s'interroger sur la pertinence de l'intégration des tournées effectuées par les dirigeants dans la trame des tournées périodiques de surveillance.

7.3 - L'adaptabilité du schéma de maintenance des appareils de voie

Dans le cas des traversées jonctions doubles de la gare de Brétigny-sur-Orge, le fait que la boulonnerie et des attaches ne tenaient pas entre deux vérifications périodiques de famille B était connu. La régénération de la TJD 6/7/8/9 n'a pas pour autant été anticipée par rapport à l'échéance nominale de 25 ans. De même, étant déjà au minimum prescrit, la périodicité de trois ans des vérifications de famille B de ces appareils de voie n'a pas pu être réduite. Pour pallier les difficultés rencontrées sur ces appareils, des resserrages systématiques étaient pratiqués par certains agents lors des tournées de surveillance, mais ils ne faisaient l'objet d'aucune consigne formalisée dans un référentiel local.

Plus généralement, l'organisation de la maintenance prévoit que l'échéance de renouvellement d'un appareil soit adaptée en fonction de son état réel. De même, elle prévoit, pour les opérations de surveillance et de maintenance, des périodicités différentes selon, notamment, le trafic, la vitesse et l'âge des appareils.

Ces échéances et périodicités se situent à l'intérieur de fourchettes qui conviennent dans la très grande majorité des cas, mais qui peuvent s'avérer insuffisantes pour certains appareils ou groupes d'appareils.

Ces appareils, et les soins particuliers dont ils ont besoin, sont connus sur le terrain. Ces particularités sont assumées au niveau des brigades et des secteurs par des interventions dont la périodicité et la consistance ne sont pas toujours formalisées.

Le BEA-TT formule donc la recommandation suivante :

Recommandation R3 (SNCF) :

Identifier les appareils de voie ou les groupes d'appareils présentant des particularités impliquant une maintenance renforcée ou une régénération anticipée par rapport aux prescriptions générales.

Prévoir dans l'organisation générale de la maintenance ou dans celle des établissements, les dispositions assurant que ces particularités sont prises en compte de façon fiable et auditable.

7.4 - Les voies d'approfondissement des investigations

Les différentes investigations et analyses présentées dans ce rapport permettent de disposer d'une première approche, relativement étayée et cohérente, des circonstances et des causes du déraillement du train Intercités n° 3657. Plusieurs questions, identifiées dans les chapitres précédents demeurent en suspens pour aboutir à une analyse technique complète de cet accident. Elles portent notamment sur les points ci-après.

La connaissance de la vitesse de dégradation des assemblages boulonnés

La SNCF a engagé une campagne de suivi d'un échantillon d'appareils de voie visant à mieux appréhender la vitesse de dégradation de leurs assemblages boulonnés et les facteurs contribuant à sa variabilité. Cette connaissance permettra, notamment, d'évaluer la pertinence des schémas de maintenance et de surveillance actuellement appliqués à ces appareils.

L'évaluation des dates d'apparition des défaillances des éléments du joint incriminé et de leur vitesse d'évolution

Cette évaluation concerne tout particulièrement la fissuration de l'âme de l'about du cœur de traversée incriminé et la rupture du boulon n° 3.

Elle repose sur l'expertise métallurgique en cours dans le cadre de l'enquête judiciaire. Elle permettra de préciser les indices qui étaient observables lors des différentes opérations de maintenance dont la traversée jonction double 6/7/8/9 a fait l'objet, et d'en tirer des enseignements quant à la pertinence des schémas de maintenance de tels appareils et à la qualité de la réalisation des opérations correspondantes.

Le management de la maintenance

Sur la base des différentes défaillances de la maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9 que les approfondissements techniques précités pourraient mettre en lumière, il sera procédé, au sein de la filière concernée de la SNCF, à une analyse des conditions de management et d'organisation qui y ont conduit.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Relevé des cotes des essieux des véhicules du train n° 3657

Annexe 3 : Expertise visuelle des essieux des véhicules du train n° 3657

Annexe 4 : Historique de la maintenance des véhicules du train n° 3657

Annexe 5 : Expertise visuelle des pièces prélevées à proximité du joint éclissé à l'origine de l'accident

Annexe 6 : Analyse de la géométrie de la zone de la traversée jonction double 6/7/8/9

Annexe 7 : Compte rendu de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

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

La Défense, le 12 juillet 2013

Le Directeur

DECISION

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

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

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

Vu les circonstances du déraillement du train Intercités n° 3657, circulant en direction de Limoges, survenu le 12 juillet 2013 dans la traversée de la gare de Brétigny-sur-Orge en Essonne ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application du titre II du livre VI de la 1^{re} partie du code des transports sur le déraillement d'un train de voyageurs survenu le 12 juillet 2013 au droit de la gare de Brétigny-sur-Orge en Essonne (91) sur la ligne ferroviaire de Paris-Austerlitz à Orléans.

Le directeur du BEA-TT



Claude AZAM

Annexe 2 : Relevé des cotes des essieux des véhicules du train n° 3657

			GAUCHE						DROIT							
N° de véhicule	Type d'essieu	Numéro	Position	Hauteur du boudin	Epaisseur du boudin	Qr	Saillie	Largeur de roue	Creux	Hauteur du boudin	Epaisseur du boudin	Qr	Saillie	Largeur de roue	Creux	
				h min: 27,5	e min: 22	Qr > 6,5	S ≤ 5	L = 140 +1/-2	C ≤ 4	h min: 27,5	e min: 22	Qr > 6,5	S ≤ 5	L = 140 +1/-2	C ≤ 4	
				h max: 36	e max: 33,5					h max: 36	e max: 33,5					
BB26000																
				Tolérances suivant VR1001 AN.1 (version E rectif.1)												
BB26005	480	272	A	29,17	29,10	6,82	0,25	140,69	0,00	29,38	29,26	6,96	1,75	140,10	0,30	
BB26005	481	277	B	29,26	29,94	9,45	0,30	140,79	0,00	29,91	29,20	9,91	0,58	140,84	0,31	
BB26005	481	450	C	28,02	29,28	10,79	0,32	141,09	0,00	28,38	30,03	10,70	0,82	140,27	0,00	
BB26005	480	348	D	27,83	30,31	9,22	1,07	140,69	0,00	28,10	30,48	10,04	1,40	140,42	0,00	
Voitures																
				Tolérances suivant VR1001 AN.5 (version E rectif.1)												
50872971733	884	9639	1	28,22	30,40	9,90	0,13	136,05	0,00	28,15	30,14	9,70	0,19	135,46	0,00	
50872971733	884	6515	2	28,12	29,62	9,36	0,41	134,27	0,00	28,15	29,74	9,55	0,46	134,61	0,00	
50872971733	884	17073	3	28,23	30,14	9,50	0,15	135,28	0,00	28,01	30,12	9,68	0,00	135,27	0,00	
50872971733	884	8375	4	28,12	30,33	9,56	0,20	136,30	0,00	28,11	30,19	9,56	0,08	135,27	0,00	
508729970170	884	7603	5	28,17	30,28	9,75	0,16	135,09	0,00	27,67	29,82	9,34	0,31	135,11	0,00	
508729970170	884	11361	6	28,19	30,18	9,82	0,14	136,71	0,00	27,80	30,10	9,58	0,17	135,56	0,00	
508729970170	884	9342	7	27,86	29,57	9,79	0,17	135,22	0,00	27,67	30,22	9,58	0,35	135,65	0,00	
508729970170	884	9306	8	27,96	29,30	9,65	0,00	136,63	0,00	28,21	30,47	9,77	0,11	135,49	0,00	
508729970261	884	17882	9	28,23	30,93	9,32	0,13	135,07	0,00	28,27	30,11	9,40	0,17	135,34	0,00	
508729970261	884	11364	10	28,06	30,19	9,11	0,17	136,61	0,00	28,15	30,04	9,37	0,19	135,26	0,00	
508729970261	884	17877	11	28,12	30,33	9,39	0,13	136,12	0,00	28,15	30,31	9,59	0,16	135,46	0,00	
508729970261	884	17876	12	28,17	30,35	9,69	0,12	136,26	0,00	28,27	30,05	9,48	0,19	135,24	0,00	
508729970088	884	10414	13	29,12	29,41	6,72	0,00	136,49	0,00	28,67	28,57	8,90	0,31	135,83	0,00	
508729970088	884	7764	14	28,38	30,20	9,37	0,22	136,17	0,00	28,67	30,01	9,38	0,22	135,40	0,00	
508729970088	884	7149	15	28,57	30,64	8,51	0,31	136,64	0,00	28,39	29,96	9,02	0,11	136,67	0,00	
508729970088	884	4413	16	29,10	29,32	8,85	0,33	135,66	0,00	28,63	29,11	9,06	0,00	135,45	0,00	
508784971816	884	4827	17	28,11	30,57	10,01	0,05	136,58	0,00	27,69	31,07	9,99	0,00	135,43	0,00	
508784971816	884	8254	18	28,19	31,15	10,57	0,07	134,99	0,00	27,99	31,16	10,49	0,00	135,00	0,00	
508784971816	884	6702	19	28,19	30,20	10,37	0,00	136,37	0,00	27,92	31,37	10,07	0,00	135,21	0,00	
508784971816	884	1581	20	28,23	31,57	9,71	0,10	136,28	0,00	27,78	30,84	9,30	0,00	135,28	0,00	
508718930094	884	8767	21	28,30	29,60	9,00	-	-	-	27,66	29,14	8,72	0,79	137,03	0,00	
508718930094	884	11276	22	28,08	29,59	9,00	0,00	136,04	0,00	28,21	29,37	9,31	0,00	134,98	0,00	
508718930094	884	16588	23	27,70	29,60	9,60	-	-	-	28,13	29,86	9,11	0,19	135,08	0,00	
508718930094	884	7228	24	28,30	29,47	9,20	0,00	136,14	0,00	28,17	29,00	8,99	0,00	135,37	0,00	
508717970109	884	5808	25	28,03	28,50	8,74	0,00	135,08	0,00	28,05	29,98	8,79	0,14	135,66	0,00	
508717970109	884	12450	26	28,17	28,91	9,41	0,11	136,28	0,00	28,11	29,76	9,43	0,29	135,47	0,00	
508717970109	884	340	27	28,31	29,94	9,38	0,08	135,03	0,00	28,08	30,11	9,42	0,00	135,01	0,00	
508717970109	884	17772	28	28,14	30,15	9,49	0,00	136,31	0,00	28,11	30,10	9,46	0,00	135,20	0,00	

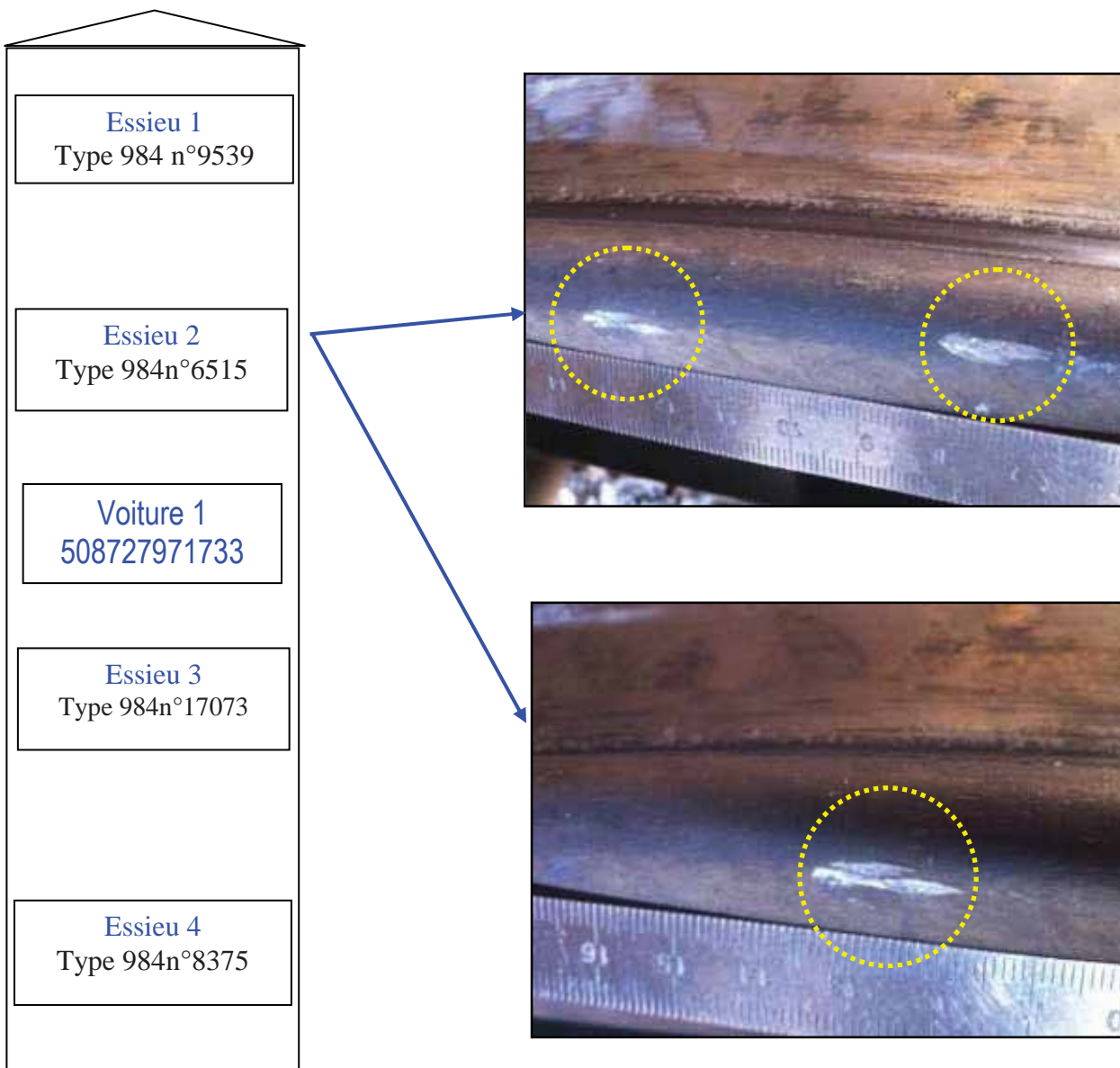
Annexe 3 : Expertise visuelle des essieux des véhicules du train n° 3657

13. Expertise visuelle des essieux de la locomotive BB26005

L'expertise visuelle des essieux de la BB26005 n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires ni de traces de chocs sur les parties observables.

14. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508727971733 (voiture 1)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508727971733 (voiture 1) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires. Cependant quelques traces de frottement sont observables sur la roue 4, mais elles ne semblent pas imputables à un choc avec une pièce métallique.

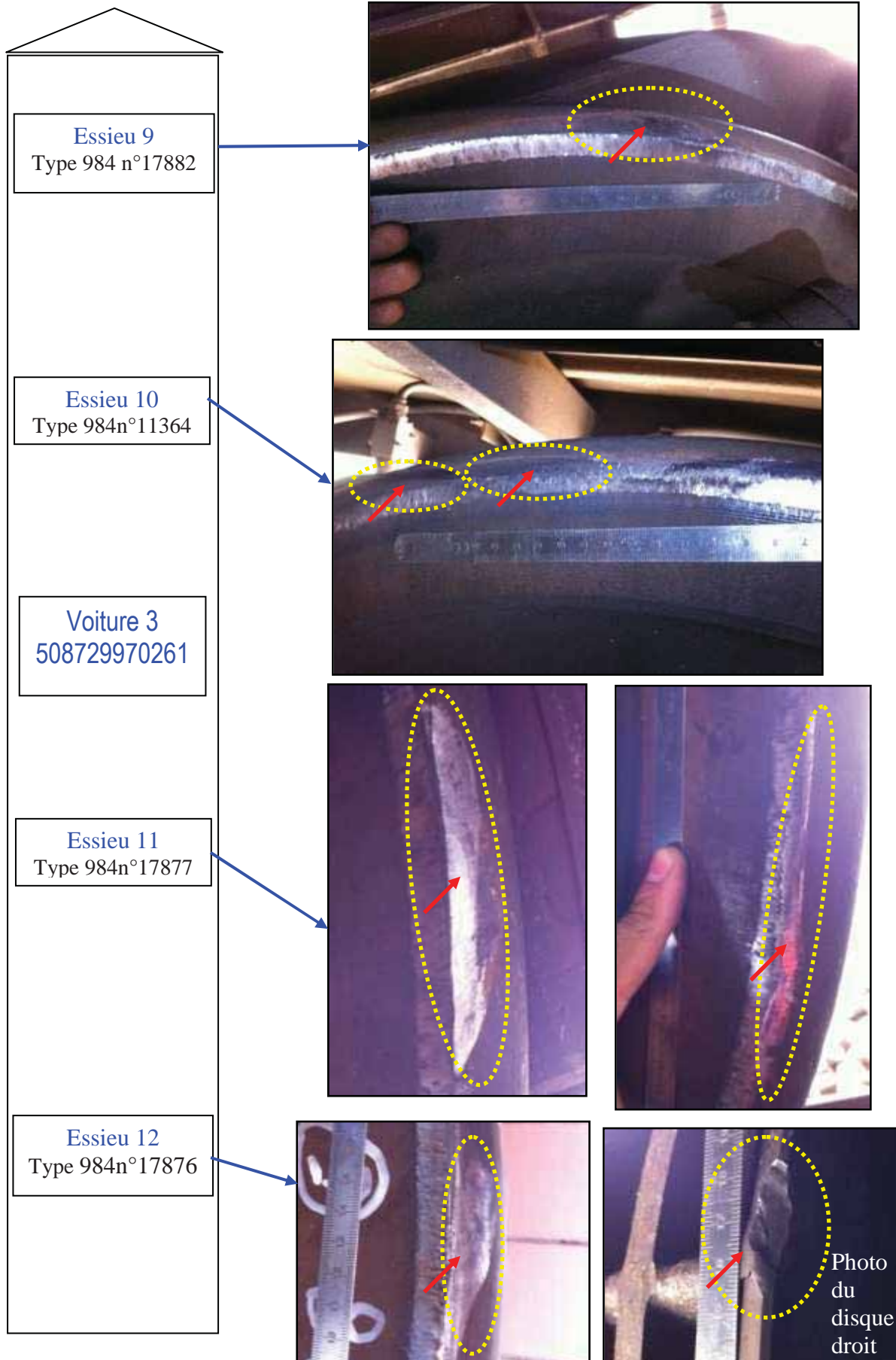


15. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970170 (voiture 2)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970170 (voiture 2) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires ni de traces de chocs sur les parties observables.

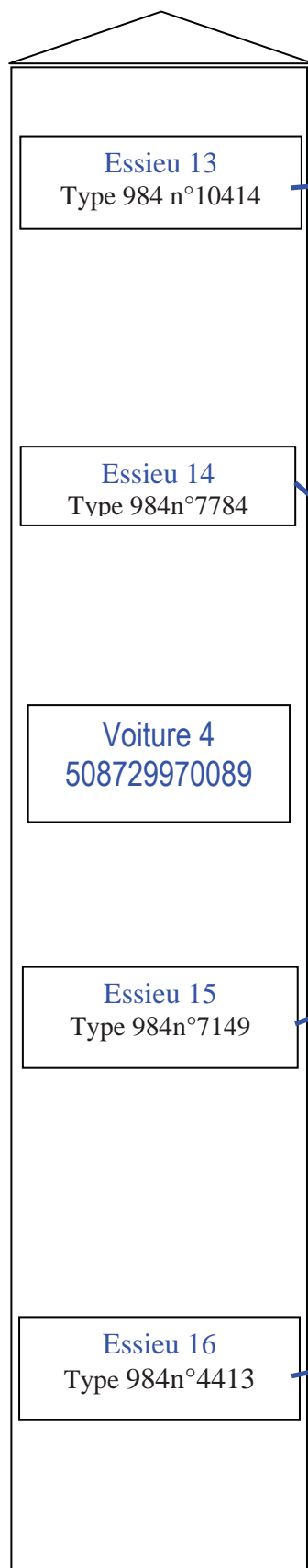
16. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970261 (voiture 3)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970261 (voiture 3) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires (hormis ceux laissés par l'accident). Cependant on peut constater des traces sur toutes les roues droites de la voiture imputables à des chocs avec une pièce métallique, ainsi qu'une trace de choc sur le disque de frein du 4ème essieu de la voiture côté droit de l'essieu.



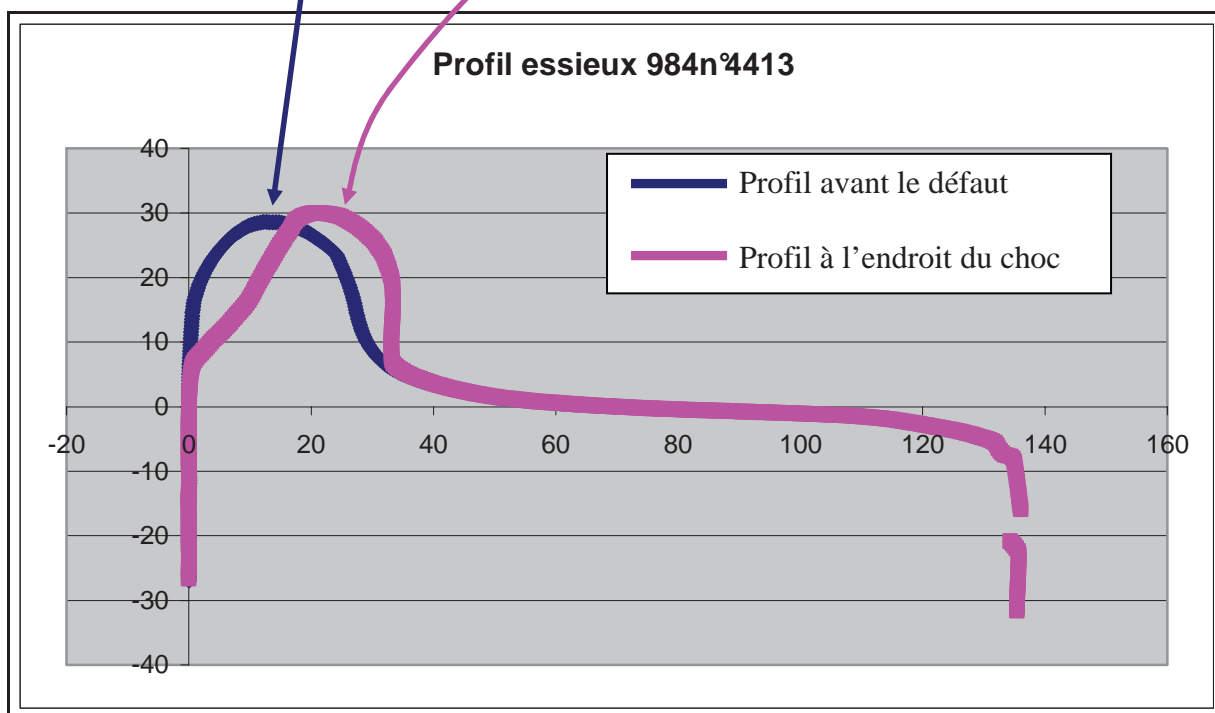
17. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970089 (voiture 4)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970089 (voiture 4) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires (hormis ceux laissés par l'accident). Cependant on peut constater des traces sur toutes les roues droites de la voiture imputables à des chocs avec une pièce métallique, notamment sur les 2 derniers essieux côté droit de la voiture.



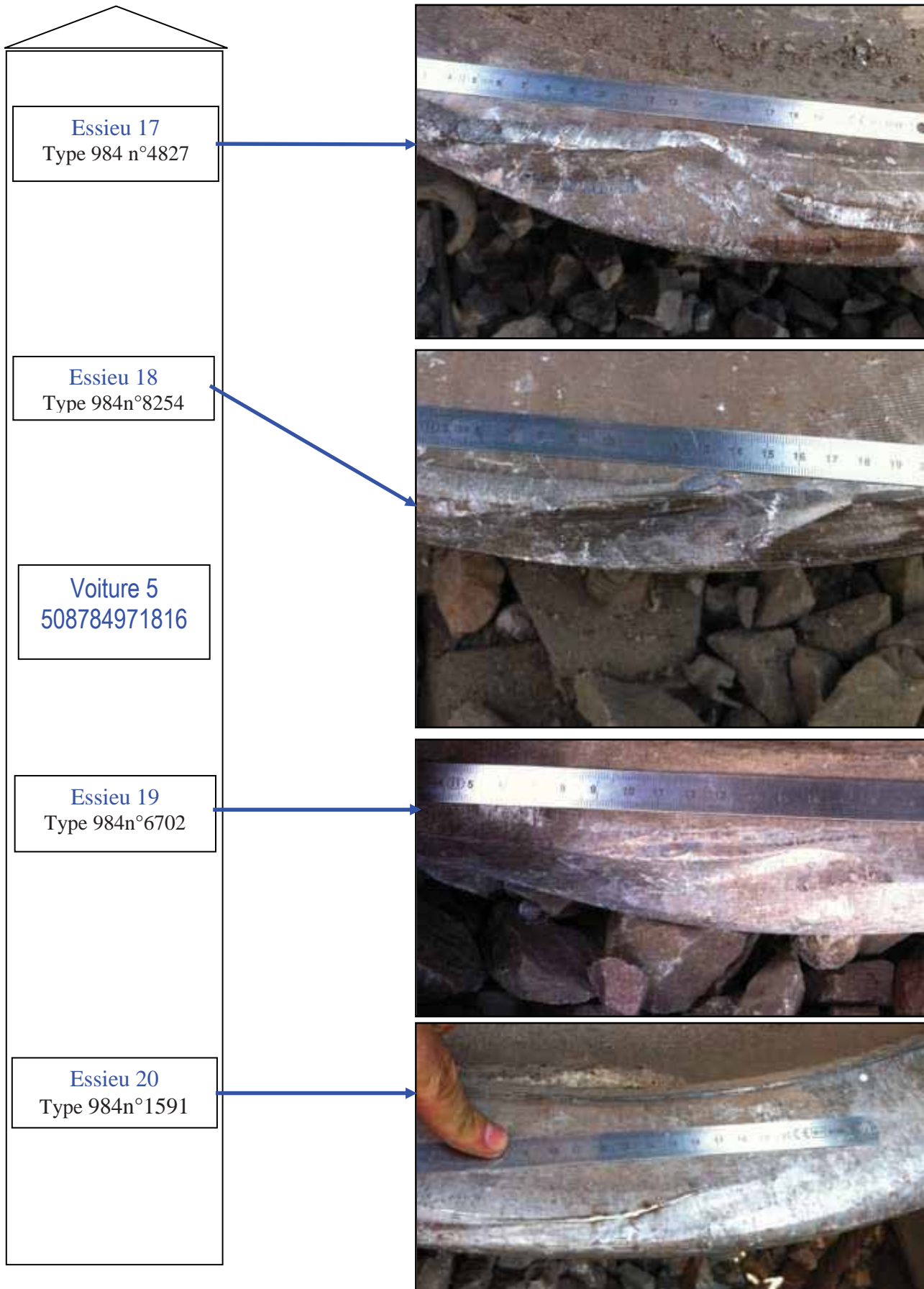
17.1 Relevé de profil à l'endroit du défaut sur le 4^{ème} essieu de la voiture 4 roue 8 :

Ci-dessous le graphique représente une superposition des 2 profils de roue de l'essieu 984n°4413, relevé à l'endroit du défaut et sur une portion saine. On peut constater qu'un choc violent c'est produit sur la partie gauche du boudin.



18. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508784971816 (voiture 5)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508784971816 (voiture 5) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires (hormis ceux laissés par l'accident). Cependant on peut constater des traces sur toutes les roues droites de la voiture imputables à des chocs et/ou des frottements avec une pièce métallique. Ces chocs sont semblables à ceux retrouvés sur les 2 derniers essieux de la voiture précédente.

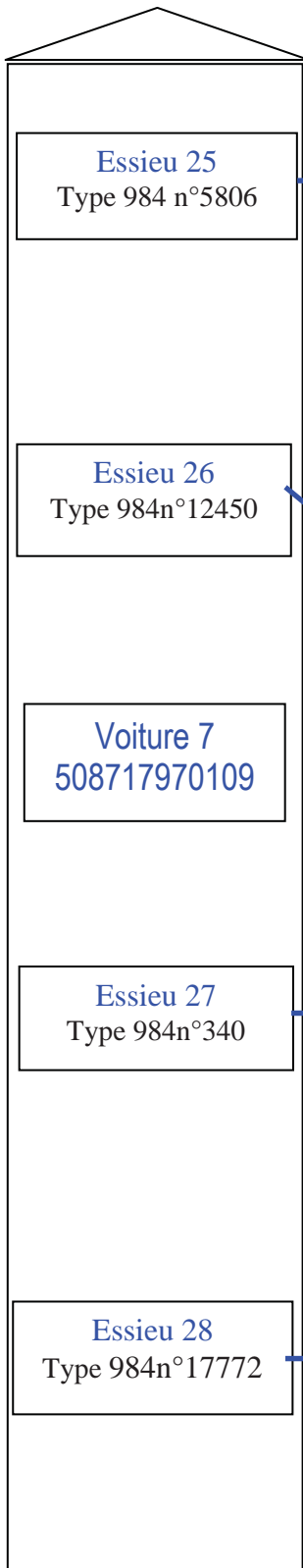


19. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508718930094 (voiture 6)

Pour des raisons de sécurité et d'accessibilité aux roues, l'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508718930094 (voiture 6) n'a pas pu être réalisée.

20. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508717970109 (voiture 7)

L'expertise visuelle des essieux de la voiture n°508717970109 (voiture 7) n'a pas mis en évidence de défauts rédhibitoires (hormis ceux laissés par l'accident). Cependant on peut constater des traces sur toutes les roues droites de la voiture imputables à des chocs avec une pièce métallique. Ces chocs sont semblables à ceux retrouvés sur les 2 derniers essieux de la voiture précédente.



Annexe 4 : Historique de la maintenance des véhicules du train n° 3657

HISTORIQUE DE MAINTENANCE

Tête du train		Dernière opération N2		Dernière opération N3		Opération mi vie		Date dernière RG					
Locomotive	ES	12/06/2013	EMN+1	04/07/2013	04/08/2013	GVG	24/02/2012	22/06/2014	OP mi-vie	24/02/2012	2032	prochaine GVM ou RG	Date dernière RG
Voiture	Dernière opération N2		prochaine opération N2	Contrôle essieux 984 MA.25244 MR40CE-2013 12		Dernière opération N3		prochaine GVG	Opération N3 GVM ou N4 RG			prochaine GVM ou RG	Date dernière RG
872797173						GVGS+GVGC	26/10/2012	28/10/2014	GVM	14/01/2011		14/07/2018	22/06/2005
872997017						GVGS+GVGC	14/06/2012	14/06/2014	GVM	20/03/2009		20/09/2016	28/07/2005
872997026	EMN	07/07/2013	23/07/2013	EMN	07/07/2013	RG	21/03/2013	21/03/2015	RG	21/03/2013		21/03/2024	21/03/2013
872997008						GVGS+GVGC	08/06/2012	08/06/2014	GVM	06/08/2010		06/02/2018	17/05/2006
878497181						GVGS+GVGC	27/06/2013	27/06/2015	GVM	16/10/2009		16/04/2017	14/06/2005
871893009						GVGS+GVGC	02/05/2013	02/05/2015	GVM	21/10/2009		21/04/2017	12/02/2005
871797010						RG	20/03/2013	20/03/2015	RG	20/03/2013		20/03/2024	20/03/2013
Queue du train													

Annexe 5 : Expertise visuelle des pièces prélevées à proximité du joint éclissé à l'origine de l'accident

Compte-rendu réunion Déraillement Bégigny du 09/09/2013 au CETIM (Sentis) :

o. Scelle N°A6 : Tête diamant



Marques en relief: V08 5.6 20.125

Observations: Matage important de la face interne dont les traces correspondent aux marques relevées sur l'éclisse – fibres présentant une zone de fatigue oxydée (démoulinant d'une fissuration antérieure), une zone de fatigue brillante et une zone d'arrachement final - multi-amorçages sur le cône de raccordement – modification de l'orientation des lignes de fatigue au cours de la fissuration ce qui indique un changement des sollicitations - un flanc de la tête diamant maté et arrondi démoignant d'une rotation et de la position de la tête sur l'éclisse extérieure.

Origine: Trou n°4.

o. Scelle N°P1 0200067 repère N°A9 : morceau de rail rompu



o. Scelle N°P2 0022222 Pièce N°07/13/34 : Tête diamant



Marques en relief: 20.125 \sqrt{Z} 05

Observations: Marques de matage côté tige fileté – fibres oxydées présentant une zone de fatigue – multi-amorçages sur le cône de raccordement.

Origine: ??

o. Scelle N°P1 0200069 : rondelle GROWER



Observations: Un côté maté (brillant) et oxydé – l'autre côté totalement oxydé

Origine: ??

Observation : Matage important des surfaces en vis-à-vis (surface brillante)

Origine : trou n°2.

- o Scellé N°P1 0200068 repère N°A12 : tige filetée pliée + rondelle Crower + écrou



Marques en relief sur l'écrou - V 5 (diamétralement opposées).

Observations : Encochage important de la tige - Efforts de cisaillement important - filetage écrasé - écrasement de la tige filetée en bout de filetage - faciès de rupture identique à celui observé sur la tête diamant N°A6 - zone de bleuissement témoignant d'un échauffement rapide.

Origine : trou n°4.

- o Scellé N°P1 0200060 repère N°A2 : tige filetée sans la tête diamant



Observations : Encochage important de la tige sur la partie non filetée dont la largeur correspondrait à l'âme d'un rail - filetage écrasé en haut des filets - fonds de filets oxydés - faciès de rupture maté à 50% - les bords du faciès sont arrondis et matés.

Origine : Trou n°2 ?

- o Scellé N°P1 0200059 repère N°A1 : tige filetée avec la tête diamant



Marques en relief : 20.125  03

Observations : Vérification de l'état de surface du rayon de raccordement entre la tige et la tête diamant : état brut de forgeage présentant des irrégularités importantes – filetage complètement érasé (diminution de section) – les 3-6 premiers filets présentent des flancs verticaux polis (totallement brillants) ce qui témoigne de la rotation de l'écrou en bout de filetage – les 4 angles de la tête diamant présentent du mâtage ce qui explique les marques relevées sur l'échisse extérieure.

Origine : trou n°1.

- Scellé N°P1 0200070 repère N°A14 : Rondelle GROWER



Observations : Oxydation importante – Mâtage d'un côté correspondant à la zone de contact avec l'écrou (diamètre environ 35 mm).

Origine : ??

- Scellé N°P1 0200063 repère N°A5 : Tête diamant



Marques en relief : 20.125  05

Observations : Facies présentant une zone de fatigue oxydée (témoignant d'une fissuration antérieure), une zone de fatigue brillante et une zone d'arrachement final - multi-amois/vages sur le cône de raccordement - facies de rupture correspondant a priori à la tige repérée A2

face interne mâtée dont les marques peuvent correspondre avec celles relevées sur l'échisse au niveau du trou n°2.

Origine : trou n°2 ?

- Scellé N°P1 0200061 repère N°A3 : tige fileté sans la tête diamant



Observations : Facies de rupture correspondant a priori au scellé P2 0022222 – deux marques prononcées et distinctes de la partie non fileté – largeur des marques correspondant à la largeur d'une âme de rail – filets oxydés – léger écrasement des hauts de filets.

Origine : trou n°3 ?

- Scellé N°P1 0200062 repère N°A4 : tige fileté sans la tête diamant



o **Eclisse retournée**

Observations : Photos des différents trous – observations des marques liées aux rondelles Grower – déformation des trous – observations de zones lisses ou matées à l'intérieur des trous d'écussages témoignant de frottements prononcés localement – le trou n°2 présente une zone lisse avec des marques semblant représenter l'écrouissage des filets de la tige filetée.

o **Eclisse extérieure**

Observations : Photos des différents trous pour apparier les têtes diamant rompues – oxydation différente autour du trou n°3 témoignant de la présence d'un boudon à un instant donné – rotation autour du trou n°1 permise par le desserrement de l'écrou associé – montage important autour du trou n°2 dont la largeur correspond à la dimension de la tête diamant + 6 mm environ – quelque soit le trou considéré, les têtes diamant ont tendance à marquer l'écclisse dans le com supérieur droit.

Observations : Marquage important de la partie non fileté (largeur d'une tête de rail) – écrouissage de filets et réduction de section – filetage oxydé – faces de rupture oxydées – présence de traces de fissuration par fatigue.

Origine : ? ?

o **Scellé N°PI 0200066 repère N°A8 ; Ecrou**



Observations : Une face brillante présentant des chocs – une face oxydée – filetage oxydé (oxydation qui se comptait en mois ou une année selon CE/IM) – hauteurs des filets légèrement aplatis et brillants.

Origine : ? ?

o **Scellé N°PI 0200065 repère N°A7 ; Ecrou**



Observations : Marquage de la rondelle Grower sur une face – hauteurs de filets oxydés – hauteurs de filets polis – une face brillante côté Grower – une face oxydée

Origine : ? ?

**Annexe 6 : Analyse de la géométrie de la zone de la traversée jonction
double 6/7/8/9**

570000 - VOIE 1

GARE DE BRETIGNY
POSTE A - TJD 6/7/8/9

ANALYSE
DE LA GEOMETRIE
DE LA ZONE DE L'APPAREIL

DOCUMENT INTERNE SNCF

SNCF INFRA
DIRECTION DE LA MAINTENANCE DU RESEAU
ENTRETIEN ET REGENERATION - INGENIERIE DE MAINTENANCE VOIE
DMR ER IMV - 17 Octobre 2013

PAGE 1

TABLE DES MATIÈRES

1. SYNTHÈSE.....	3
2. LA DESCRIPTION DES LIEUX.....	4
3. CONSTATS RÉALISÉS SUR VOIE 1	5
3.1. TOURNÉE TRAIN DU 10 JANVIER 2013	5
3.2. ENREGISTREMENT DU 25 FEVRIER 2013	5
3.3. TOURNÉE TRAIN DU 04 MARS 2013	5
3.4. BOURRAGE NUIT 19-20 MARS 2013	6
3.5. TOURNÉE EN TRAIN DU 24 AVRIL 2013-10-17	6
3.6. ENREGISTREMENT DU 23 MAI 2013	6
3.7. INTERVENTION DE GEOMETRIE DU 25 MAI 2013	6
3.8. TOURNÉE TRAIN DU 18 JUIN 2013	6
3.9. INTERVENTION DE GEOMETRIE DU 21 JUIN 2013	7
4. ANALYSE DES DEUX ENREGISTREMENTS MAUZIN PRÉCÉDANT L'ACCIDENT.....	8
4.1. ENREGISTREMENT DU 25 FEVRIER 2013	8
4.1.1. TJD 6/7/8/9.....	8
4.1.2. Zone située en aval de la TJD	9
4.2. ENREGISTREMENT DU 23 MAI 2013	10
4.2.1. TJD 6/7/8/9.....	10
4.2.2. Zone située en aval de la TJD - Zone des ponts-rails	11

1. SYNTHÈSE

La géométrie de la voie fait l'objet de normes de maintenance (IN 2640 et IN 1895). Ces normes font apparaître plusieurs seuils d'altération imposant des dispositions techniques adaptées au niveau atteint :

- VO - Valeur d'Objectif - niveau à ne pas dépasser à la pose ou après opération de maintenance,
- VA - Valeur d'Alerte - seuil à partir duquel il convient d'exercer une surveillance particulière,
- VI - Valeur d'Intervention - seuil à partir duquel une correction doit être réalisée dans un délai défini
- VR - Valeur de Ralentissement - seuil à partir duquel des restrictions de circulation doivent être mises en œuvre, notamment limitation de vitesse, avant correction.

L'analyse du dernier enregistrement de l'appareil - **23 mai 2013** – montre, après recalage des enregistrements par rapport au terrain, quelques dépassements des seuils normés au franchissement de la TJD 6/7/8/9.

Des défauts mineurs existent en aval dans le branchement 21 et l'appareil de dilatation du PK 31+193. Ils apparaissent comme récurrents et peu évolutifs.

Sur l'enregistrement précédent - **25 février 2013** - la situation dans la TJD 6/7/8/9 est similaire. Une dégradation plus significative est visible dans la zone remaniée à la suite des travaux liés à la création du nouveau pont rail de la rue Anatole France. Ces dégradations ont été traitées par bourrage lourd le 20 mars 2013 et se stabilisent.

Globalement et hors zone remaniée par les travaux d'ouvrage d'art, la géométrie est stable avec des altérations peu ou pas évolutives.

Dans la zone remaniée suite aux travaux, les dégradations constatées depuis la mise en service se stabilisent et les corrections sont durables.

Le principal défaut dans la zone est un gauche sur base de 3 mètres - G3 - mesuré à 23,5 mm, classé en VR et que l'on peut estimer à 13,5 mm après élimination de l'artefact imputable à la vitesse selon l'étude qui suit (annexe 3).

Après investigation sur le terrain suite à l'enregistrement, la valeur réelle a été mesurée à 9 mm seulement.

Pour ce qui est du dressage, l'enregistrement de ce paramètre est difficilement exploitable dans les traversées dans la mesure où ce type d'appareil présente de nombreux rappels de palpeurs par les contre-rails (théoriquement pour chaque file : 3 palpeurs x 2 zones de cœurs soit 6 rappels sur environ 25 m de mesure).

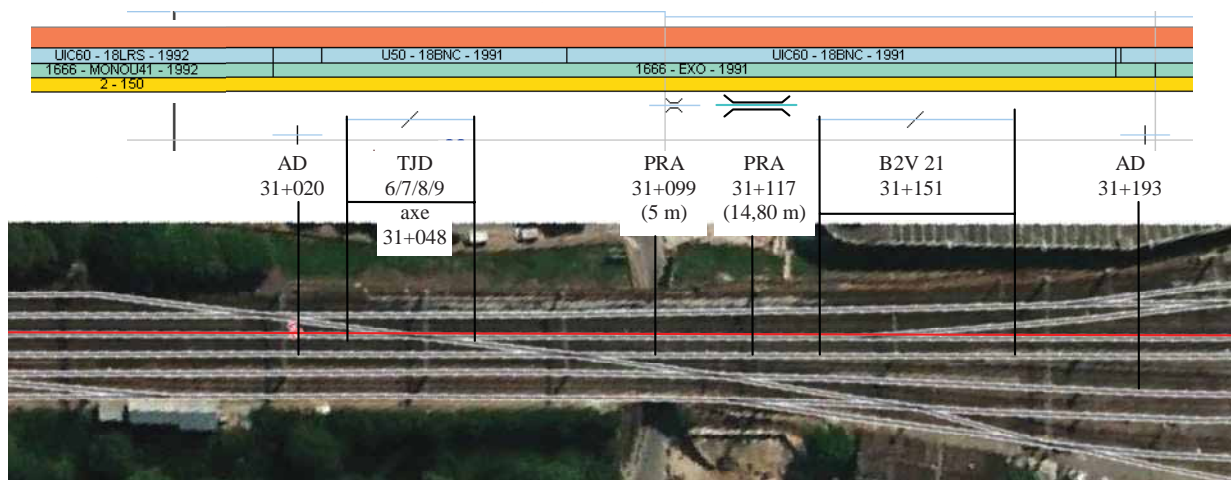
Dans la limite de pertinence des enregistrements « Mauzin » pour le recueil de ce type d'information, les altérations mineures enregistrés ne sont pas représentatives de la défaillance de constituant, notamment de joint de rail défectueux.

L'analyse qui suit décrit les investigations menées et rapproche les constatations afin d'argumenter cette conclusion.

2. LA DESCRIPTION DES LIEUX

Dans le sens de circulation de Paris vers Bordeaux, on rencontre successivement les installations suivantes :

- La voie 1 posée en LRS UIC 60 - 1666 TBA MONO VAX U41 - 1992,
- 30+922 - PRA ouverture 2 m,
- 31+020 - appareil de dilatation - AD - UIC 60 modèle 1959 - terminant le LRS,
- Barres normales 18 m joints concordants UIC 60 - 1991
- Rail mixte UIC60 / U50
- 31+035 - TJD 6/7/8/9 - U50 - 31+062
- 31+062 - BN U50
- Rail mixte U50/UIC60
- Barres normales 18 m joints concordants UIC 60 - 1991
- 31+099 - axe PRA vouté - maçonnerie - ouverture 5 m
- 31+117 - axe PRA neuf - béton armé - ouverture 14,80 m
- 31+151 - B2V n°21 - UIC 60 soudé
- 31+193 - appareil de dilatation - AD - UIC 60 modèle 1959 - débutant le LRS,
- quai de la gare de Brétigny - Voie 1 posée en LRS UIC 60 - 1666 TBA MONO VAX U41 - 1992.



3. CONSTATS REALISES SUR VOIE 1

3.1. TOURNEE TRAIN DU 10 JANVIER 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	TJD 6/7/8/9 défaut de dressage	Pas de relation avec l'accident

3.2. ENREGISTREMENT DU 25 FEVRIER 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Géométrie	MAUZIN 213	TJ 7/8 : gauche de 22 + dressage 19	Pas de relation avec l'accident Voir annexe 1 pour interprétation de l'enregistrement

Le chapitre 4.1 présente une analyse détaillée de cet enregistrement et explique notamment les difficultés de lecture de celui-ci au franchissement d'une traversée.

Il apparaît par cette analyse que les défauts les plus importants sont fortement majorés par des artefacts imputables au système de mesure mis en œuvre sur les voitures Mauzin.

Les valeurs de défauts sont à minorer.

3.3. TOURNEE TRAIN DU 04 MARS 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	TJD 6/7/8/9 défaut de dressage U2 (3 mois)	Pas de relation avec l'accident
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	31+000 à 31+300 défaut de dressage + nivellement U1 (30 jours)	Bourrage réalisé nuit 19/20-03
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	31+200 Pont A. France Nivellement	Dégradation ralentie Surveillance Bourrage réalisé nuit 19/20-03

3.4. BOURRAGE NUIT 19-20 MARS 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Intervention géométrie	08-16/275 GV - Meccoli	BML B2V 21 du 31+050 (talon TJD 6/7/8/9) au 31+233	Amélioration sensible du NL constatée sur Mauzin du 23 mai 2013. Peu d'effet sur le dressage (zone de la TJD non traîtée)

3.5. TOURNEE EN TRAIN DU 24 AVRIL 2013-10-17

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	NEANT	

3.6. ENREGISTREMENT DU 23 MAI 2013

Le chapitre 4.2 présente une analyse détaillée de cet enregistrement et explique notamment les difficultés de lecture de celui-ci au franchissement d'une traversée.

Il apparaît par cette analyse que les défauts les plus importants sont fortement majorés par des artefacts imputables au système de mesure mis en œuvre sur les voitures Mauzin.

3.7. INTERVENTION DE GEOMETRIE DU 25 MAI 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Géométrie	Bourrage léger	Intervention suite à dépassement de seuils normés sur Mauzin du 23 mai	Calage de danse RAS sur dressage Voir fiche en annexe 3 et analyse du Mauzin chapitre 4.2

3.8. TOURNEE TRAIN DU 18 JUIN 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	TJD 6/7/8/9 défaut de dressage	
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	31+000 à 31+300 défaut de dressage + nivellement U2 (3 mois)	Le BML de l'aig 21 a amélioré la situation
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	31+200 Pont A. France Nivellement	La stabilisation se poursuit

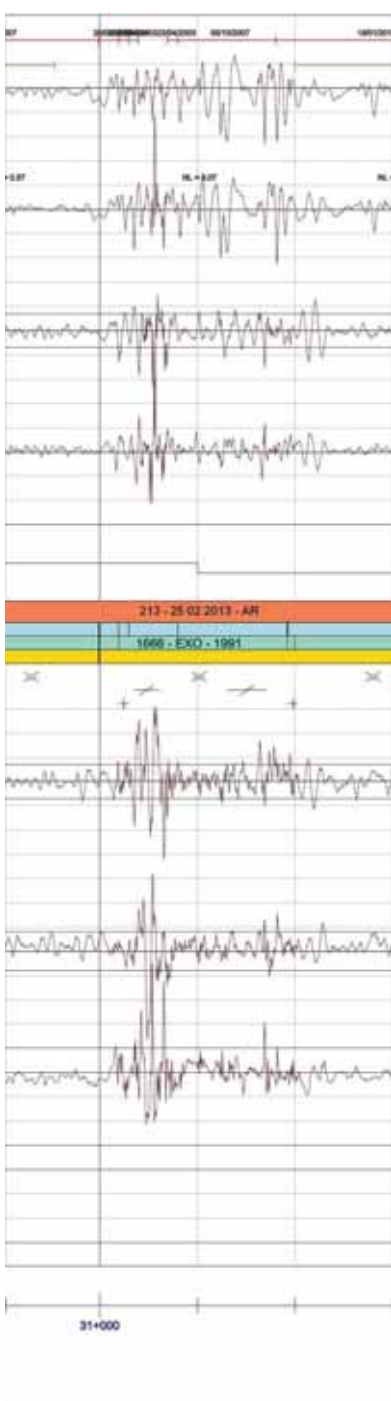
DOCUMENT INTERNE SNCF

3.9. INTERVENTION DE GEOMETRIE DU 21 JUIN 2013

THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Géométrie	Bourrage léger	Intervention d'entretien courant	

4. ANALYSE DES DEUX ENREGISTREMENTS MAUZIN PRECEDANT L'ACCIDENT

4.1. ENREGISTREMENT DU 25 FEVRIER 2013



L'enregistrement du 25 février 2013 est présenté ci-contre.

4.1.1. TJD 6/7/8/9

La TJD 6/7/8/9 est bien visible avec des perturbations importantes sur l'ensemble des paramètres dues à la conception de ces appareils de voie et des voitures Mauzin.

Une version anamorphosée du graphique - 1mm/m - avec repositionnement des différentes parties de l'appareil est présentée en annexe 1.

Les perturbations du graphique concernent notamment en partant du bas (piste 7) :

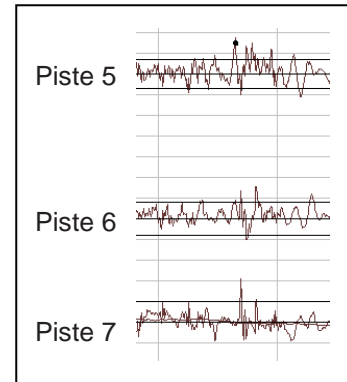
- Piste 7 - Ecartement : 3 lancers principaux vers le haut (sous-écartement) correspondant au rappel des palpeurs d'écartement par les contre-rails avec des sur écartements au niveau des aiguillages.
- Pistes 5 et 6 - dressage : perturbations importantes dues là aussi aux rappels des palpeurs de mesure -3 palpeurs par file x 2 rappels de contre-rails. Cette situation rend l'exploitation de l'enregistrement particulièrement malaisée. La tournée en train réalisée le 04 mars indique toutefois que la géométrie (nivellement et dressage) de la zone nécessite une intervention.
- Pistes 1 à 4 du nivellement :
 - Ces pistes sont intrinsèquement perturbées par le franchissement des lacunes des cœurs et les transferts entre pointes et pattes de lièvres ou rails coudés.
 - Un défaut de gauche G3 a justifié l'ouverture d'une fiche d'analyse de défaut - annexe 4 - qui n'a pas permis de retrouver celui-ci. A ce propos, l'analyse présentée en annexe 3 démontre l'impact de la vitesse sur la chaîne de mesure mécanique des Mauzin et l'apparition de défauts sur la graphique sans qu'ils n'aient de réalité objective.

La géométrie de la TJD est dans le niveau courant des appareils de voie de ce type.

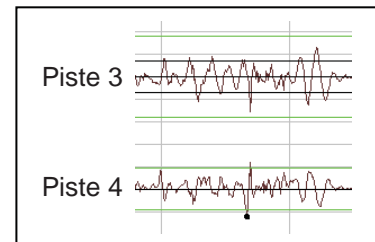
Au 25 février 2013, elle ne présente pas d'anomalie significative.

4.1.2. Zone située en aval de la TJD

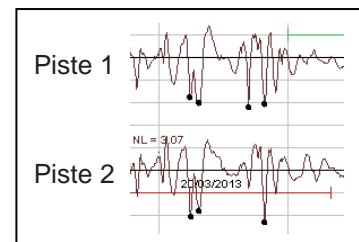
- Sur les pistes 5 - 6 et 7 ci-contre, les enregistrements du dressage et de l'écartement correspondent à ceux d'une voie posée en barres normales, fortement circulée et âgée de 22 ans. On peut notamment constater sur la piste 7 - écartement - le pic vers le haut correspondant au rappel du contre-rail du branchement 21.



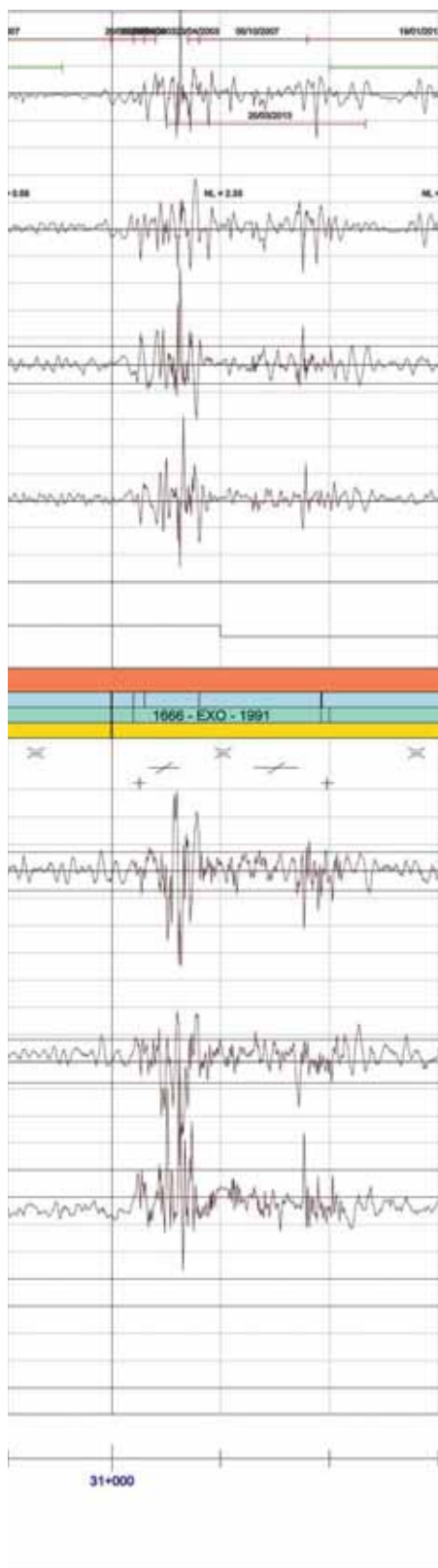
- Pistes 3 et 4 de nivellement transversal : les graphiques montrent une voie en deçà des valeurs d'alerte - VA - sur ces paramètres sauf pour le paramètre G3 - piste 4- qui présente une valeur d'alerte VA au franchissement du cœur de croisement du branchement 21.



- Pistes 1 et 2 : nivellement longitudinal : ces pistes montrent une géométrie assez perturbée avec atteinte des seuils d'alerte VA de la norme. Ceci peut résulter des tassements inéluctables consécutifs à la mise en place du nouveau pont-rail. Cette situation est suivie et une intervention a été réalisée la nuit du 19 au 20 mars 2013. L'étude de l'enregistrement du 23 mai montrera que cette intervention a été efficace.



4.2. ENREGISTREMENT DU 23 MAI 2013



L'enregistrement du 23 mai 2013 est présenté ci-contre.

4.2.1. TJD 6/7/8/9

La TJD 6/7/8/9 est bien visible avec des perturbations importantes sur l'ensemble des paramètres dues à la conception de ces appareils de voie et des voitures Mauzin.

Une version anamorphosée du graphique - 1mm/m - avec repositionnement des différentes parties de l'appareil est présentée en annexe 2.

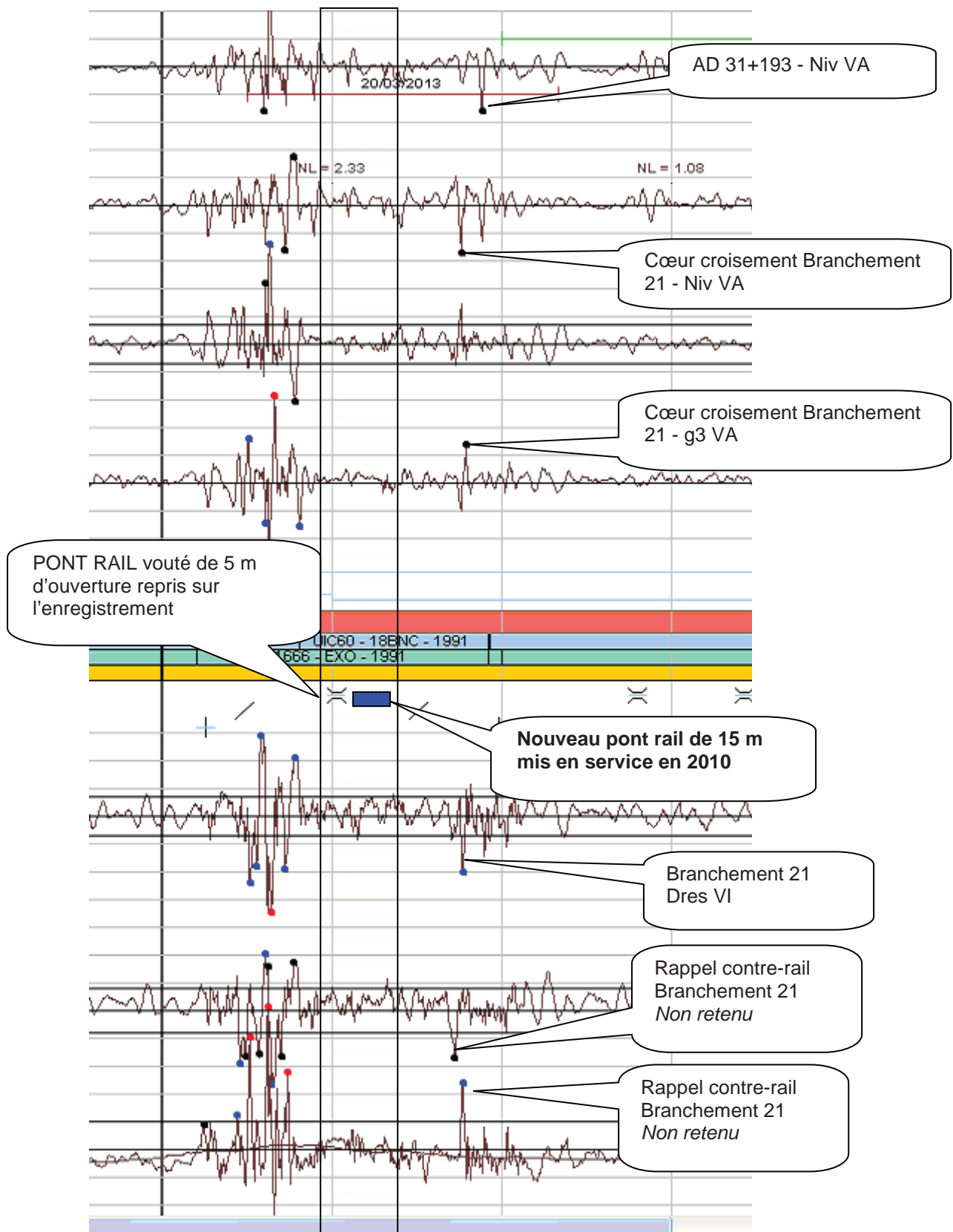
Les perturbations du graphique concernent notamment en partant du bas (piste 7) :

- Piste 7 - Ecartement - On retrouve la même forme et les mêmes valeurs que lors de l'enregistrement du 25 février 2013.
- Pistes 5 et 6 - Dressage : la situation est similaire à celle du 25 février. Il n'y a pas d'évolution notable dans la TJD. A noter que les pistes 5 et 6 sont inversées par rapport à février par suite de l'inversion de sens de la voiture d'enregistrement.
- Pistes 1 à 4 du nivellement :
 - Comme indiqué pour l'enregistrement de février, ces pistes sont intrinsèquement perturbées par le franchissement des lacunes des cœurs et les transferts entre pointes et pattes de lièvres ou rails coudés.
 - Le défaut de gauche G3 a fait l'objet d'une mesure terrain qui n'a pas permis de retrouver la valeur mesurée par la voiture 213. Comme précédemment, l'analyse présentée en annexe 3 démontre l'impact de la vitesse sur la chaîne de mesure mécanique des Mauzin et l'apparition de défauts sur la graphique sans qu'ils n'aient de réalité objective.

La géométrie de la TJD est dans le niveau courant des appareils de voie de ce type.

Au 23 mai 2013, elle ne présente pas d'anomalie significative.

4.2.2. Zone située en aval de la TJD - Zone des ponts-rails





Centre de la TJD 6/7/8/9

PONT RAIL vouté de 5 m d'ouverture repris sur l'enregistrement

Nouveau pont rail de 15 m mis en service en 2010



La zone des ponts rails situés 60 m en aval de la TJD 6/7/8/9 de Brétigny ne présente aucune anomalie significative de géométrie sur l'enregistrement du 23 mai 2013.

Cependant, des altérations ponctuelles sur les paramètres de nivellement longitudinal (pistes 1 et 2), transversal (piste 4) et dressage (piste 5), paramètres Niv et Dres de la norme IN 1895 et G3 de la norme IN 2640, sont présents 115 m en aval dans le croisement du branchement 21 et à 128 m au franchissement de l'appareil de dilatation du PK 31+193.

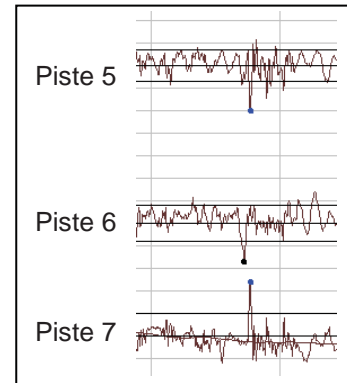
L'altération du paramètre Dres VI dans le croisement du branchement 21 - piste 6 - est assez classique, et peut alors faire l'objet d'une investigation (orientation du cœur, rappel de palpeur dans la patte de lièvre, protection de pointe élevée).

Les altérations qui atteignent les seuils d'alerte VA impliquent une reconnaissance de la cause (cœur de croisement et AD en l'occurrence) et un suivi de l'évolution des paramètres lors des enregistrements suivants.

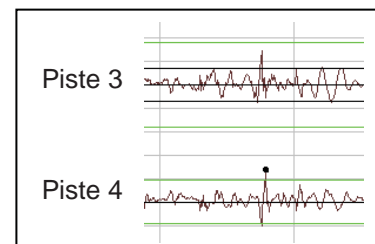
Les défauts de Dres et Ecartement (pistes 5 -7) sont dus au rappel des palpeurs de la voiture Mauzin par le contre-rail lors du passage dans le croisement du branchement 21. Ils ne sont donc pas retenus comme des anomalies.

DOCUMENT INTERNE SNCF

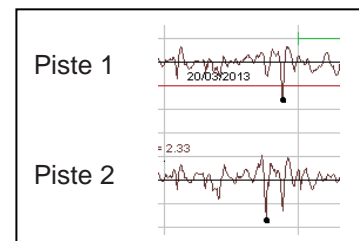
- Sur les pistes 5 - 6 et 7 ci-contre, les enregistrements du dressage et de l'écartement correspondent à ceux d'une voie posée en barres normales, fortement circulée et âgée de 22 ans. On peut notamment constater sur la piste 7 - écartement - le pic vers le haut correspondant au rappel du contre-rail du branchement 21, plus marqué qu'en février. Sur la file 6, ce rappel est aussi plus marqué.



- Pistes 3 et 4 de nivellement transversal : les graphiques montrent une voie en valeur d'objectif à l'exception des paramètres Ed et G3 - pistes 4 et 5 au franchissement du cœur de croisement du branchement 21.



- Pistes 1 et 2 : nivellement longitudinal : L'enregistrement montre une géométrie satisfaisante de la voie entre la TJD 6/7/8/9 et le branchement 21. Le croisement du branchement 21 et l'appareil de dilatation qui le suit restent affectés d'une altération du nivellement. L'opération de bourrage de la nuit du 19 au 20 mars au franchissement de la zone remaniée à la suite de la mise en place du nouveau pont-rail a d'obtenir un l'enregistrement 2 mois après l'intervention qui se situe toujours en valeur d'objectif VO.

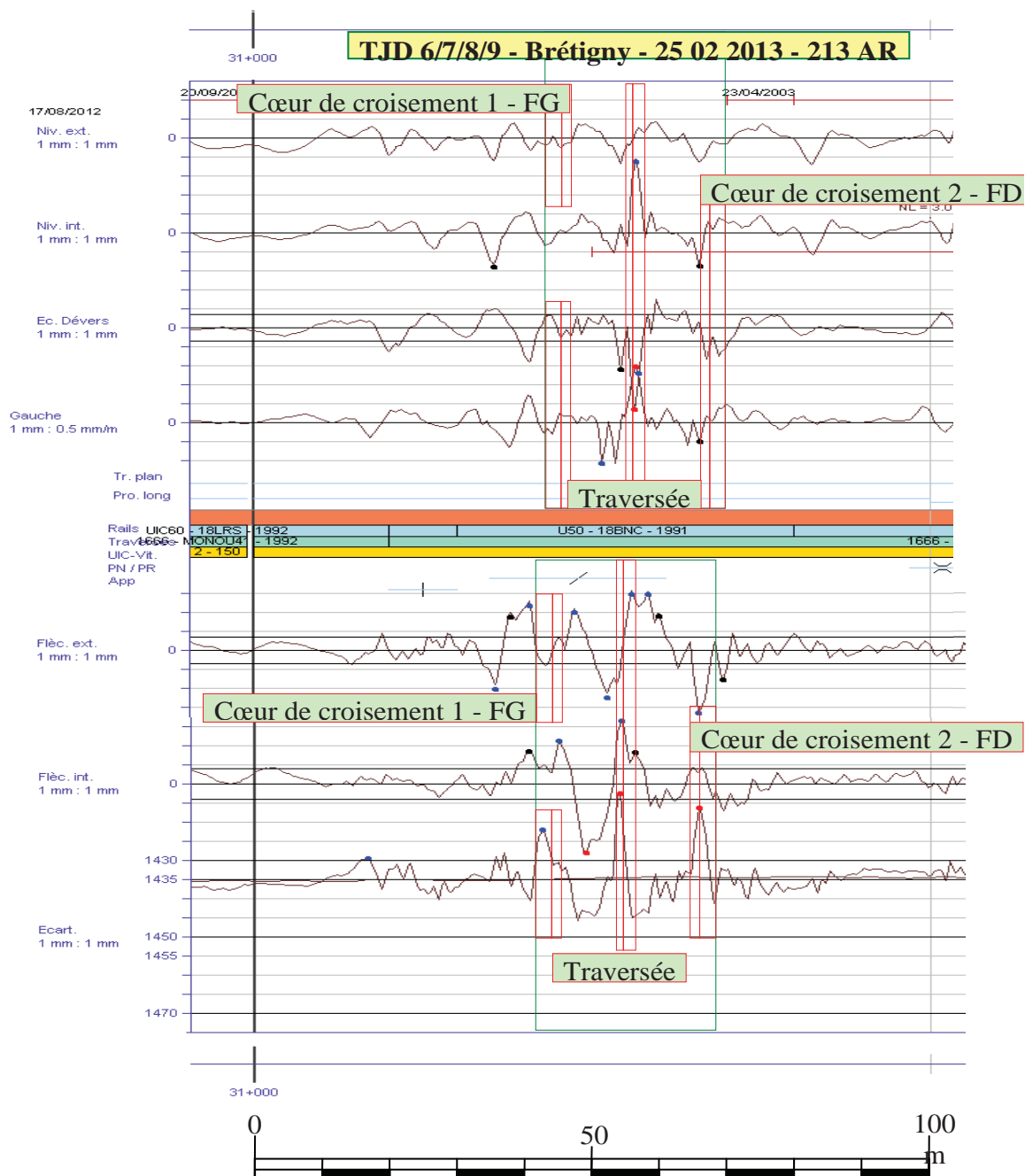


Globalement, cette zone ne présente pas d'anomalie significative au 23 mai 2013.

Annexe 1. Détails de l'enregistrement Mauzin du 25 février 2013-10-03

L'extrait de l'enregistrement du 25 février 2013 - MZ 213 AR - ci-dessous précise la position de l'appareil et du cœur de traversée de la file droite (file 1 - Niv. Int.).

Cet enregistrement a été étiré à une échelle longitudinale de 1 mm / m.



Annexe 2. détails de l'enregistrement Mauzin du 23 mai 2013

L'extrait de l'enregistrement du 25 février 2013 - MZ 213 AR - ci-dessous précise la position de l'appareil et du cœur de traversée de la file droite (file 1 - Niv. Int.).

Cet enregistrement a été étiré à une échelle longitudinale de 1 mm / m.



DOCUMENT INTERNE SNCF

Annexe 3. ANALYSE DU DEFAUT DE NIVELLEMENT APPARAISSANT SUR LES GRAPHIQUES - ARTEFACT SUR LA MESURE

La bosse apparaissant sur la file intérieure des graphiques d'enregistrement est située entre les deux joints d'extrémité de la file voie 1 du cœur de traversée.

Le défaut apparaît généralement en dépassement des seuils normés sur les enregistrements réalisés avec des voitures Mauzin.

Il n'apparaît jamais sur les enregistrements réalisés par le VT2.

Outre le défaut VA ou VI sur le paramètre Niv, ce défaut peut induire en parallèle un défaut significatif (VI voire VR les 25 février et 23 mai 2013) sur les paramètres g3 et Ed. Cette situation n'apparaît jamais sur les enregistrements VT2.

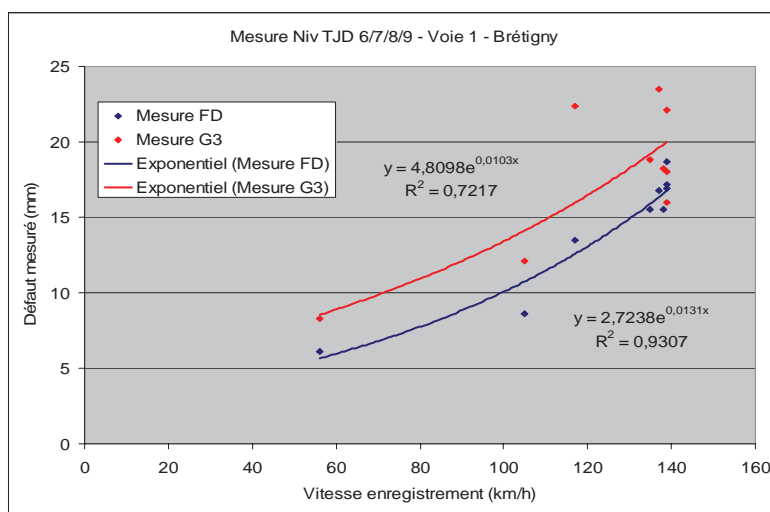
Le 25 février et dans d'autres circonstances, les mesures terrain ont confirmé l'absence de valeurs VR telles que mesurées par les Mauzin.

Une étude historique du défaut sur la période du 14 mars 2011 au 25 mai 2013 (13 enregistrements) montre une grande variabilité de la valeur mesurée. Comme dit plus haut, cette variabilité apparaît notamment entre VT2 et Mauzin, mais aussi pour certains enregistrements Mauzin.

La récupération de l'information « Vitesse lors de l'enregistrement » et l'analyse des résultats (tableau et graphique ci-après) montre une corrélation entre la valeur du défaut et la vitesse du vecteur pour la file droite (en bleu).

Cette corrélation se retrouve aussi sur le défaut G3 qui apparaît **surévalué d'environ 10 mm.**

Vitesse	Date	MZ	Sens	Mesure FD	Mesure FG	Mesure G3
56	26/09/2011	211	AR	6,1	2,46	8,3
105	19/09/2012	213	AR	8,6	3,31	12,1
117	13/11/2012	213	AV	13,5	5,63	22,4
135	28/11/2012	216	AV	15,5	5,83	18,8
137	23/05/2013	213	AV	16,8	5,46	23,5
138	25/05/2012	213	AR	15,5	4,66	18,2
139	25/02/2013	213	AR	18,7	2,51	22,1
139	24/05/2012	213	AR	16,9	4,8	18
139	14/03/2011	211	AR	17,2	4,6	16



DOCUMENT INTERNE SNCF

HISTORIQUE DES ENREGISTREMENTS DE GEOMETRIE

L'historique qui suit présente les enregistrements du nivellement des deux files de rails réalisés depuis le 14 mars 2011 ayant servi de base à cette étude.

Au stade actuel de l'analyse, une part des défauts mesurés par les Mauzin pourrait résulter d'un artefact lié à l'effet des impacts dynamiques dus à des discontinuités de la table de roulement sur la chaîne de mesure des voitures mais aussi à des déformations élastiques de la voie sous l'effet desdits impacts.

Date	Vecteur	Défaut	Vitesse	Graphique
23 05 2013	MZ 213 AV	VI 16.8	137	
25 02 2013	MZ 213 AR	VI 18.7	139	
06 02 2013	VT2	RAS	44	

Date	Vecteur	Défaut	Vitesse	Graphique
28 11 2012	MZ 216 AV	VI 15.5	135	
13 11 2012	MZ 213 AV	VI 13.5	117	
19 09 2012	MZ 213 AR	RAS 8.6	105	
04 09 2012	VT2	RAS	35	

Date	Vecteur	Défaut	Vitesse	Graphique
25 05 2012	MZ 213 AR	VI 15.5	138	
24 05 2012	MZ 213 AR	VI 16.9	139	
23 02 2012	VT2	RAS	45	
15 11 2011	VT2 AV	RAS	36	

Date	Vecteur	Défaut	Vitesse	Graphique
26 09 2011	MZ 211 AR	RAS	56	
14/03/2011	MZ 211 AR	VI 17.2	139	

DOCUMENT INTERNE SNCF

Annexe 7 : Compte rendu de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013

Inrapôle : Sud Ouest Reçu par le DPX le : 04.10.2013...
 Unité : UP VOIE EVO Analysé par le DPX le : 04.10.2013...
 Secteur : Secteur de Saisi par le DPX le : 04.10.2013..

Tournée à thème : Voie + Adv
 Equipe de : Brigade 1
 Tournée : B1 PK : Voies 1, 1bis, 2, 2bis du km 27+300 au 31+500
 Ligne : Paris à Bordeaux

Sens de la tournée :
 0
 V1bis → vers SF Ec.
 Puis
 V2bis → vers Bret

Nom de l'agent de tournée : [REDACTED]
 Date de la tournée : 04.10.2013.

Signature : //

Légende : UO : immédiat / U1 : 30 jours / U2 : 3 mois / S : surveillance

PK DEBUT	PK FIN	Voie	Urg	Constatations	Evolution
,300		V2bis	U2	Carnet tourné HS	Présent mais en sale état
27,710		V1bis	S	Rail à ramasser	
27,710		V1bis	S	Rail à ramasser	
27,900		1	S	Vérifier les cartouches des détos (à chaque tournée) des carrés 565 et 765. Comptabiliser le nombre de	
27,900		ADV V1	S	Vérifier les cartouches de détos (à chaque tournée) des carrés 565 et 765. Comptabiliser le nombre de	A changer de PK.
27,900		ADV V1BI	S	Vérifier les cartouches de détos (à chaque tournée) des carrés 565 et 765. Comptabiliser le nombre de	
28,200		V2bis	U2	Hecto à replacer	
28,200		V2bis	U2	Defaut Niv transversal sur 20m	
28,500		V1	U1	2 Butées d'aiguille à resserer BS 19 FD	Toujours
29,000		V1bis	U2	Pancatre tagué	TJS
29,000		V2bis	U2	PK à remplacer (Tagué)	TJS
29,000		V2bis	U2	Pancarte illisible	
29,420	29,350	V2bis	U2	Mirliton à nettoyer	(D)
29,790		V1/2	S	2 Rail à ramasser	Toujours
29,900		V1/N 2	S	Rail à ramasser	Toujours
29,920	29,370	T	U2	Coupons entrevoie 1/2 à ramasser km 29,920, km 29,770 et km 29,370.	
29,970		V1/N 2	S	Rail à ramasser	Toujours
30,060		V1bis	S	Rail à ramasser	Toujours
30,270		V1bis	U2	Defaut Dress sur 20m	OK (D)
30,300	30,500	V1bis	U2	Mirliton à nettoyer	PAS (D)
30,650		V2	S	BS 28 encastrement important	Toujours

31,000	31,120	V1/1 bis/2/	U2	Serrage attaches indirecte	
31,020		V1bis	S	Arrachement de metal coeur 11092 TJ5/3 + fissure	Toujours
31,080		V1	U2	RR à refaire coeur 11445	OK 😊
31,110		2bis	U2	Pointe aiguille 14 VD Profil JIC à refaire sur FG	
31,120		V2bis	U2	Attaches desserer sur Aig 16/17	deja écrit
31,130		V1	U2	RR à refaire FG	OK 😊
31,150		V2	U2	AD à ébavurer et meuler	Toujours.
31,150		V1	U2	RR à refaire FD	OK 😊
31,180		V6	S	Fissure coeur 50921 sur bande de roulement	Toujours
31,480		1bis	U2	ferraille à ramasser	OK 😊
31,500		1 bis	U2	aig 63 : 1/2 aig de droite à meuler à 30 cm	😊 bon
31,500		V1bis	U2	Plaque ZEP à replacer BS 63	Toujours (interle 1)
31,500		V1bis	U2	Rail + aiguille à ramaser BS 63	Entre voie 3/5 + 1 voie 3/5 rails
31,540		V1bis	U2	Profil de joint à refaire BS 63 FD déviée	OK 😊
		V10	U2	TB et feraille à ramasser	Toujours

PK DEB	PK FIN	Voie	Urg	Constatations
29+60				Panneau Signalisation caché.
31+450		V2	S	3 rails à ramasser : 2 V1/V2 et 1 voie 2/voies.
31+500		V3	S	Matériel à ramasser : serrailles + Tirefonds + bockers + Cde Vr (bockers flans)
31+200		V1bis	S	JIC BS23 à nettoyer peindre.
31+150		V2/V1	S	rail à ramasser.
31+150		V1bis	U2	1 Bois à remplacer + 6 vieux à enlever.
31+050		V1bis	S	Coeur n° 11 092 côté Provins récaillage important. 😊
31+020		V1bis	S	M 83 008 2 grosses fissures.
29+590		V1/V2	S	Rail à ramasser + 2 x 3 Cds avec éclisses.
27+320		V1bis	U2	Bockers Coulé de boue.
28+500		V1bis	S	Plage de densité - Sur 6 traverses - G3 ?
28+400		V1bis	S	1 cartache de déto.

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

Tour Voltaire – 92055 LA DEFENSE CEDEX
Tél. : +33(0)1 40 81 21 83 – Fax : + 33(0)1 40 81 21 50

cgpc.beatt@developpement-durable.gouv.fr
www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

