

RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE
sur le déraillement
du train Intercités n° 3657
le 12 juillet 2013
à Brétigny-sur-Orge (91)

Septembre 2015

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

N° ISRN : EQ-BEAT--15-10--FR

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

Avertissement

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

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

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	11
AVANT-PROPOS.....	13
RÉSUMÉ.....	15
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	17
1.1 - L'accident.....	17
1.2 - La situation après l'accident.....	17
1.3 - Les secours et le bilan humain.....	18
1.4 - L'identification de la cause directe du déraillement.....	18
1.5 - Les mesures prises après l'accident.....	19
1.5.1 -Le rétablissement des circulations.....	19
1.5.2 -La campagne nationale de vérification des traversées de voies principales.....	19
1.6 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	20
2 - LE CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	21
2.1 - La ligne ferroviaire.....	21
2.2 - La gare de Brétigny-sur-Orge.....	22
2.3 - Le train Intercités n° 3657.....	22
2.4 - Généralités sur les appareils de voie.....	23
2.4.1 -Le branchement simple.....	23
2.4.2 -La traversée jonction double.....	24
2.5 - Le retour d'expérience sur des événements similaires.....	28
3 - LES INVESTIGATIONS SUR LES CIRCONSTANCES ET LES CAUSES IMMÉDIATES DE L'ACCIDENT.....	29
3.1 - Les déclarations des conducteurs.....	29
3.1.1 -Les déclarations du conducteur du train Intercités n° 3657.....	29
3.1.2 -Les déclarations du conducteur du train croiseur n° 3700.....	29
3.2 - L'examen des enregistrements graphiques.....	29
3.3 - Les investigations portant sur le matériel roulant.....	30
3.3.1 -La composition du train n° 3657.....	30
3.3.2 -Les investigations portant sur les véhicules du train n° 3657.....	30
3.3.3 -Les inspections des trains précédents.....	32
3.3.4 -Conclusions des investigations effectuées sur le matériel roulant.....	32
3.4 - Les investigations portant sur les voies.....	33
3.4.1 -Les constats immédiats.....	33
3.4.2 -La cause immédiate du déraillement.....	35

3.5 - La reconstitution de la rotation de l'éclisse.....	35
3.5.1 -La vérification de la possibilité de rotation.....	35
3.5.2 -Les mécanismes pouvant provoquer la rotation de l'éclisse.....	36
3.6 - Les trajectoires des véhicules après le déraillement.....	38
4 - LE DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....	41
4.1 - La circulation du train n° 3657 et le déraillement.....	41
4.2 - Les mesures immédiates de protection.....	41
5 - LES INVESTIGATIONS PORTANT SUR LA DÉFAILLANCE DE LA TRAVERSÉE JONCTION DOUBLE 6/7/8/9.....	43
5.1 - Généralités sur les traversées de la gare de Brétigny-sur-Orge.....	43
5.2 - L'expertise de l'état général de la TJD 6/7/8/9 déposée après l'accident.....	44
5.2.1 -Les constats.....	44
5.2.2 -Les normes et prescriptions.....	44
5.2.3 -L'analyse.....	45
5.3 - Le scénario des défaillances de la boulonnerie du joint éclissé désassemblé.....	46
5.3.1 -L'identification et l'expertise visuelle des pièces de boulonnerie prélevées à proximité du joint.....	46
5.3.2 -Le séquençement probable des défaillances de la boulonnerie.....	51
5.4 - La chronologie des défaillances du joint éclissé désassemblé.....	53
5.4.1 -Les défaillances des boulons n° 1, 2 et 4.....	53
5.4.2 -La rupture des deux boulons ayant occupé le trou n° 3.....	54
5.4.3 -La fissuration de l'about du cœur de traversée.....	54
5.5 - Éléments de synthèse.....	55
6 - LES INVESTIGATIONS PORTANT SUR LA MAINTENANCE DE LA TRAVERSÉE JONCTION DOUBLE 6/7/8/9.....	57
6.1 - Généralités sur la maintenance des appareils de voie.....	57
6.1.1 -La maintenance de la géométrie de la voie.....	57
6.1.2 -La maintenance spécifique des appareils de voie sur voies principales.....	57
6.1.3 -La surveillance.....	57
6.1.4 -Les interventions programmées.....	59
6.1.5 -La maintenance corrective.....	59
6.1.6 -La régénération.....	60
6.2 - Les défaillances des appareils de voie.....	60
6.2.1 -L'analyse des modes de défaillance.....	60
6.2.2 -La rapidité d'évolution des défauts des assemblages boulonnés.....	60
6.2.3 -La rapidité d'évolution des fissures des abouts de cœur d'appareil de voie.....	61
6.3 - La maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	62
6.3.1 -Le schéma de maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	62
6.3.2 -L'historique de la maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	62
6.3.3 -Les constatations effectuées au cours des dernières opérations de maintenance.....	63

6.4 - La tournée de surveillance du 4 juillet 2013.....	64
6.4.1 -L'organisation des tournées.....	64
6.4.2 -La consistance de la tournée du 4 juillet 2013.....	65
6.4.3 -La réalisation de la tournée.....	65
6.4.4 -Les constats effectués.....	66
6.4.5 -Les limites de la détection visuelle d'une anomalie.....	66
6.5 - Éléments de synthèse.....	68
7 - LES INVESTIGATIONS PORTANT SUR LE MANAGEMENT DE LA MAINTENANCE DE LA VOIE.....	71
7.1 - Quelques définitions.....	71
7.2 - Le contexte national.....	71
7.2.1 -Le vieillissement du réseau ferroviaire et ses conséquences sur le fonctionnement des équipes.....	71
7.2.2 -L'évolution de l'organisation de la maintenance de l'infrastructure.....	78
7.2.3 -Le management de la qualité de la maintenance et de la sécurité.....	80
7.3 - La situation de l'infrapôle sud-ouest francilien.....	81
7.3.1 -Le patrimoine ferroviaire géré.....	81
7.3.2 -Les ressources humaines.....	82
7.3.3 -L'évaluation externe de la qualité et de la sécurité au sein de l'ISOF.....	83
7.4 - Le fonctionnement du secteur voie de Brétigny-sur-Orge.....	85
8 - L'ANALYSE DES CAUSES DE L'ACCIDENT ET LES ORIENTATIONS PRÉVENTIVES...	87
8.1 - Les causes du déraillement et les facteurs associés.....	87
8.2 - Les orientations préventives et les recommandations portant sur les appareils de voie et leur maintenance.....	88
8.2.1 -La maîtrise des assemblages boulonnés des appareils de voie.....	88
8.2.2 -Le ressenti de la criticité des défaillances de la boulonnerie.....	89
8.2.3 -L'efficacité du processus de surveillance.....	89
8.2.4 -L'adaptabilité du schéma de maintenance des appareils de voie.....	90
8.3 - Les orientations préventives et les recommandations portant sur le management de la maintenance du réseau ferré national.....	91
8.3.1 -La mise sous contrôle de l'amélioration de l'état général de l'infrastructure ferroviaire.....	91
8.3.2 -L'anticipation des besoins de recrutement.....	92
8.3.3 -La gestion de l'encadrement des établissements en charge de la maintenance.....	92
8.3.4 -Le renforcement des contrôles et des audits.....	93
9 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	95
9.1 - Les causes de l'accident.....	95
9.2 - Les recommandations.....	96
ANNEXES.....	99
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	101
Annexe 2 : Relevé des cotes des essieux des véhicules du train n° 3657.....	103
Annexe 3 : Expertise visuelle des essieux des véhicules du train n° 3657.....	105

Annexe 4 : Historique de la maintenance des véhicules du train n° 3657	113
Annexe 5 : Expertise visuelle des pièces prélevées à proximité du joint éclissé à l'origine de l'accident.....	115
Annexe 6 : Analyse de la géométrie de la zone de la traversée jonction double 6/7/8/9.....	119
Annexe 7 : Compte rendu de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013.....	141

Glossaire

- **AC** : Agent Circulation
- **ASNO** : Audit de Sécurité National Opérationnel
- **AST** : Audit de Sécurité Territorial
- **BS** : Branchement Simple
- **CETIM** : Centre Technique des Industries Mécaniques
- **CEV** : Chef d'Équipe Voie
- **CG** : Conduite Générale de frein
- **CHSCT** : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **DPX** : Dirigeant de ProXimité
- **EVO** : Essonne - Val d'Orge
- **ISOF** : Infrapôle Sud-Ouest Francilien
- **PK** : Point Kilométrique
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **RFF** : Réseau Ferré de France, gestionnaire du réseau ferré national au moment de l'accident
- **SAL** : Signal d'Alerte Lumineux
- **SAR** : Signal d'Alerte Radio
- **SNCF** : Société Nationale des Chemins de fer Français, entreprise ferroviaire et, au moment de l'accident, gestionnaire délégué du réseau ferré national
- **SNCF Réseau** : Actuel gestionnaire du réseau ferré national
- **TA** : Technicien d'Appui
- **TJD** : Traversée Jonction Double
- **TO** : Technicien Opérationnel
- **TP** : Territoire de Production
- **VA** : Valeur d'Alerte
- **VI** : Valeur d'Intervention
- **VO** : Valeur d'Objectif
- **VR** : Valeur de Ralentissement

Avant-propos

Le présent rapport conclut l'enquête technique que le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a conduite sur le déraillement du train Intercités n° 3657 survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge.

Afin d'en faciliter la lecture, il reprend l'ensemble des données, constats et éléments d'analyse figurant dans notre rapport d'étape établi et diffusé en janvier 2014.

Ainsi, ses quatre premiers chapitres qui rappellent les circonstances de cet accident, précisent les caractéristiques générales de l'infrastructure et du matériel ferroviaires impliqués, détaillent les constats faits sur les lieux et décrivent la cinématique du déraillement sont-ils identiques à ceux du rapport d'étape.

Le chapitre 5 a été complété par une analyse de l'état général de la traversée jonction double sur laquelle ce déraillement s'est produit. Sur la base des résultats ressortant de l'expertise métallurgique réalisée par le centre technique des industries mécaniques et sous réserve des compléments qui pourraient leur être apportés, ce chapitre affine le scénario du désassemblage du joint éclissé qui a cédé et précise les moments auxquels sont survenues les anomalies qui l'ont affecté.

Après avoir décrit les différentes opérations de maintenance auxquelles l'appareil de voie précité était soumis, le chapitre 6 explicite les défaillances ayant marqué leur mise en œuvre qui ont joué un rôle dans le désassemblage du joint éclissé à l'origine du déraillement considéré.

Le chapitre 7 identifie les facteurs systémiques, managériaux, organisationnels et humains, qui, à un titre ou à un autre, ont pu contribuer aux défauts d'exécution de ces opérations de maintenance.

Le chapitre 8 récapitule les causes de l'accident concerné et en dégage les orientations préventives. Il détaille les recommandations de sécurité que le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre adresse au gestionnaire du réseau ferré national pour se prémunir contre un déraillement similaire.

Le chapitre 9 conclut le rapport.

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 personnes, dont 11 sont grièvement atteintes. Quelque 200 autres personnes présentes dans ce train ou dans la gare de Brétigny-sur-Orge sont, en outre, extrêmement choquées ou subissent des préjudices matériels.

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, 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'ornière de passage de roue de ce cœur par l'éclisse intérieure du joint¹ le raccordant à une aiguille. Pour se loger dans cette ornière, 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 a débuté par la rupture de la tête du troisième¹ de ces boulons qui a cédé entre un et huit mois avant l'accident considéré.

Il a été favorisé par une fissuration en étoile qui s'était développée depuis 2008 dans l'âme de l'about du cœur de traversée incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache entraînant des efforts supplémentaires anormaux dans ce troisième boulon qui ont contribué à la rupture de sa tête.

Les trois autres boulons ont ensuite cédé, l'un en se dévissant, les deux autres par rupture de leur tête, vraisemblablement quelques jours seulement avant le déraillement qui a affecté le train Intercités n° 3657.

Alors que la traversée jonction double 6/7/8/9 était, comme ses voisines, connue pour les difficultés récurrentes qu'elle posait, trois défaillances des différents processus de maintenance auxquels elle était soumise ont, de fait, permis cette situation :

- la non-détection lors de la tournée de surveillance réalisée le 4 juillet 2013, voire lors de tournées de surveillance antérieures, de la rupture du troisième boulon du joint qui s'est désassemblé, conséquence probablement de la moindre attention accordée aux anomalies affectant la boulonnerie par rapport à d'autres défauts des appareils de voie considérés comme plus critiques ;

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.

- le peu de rigueur qui a dû présider à la vérification de famille B² dont cette traversée jonction double a fait l'objet en novembre 2011, pour que la fissuration qui s'était développée dans l'âme de l'about de cœur précité n'ait pas été signalée, alors qu'elle devait vraisemblablement être très avancée ;
- l'erreur d'enregistrement, en février 2008, dans le fichier de suivi des défauts de cœur de cette fissuration dont l'amorce avait alors été décelée lors de la vérification de famille B de l'appareil de voie en cause réalisée cette année là, erreur qui a rendu inopérant le processus de suivi annuel de son évolution.

Même si aucun lien de causalité direct et formel ne peut être établi avec ces défaillances, il apparaît que plusieurs facteurs managériaux, organisationnels et humains, amplifiés par les spécificités propres à la région francilienne, y ont probablement contribué :

- le vieillissement général du réseau ferroviaire qui en entraînant une multiplication des interventions de maintenance de la voie effectuées dans l'urgence pour faire face aux besoins de l'exploitation, peut conduire à différer certaines tâches considérées comme secondaires et peut ainsi modifier la représentation que les agents se font de l'état normal des installations ;
- une organisation des infrapôles³ qui peut conduire à confier l'encadrement de proximité des brigades à de jeunes cadres ne disposant pas d'une expérience et d'un recul suffisants, nonobstant leur implication et leur disponibilité ;
- des processus de contrôle et d'audit qui n'ont pas permis de détecter clairement la dérive de la qualité de certaines opérations de maintenance de la voie au sein de l'infrapôle dont relève le secteur de Brétigny-sur-Orge.

Sans attendre l'achèvement de ses investigations et sur la base des éléments qu'il avait déjà recueillis, le BEA-TT a émis dans le rapport d'étape qu'il a établi et publié en janvier 2014, trois premières recommandations portant respectivement sur la maîtrise des assemblages boulonnés, sur le renforcement des prescriptions relatives à la maintenance de la boulonnerie des appareils de voie et sur l'adaptabilité des schémas de maintenance de ces appareils.

En sus de ces préconisations que le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire met en œuvre, le BEA-TT lui adresse trois nouvelles recommandations portant sur le management de la maintenance du réseau ferré national. Elles ont trait au déploiement de la modernisation de ce réseau, à la gestion de l'encadrement dans les établissements chargés de sa maintenance ainsi qu'à la conduite des audits de la sécurité.

2 Il s'agit d'une opération lourde de surveillance des appareils de voie qui comporte, notamment, un contrôle de leurs joints impliquant un démontage des éclisses.

3 Il s'agit des établissements de la branche « *Infrastructure* » de la SNCF, maintenant de SNCF Réseau, en charge de la maintenance des infrastructures ferroviaires.

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 31,800.



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.

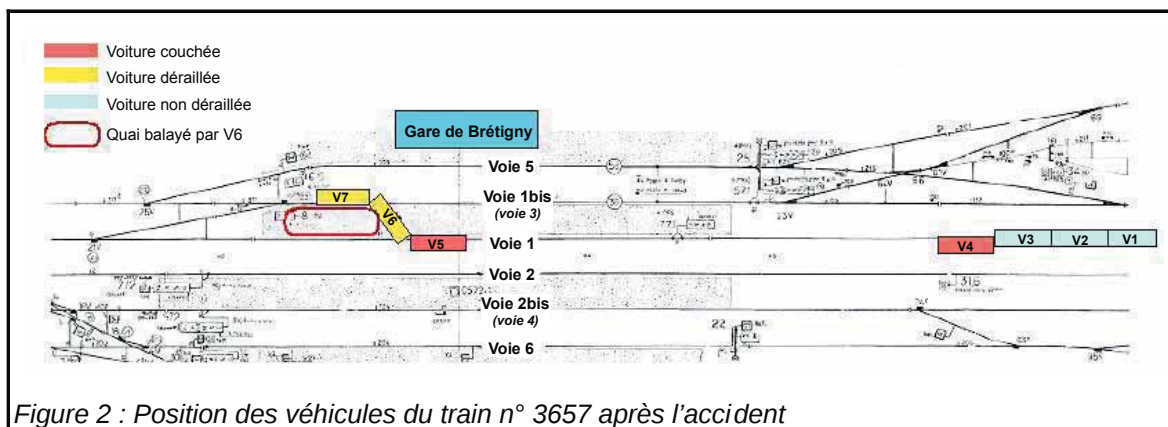


Figure 2 : Position des véhicules du train n° 3657 après l'accident

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 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 personnes, dont 11 ont été grièvement atteintes. Quelque 200 autres personnes présentes dans le train déraillé ou dans la gare de Brétigny-sur-Orge ont, en outre, été extrêmement choquées ou ont subi des préjudices matériels.

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 file droite de la traversée jonction double⁴ (TJD) n° 6/7/8/9 située sur la voie 1 à 150 mètres environ en amont du quai n° 3.

⁴ La définition d'une traversée jonction double figure dans le chapitre 2.4.2 du présent rapport.

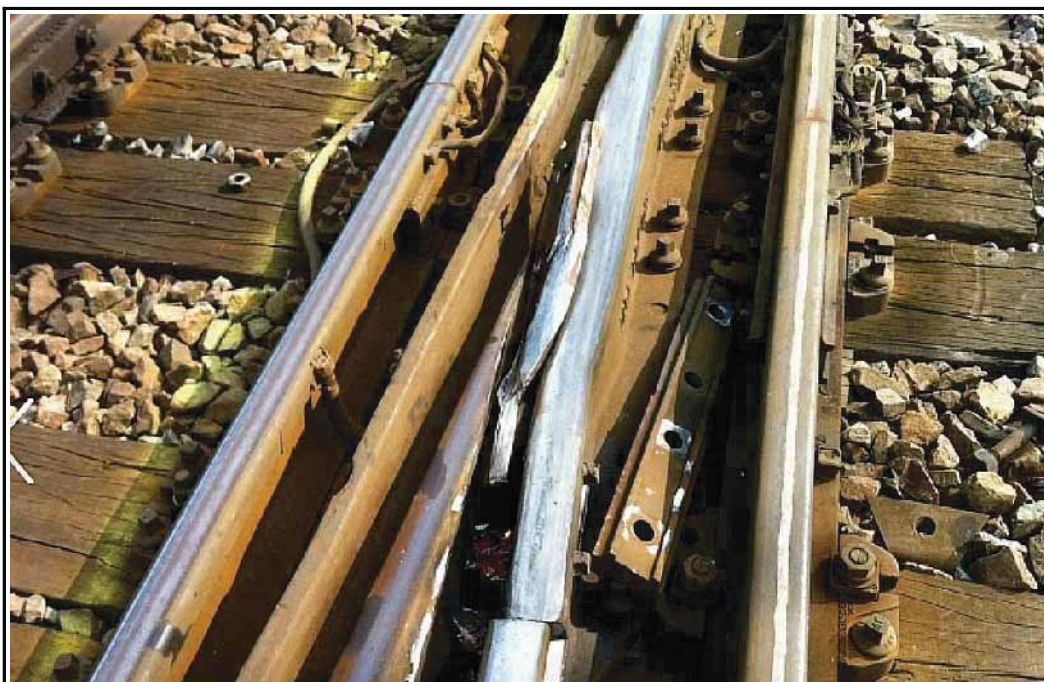


Figure 3 : Éclisse obstruant l'ornièr du cœur de la file droite de la TJD 6/7/8/9

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 attaches⁵.

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 manquait et que 5,1 % de ces boulons étaient desserrés ;
- que, selon leur type, entre 1,7 % et 4 % des attaches étaient manquantes ou desserrées.

⁵ Les termes « *boulonnerie* » et « *attache* » sont définis au chapitre 2.4.2. 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.

À cette fin, les enquêteurs techniques du BEA-TT ont procédé à des constats sur le site du déraillement, effectué des examens visuels des matériels et des pièces placés sous scellés et conduit des auditions d'agents et de dirigeants de la SNCF. Ils ont analysé les normes et référentiels applicables ainsi que les différents rapports d'enquête, d'expertise et d'audit internes à la SNCF concernant l'accident considéré, l'appareil de voie incriminé ou les services impliqués.

Ils se sont également appuyés sur :

- les résultats des campagnes de vérification et de suivi des assemblages boulonnés effectuées par la SNCF ;
- les éléments communiqués au public des rapports des experts de justice et de l'expertise métallurgique réalisée par le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) ;
- le rapport d'expertise établi à la demande du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) Essonne - Val d'Orge de l'infrapôle sud-ouest francilien (ISOF) de la SNCF.

Par ailleurs, le 10 janvier 2014, le BEA-TT a publié sur la base des premières investigations qu'il avait effectuées, un rapport d'étape qui adressait d'ores et déjà à la branche « *Infrastructure* » de la SNCF trois recommandations portant respectivement sur la maîtrise des assemblages boulonnés, sur le renforcement des prescriptions relatives à la maintenance de la boulonnerie des appareils de voie et sur l'adaptabilité des schémas de maintenance de ces appareils.

Afin d'en faciliter la lecture, le présent rapport reprend les constats et les analyses figurant dans ce rapport d'étape, qu'il complète, approfondit et élargit. En particulier, il identifie, dans son chapitre 6, les défaillances des opérations de maintenance qui ont conduit au déraillement concerné, il analyse, dans son chapitre 7, les facteurs managériaux, organisationnels et humains qui ont pu y contribuer et il formule, dans son chapitre 8, trois nouvelles recommandations de sécurité.

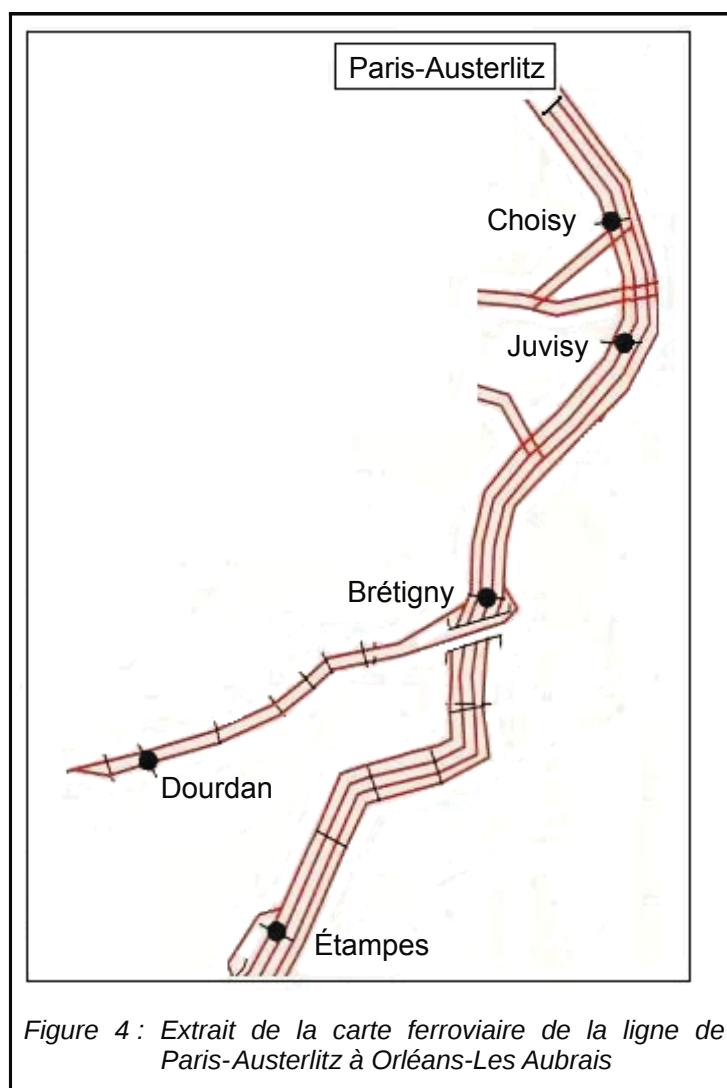
2 - Le contexte de l'accident

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 2⁶. 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.

⁶ 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.

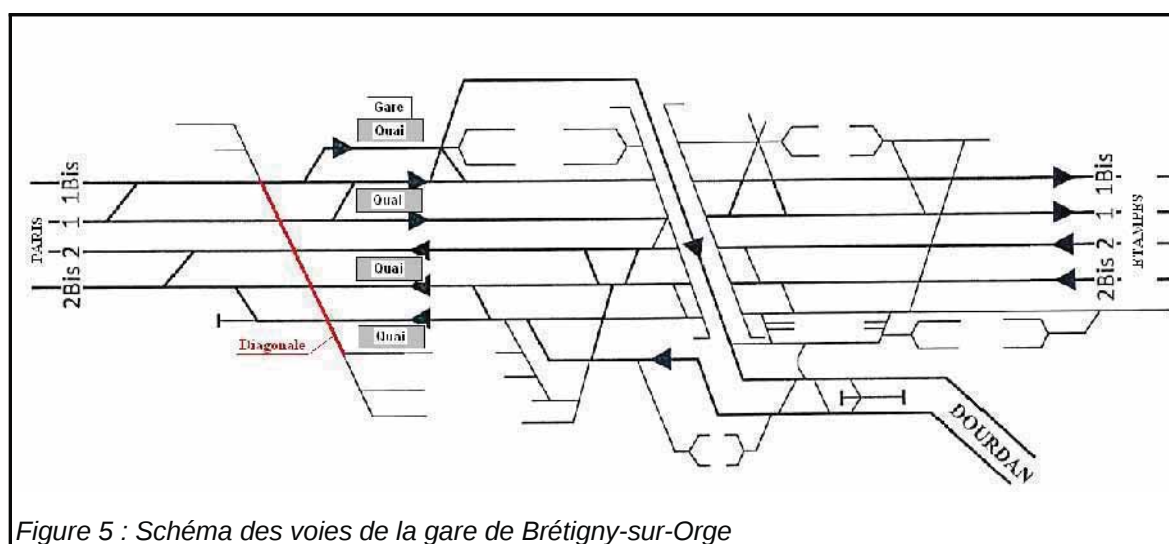


Figure 5 : Schéma des voies de la gare de Brétigny-sur-Orge

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.

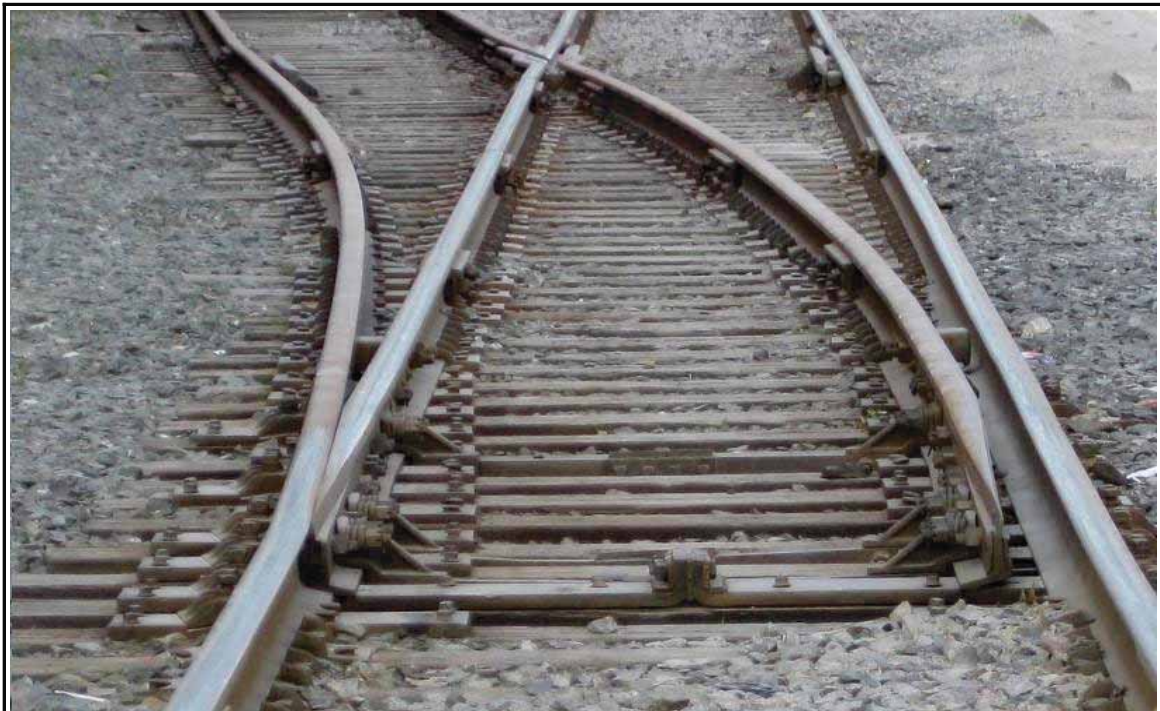
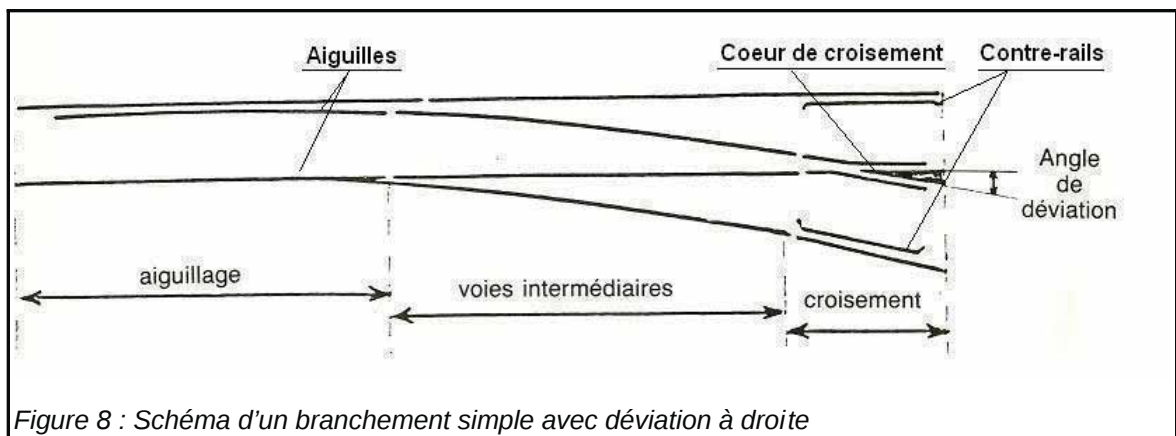


Figure 7 : Branchement simple avec déviation à gauche



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

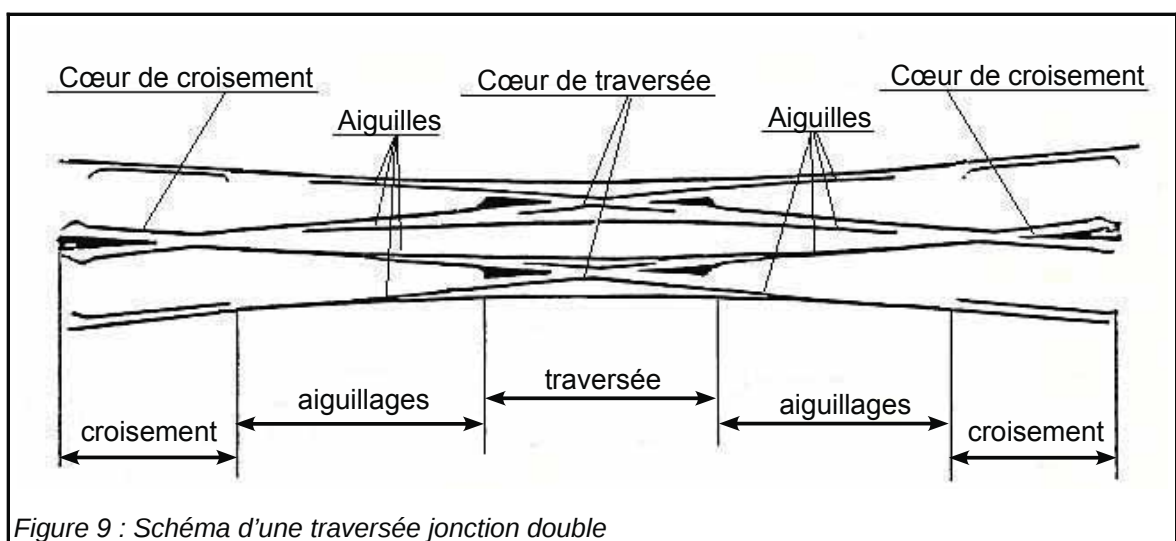
Les fonctions et les éléments constitutifs

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.



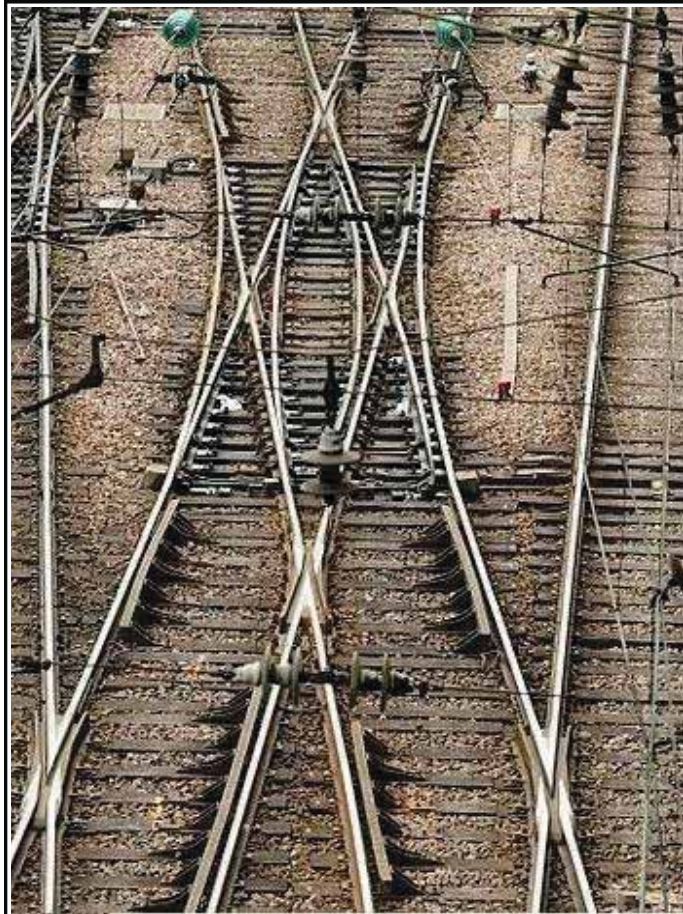


Figure 10 : Vue d'une traversée jonction double

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.

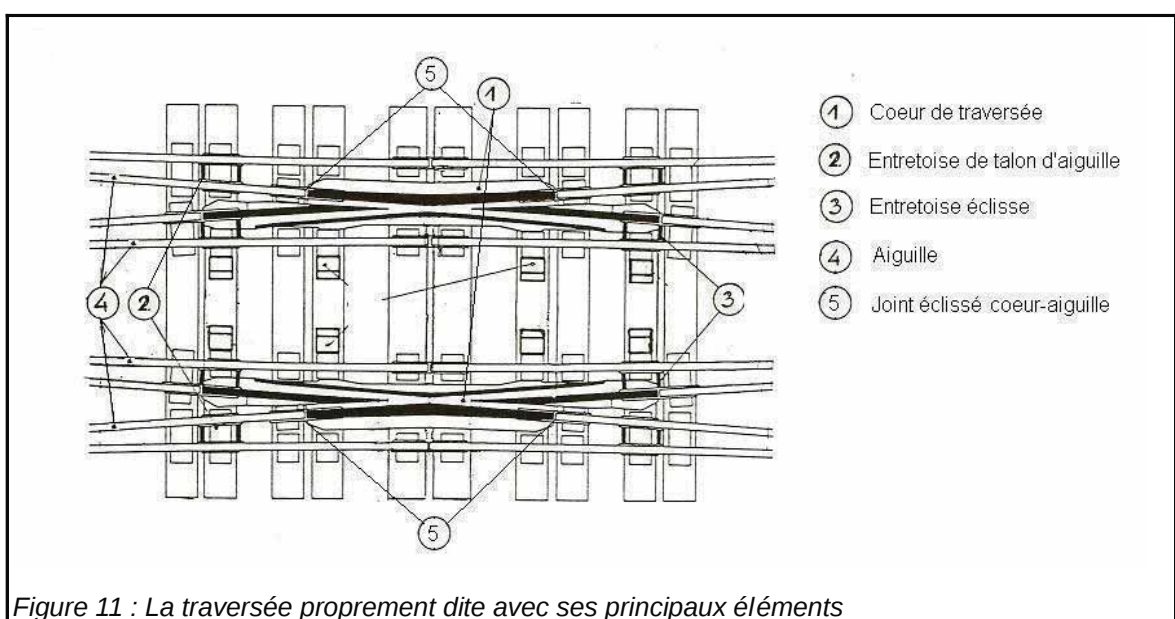
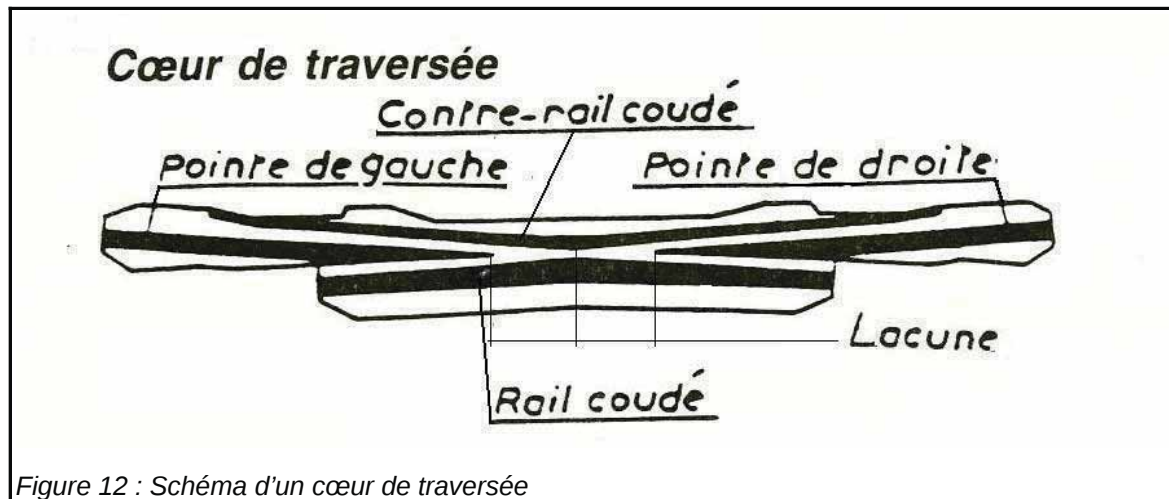


Figure 11 : La traversée proprement dite avec ses principaux éléments

Les cœurs de traversée

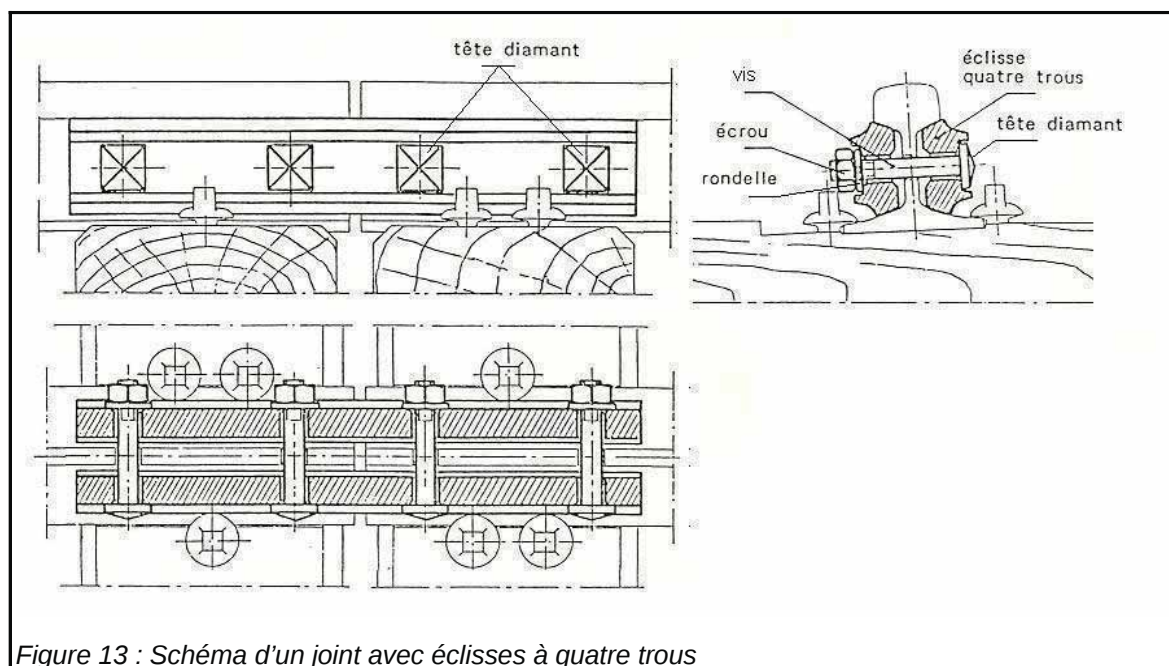
Les cœurs de traversée sont des pièces moulées en acier au manganèse. Ce type d'acier est utilisé en raison de sa résistance aux chocs, à l'usure et à la fissuration. La soudure entre l'acier au manganèse du cœur et l'acier au carbone dont les rails sont constitués est difficile et ne peut pas être faite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



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.



La boulonnerie

Dans le présent rapport, le terme « *boulonnerie* » recouvre l'ensemble des boulons⁷ 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 5.6⁸ 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* ».

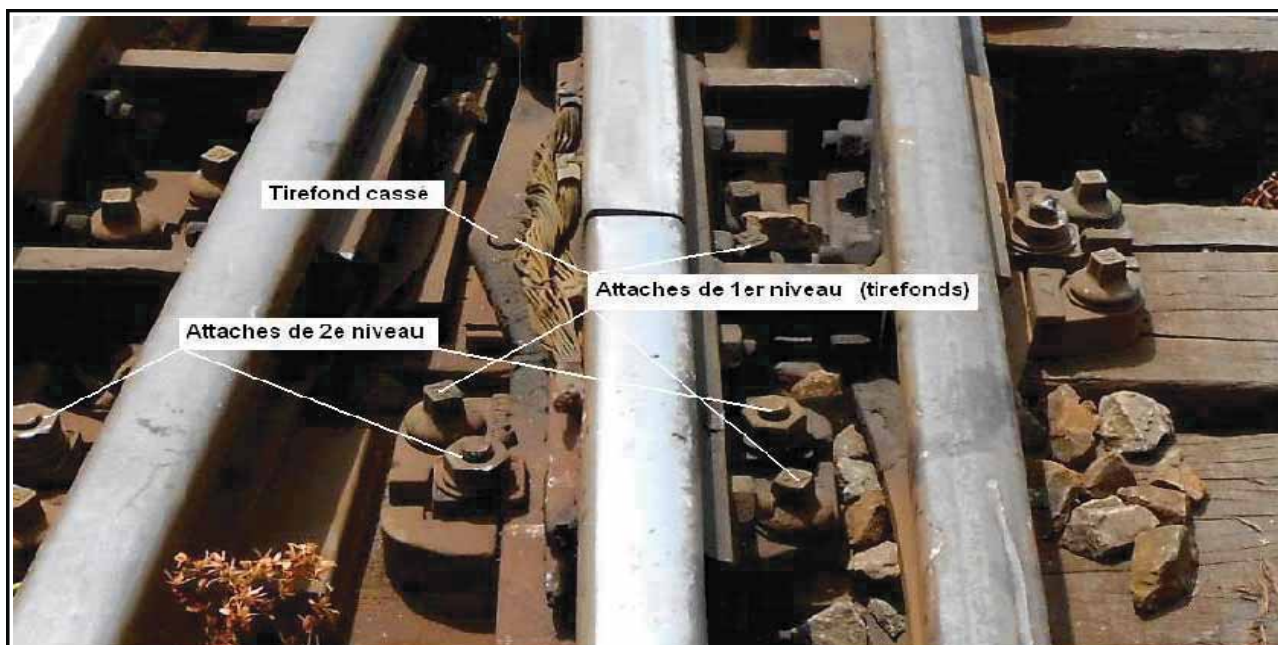


Figure 14 : Les deux niveaux d'attaches

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

8 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.

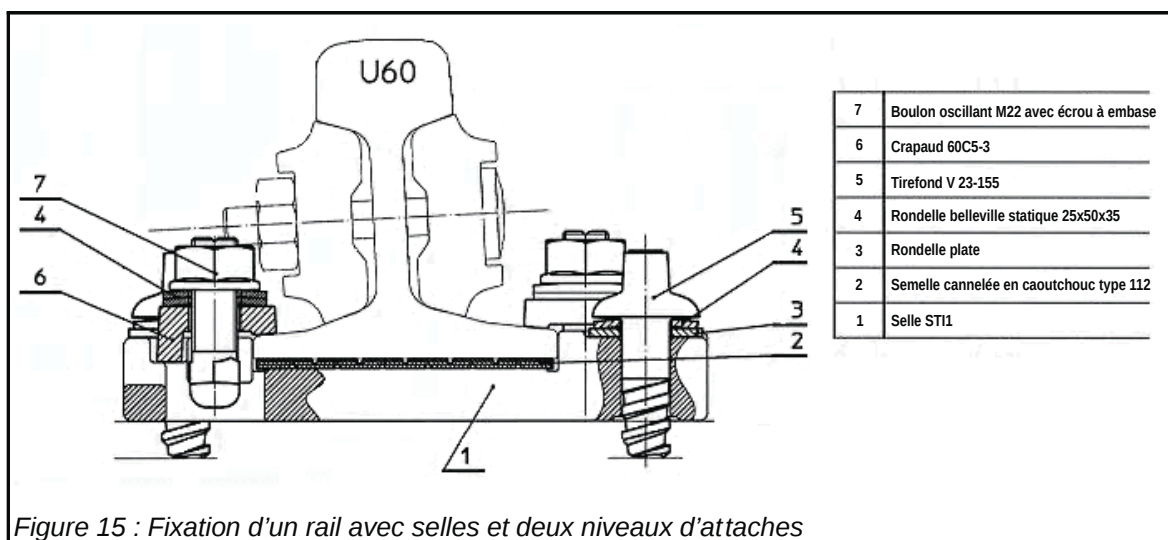


Figure 15 : Fixation d'un rail avec selles et deux niveaux d'attaches

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'ornière 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.

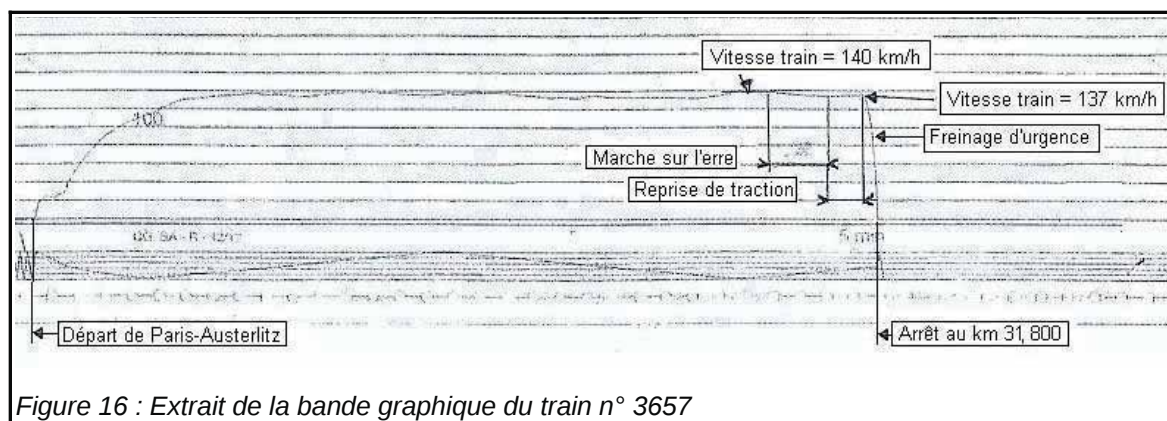
Il appelle, par la radio sol-train, le régulateur qui lui indique que la coupure d'urgence du courant de traction est effectuée et que l'agent circulation de la gare de Brétigny-sur-Orge assure la protection des obstacles.

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 1001 qui reprend la norme européenne EN 15313⁹. 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.

9 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.

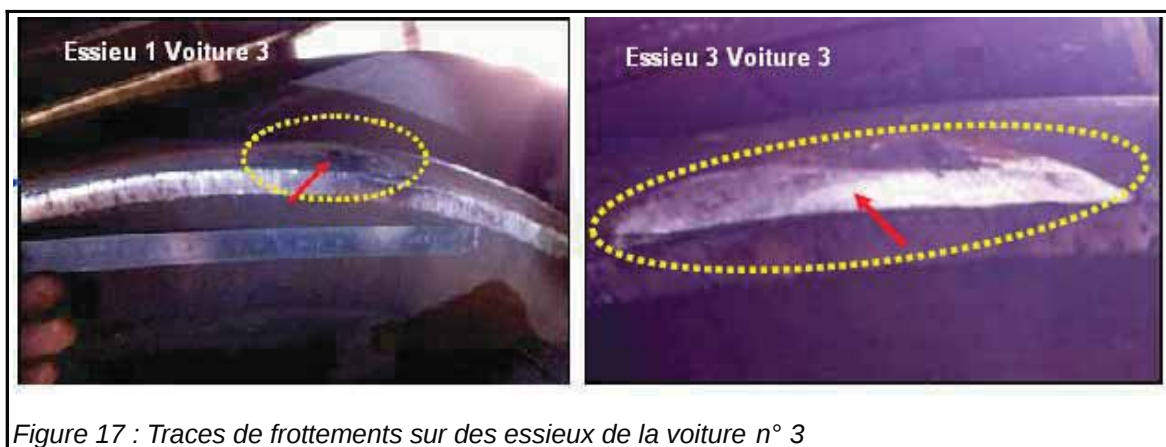
Les autres traces liées à l'accident

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.

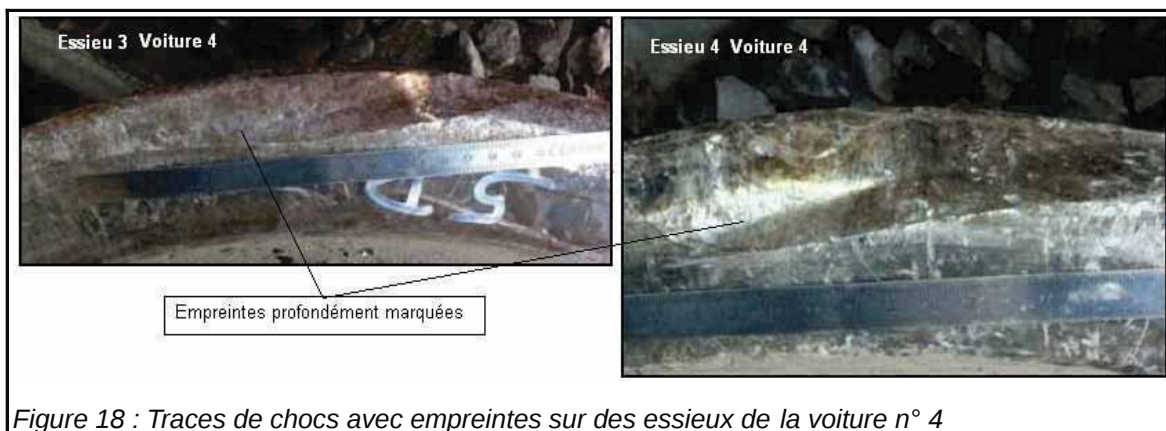
Sur la voiture n° 2, la roue droite du deuxième essieu porte des traces de frottements qui n'étaient pas observables lors de la première expertise. Elles ont été constatées après que ce véhicule a été déplacé.

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.



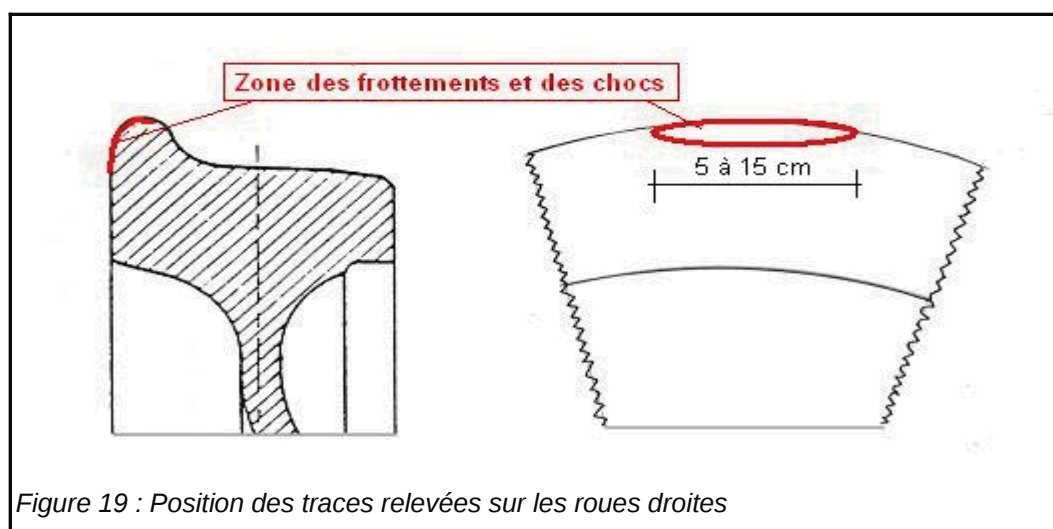
Sur la voiture n° 4 et les suivantes, toutes les roues droites des essieux présentent des traces de frottements ou de chocs.

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.



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 premières 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 31,05 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 l'about C du cœur de traversée et l'aiguille n° 7 est désassemblé.

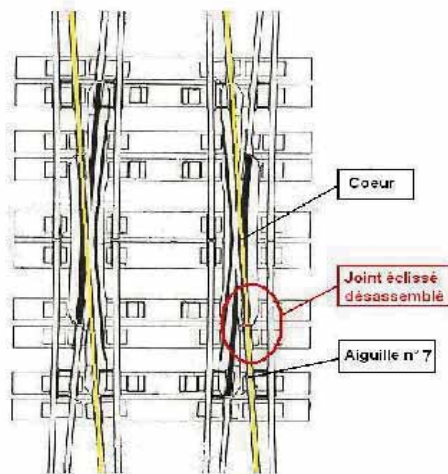
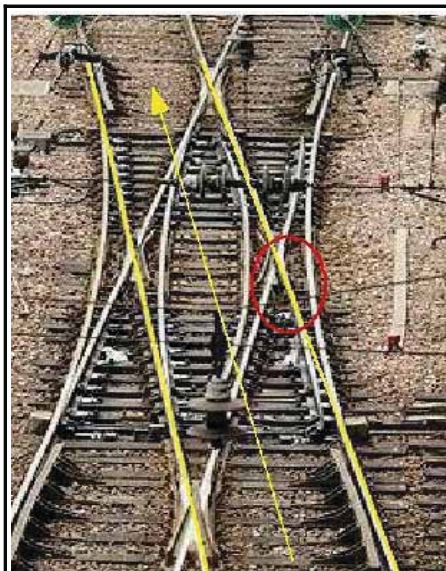


Figure 20 : Positionnement du joint éclissé désassemblé

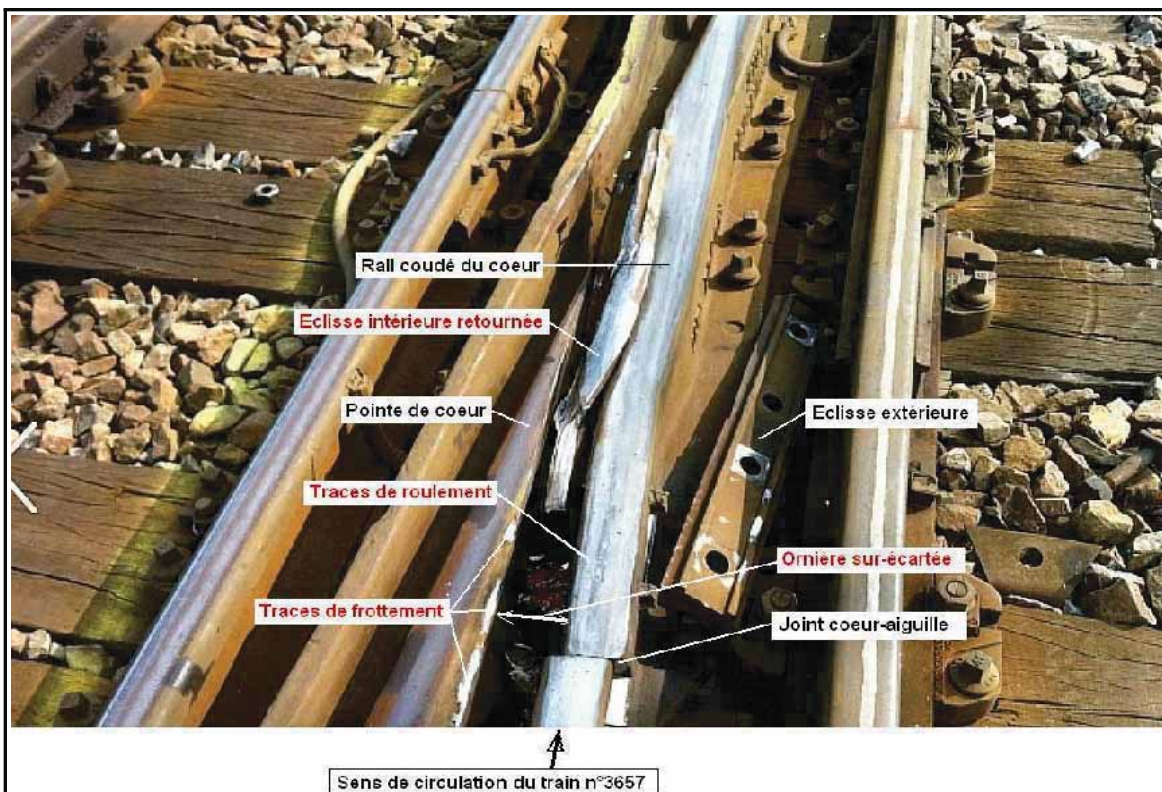


Figure 21 : Vue du cœur de traversée après l'accident

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'éclissage¹⁰ 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 C 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.

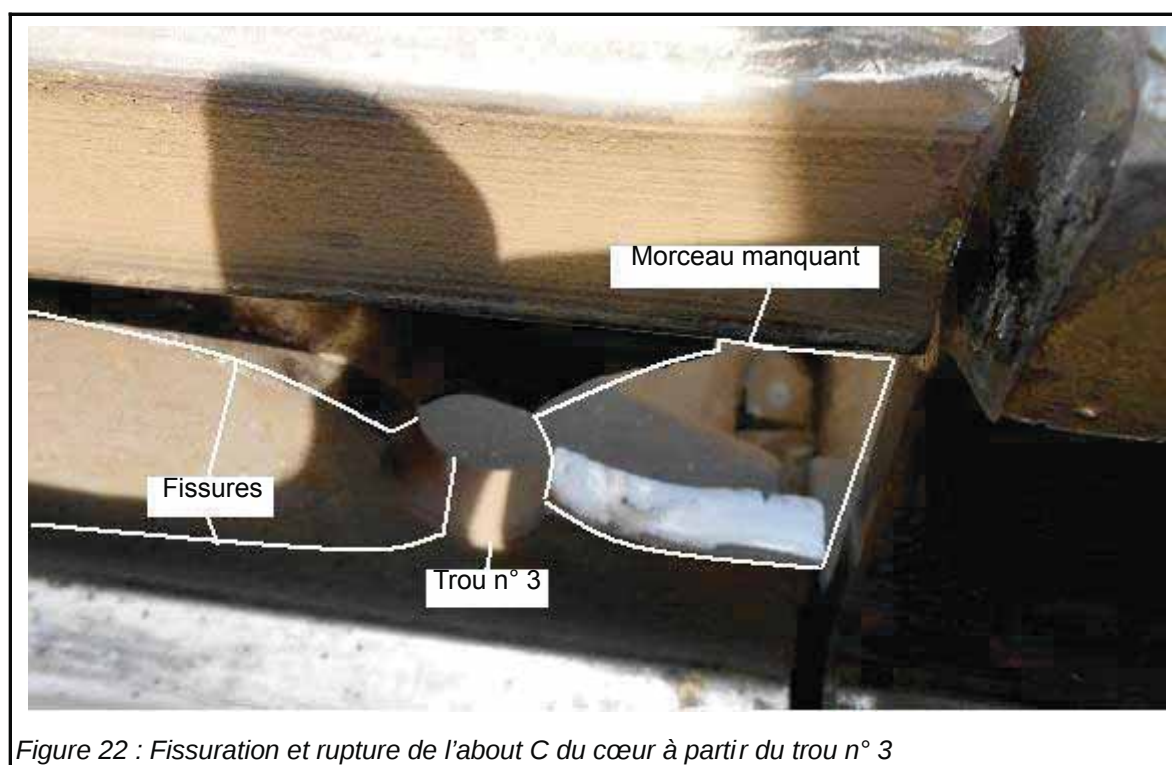


Figure 22 : Fissuration et rupture de l'about C du cœur à partir du trou n° 3

Plusieurs boulons, têtes de boulon et écrous semblant provenir de la boulonnerie d'éclissage sont sur le ballast. Leur expertise 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.

10 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'ornièrre 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'ornièrre précitée. Les boudins de ces essieux n'ont pas percuté l'éclisse, mais sont passés en force, provoquant le sur-écartement de l'ornièrre. 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'ornièrre 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 de l'éclisse

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'ornièrè 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 danse¹¹ est importante.

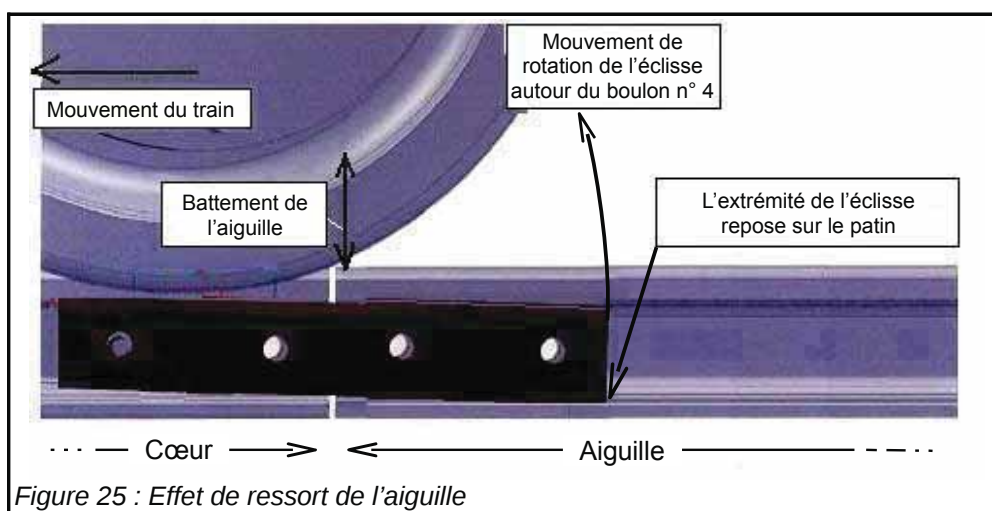


Figure 25 : Effet de ressort de l'aiguille

11 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.

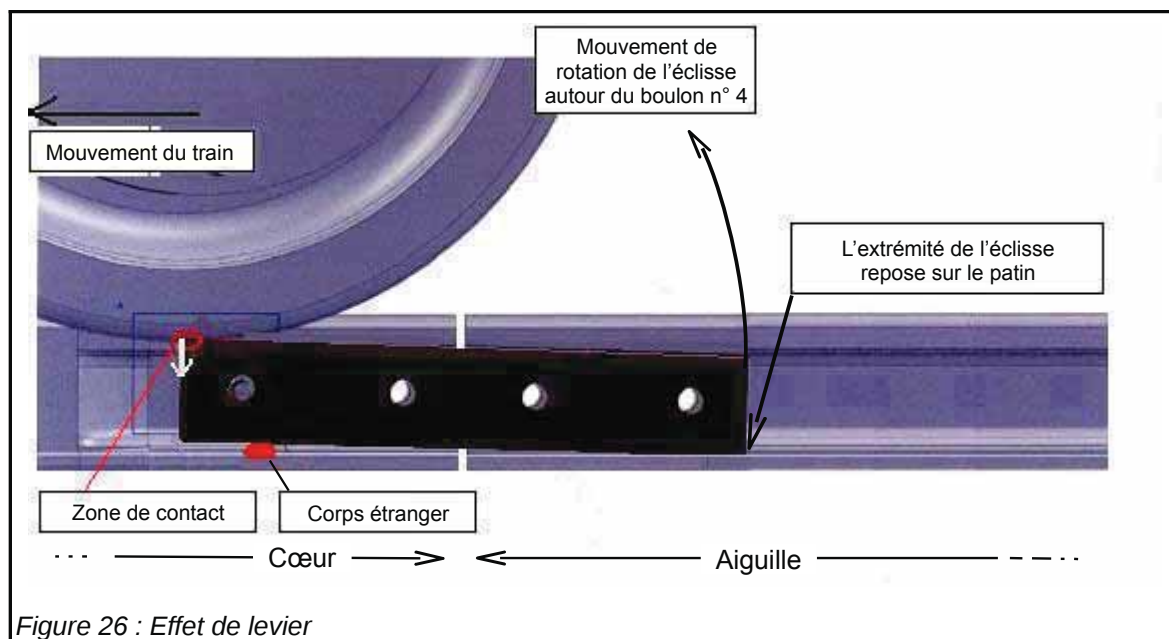


Figure 26 : Effet de levier

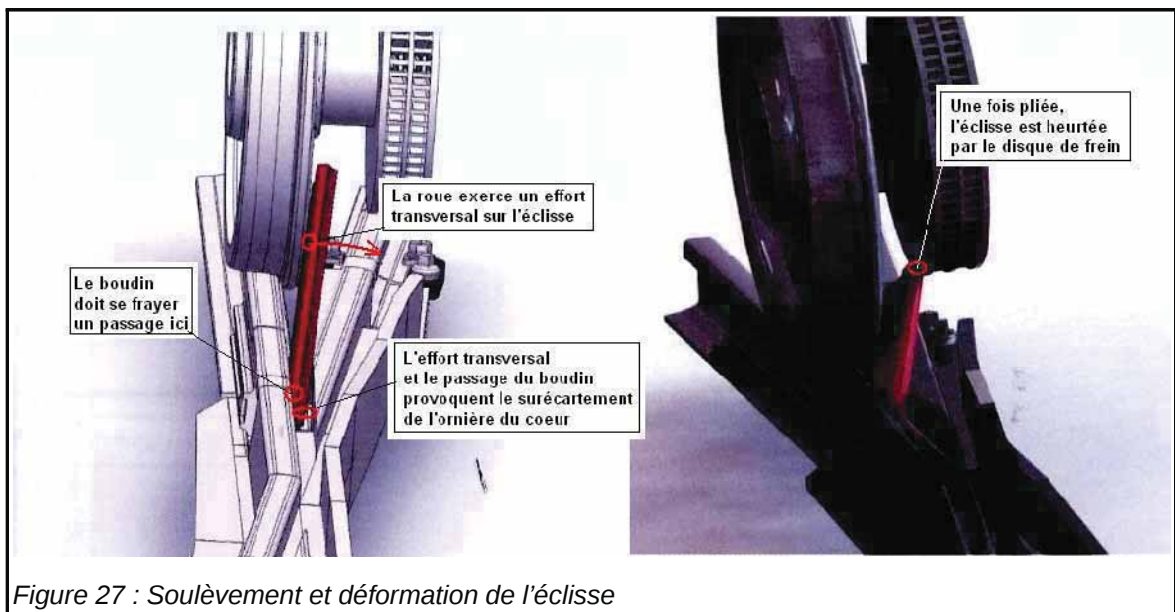
L'effet de soulèvement progressif de l'éclisse

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 ou un autre élément d'un véhicule 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 déraillés ont suivies.



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 auxquels 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 déraile 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 - Le 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. Un élément de cette voiture 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'ornièr 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'ornièr 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, 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.

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 la défaillance de la traversée jonction double 6/7/8/9

5.1 - 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 d'autant plus exigeante en matière de maintenance que les différentes voies principales précitées ne sont pas exactement sur le même plan horizontal. Le maintien de la géométrie des voies considérées est difficile et des interventions fréquentes pour la rétablir sont nécessaires.

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.

Les difficultés récurrentes que posaient tant le maintien des paramètres de dressage des voies concernées que le respect des cotes de sécurité de la traversée jonction double 6/7/8/9 et de ses voisines avaient conduit la SNCF à y interdire provisoirement, à partir du 20 avril 2009, la circulation sur les itinéraires déviés et à faire expertiser ce faisceau de voies par son service spécialisé « *Secteur Performance-Expertise Nord-Ouest* » basé à Saint-Pierre-des-Corps.

Cette expertise, qui a eu lieu en mai et septembre 2009, a conclu que les difficultés rencontrées résultaient de la conjugaison complexe de plusieurs facteurs au rang desquels elle a souligné la qualité de la pose des appareils de voie, l'intrication du plan de voies et la juxtaposition de sections en longs rails soudés et de parties de voies en barres normales.

Elle a prescrit la réalisation d'un bourrage mécanique lourd avec une machine à forte puissance afin de rétablir l'assise des appareils et la géométrie des voies concernées ainsi que des mesures destinées à réduire les contraintes s'exerçant dans les rails et, notamment, dans les traversées jonctions doubles par l'intermédiaire de la grande diagonale les reliant.

Elle a également préconisé la mise à l'étude d'une simplification du plan de voies considéré afin d'y remplacer, à l'échéance de leur renouvellement, les traversées jonctions doubles par des appareils plus simples, conformément aux orientations fixées pour les nouvelles implantations par l'instruction SNCF IN 0230 relative aux conditions d'implantation des appareils de voie unifiés.

Les mesures prescrites à l'issue de l'expertise précitée en termes de bourrage et de réduction des contraintes dans les rails ont été mises en œuvre ce qui a permis de lever, en février 2010, l'interdiction de circuler sur les itinéraires déviés de la zone concernée. Toutefois, la géométrie du plan de voies et de la plate-forme de cette zone n'ayant pas été modifiée, les exigences en matière de maintenance y sont demeurées fortes.

À cet égard, le projet de modernisation de ce plan de voies, dont la réalisation est envisagée pour 2025, prend en compte la recommandation formulée par l'expertise susvisée en prévoyant la suppression des traversées jonctions doubles existantes.

Par ailleurs, la création du nouveau pont-rail de la rue Anatole-France, fin 2010, a provoqué une certaine déstabilisation de la plate-forme concernée 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 cette 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 considérées 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 élevées qui impliquent une maintenance particulièrement attentive pour garantir la conservation en bon état des appareils et la sécurité des circulations.

5.2 - L'expertise de l'état général de la TJD 6/7/8/9 déposée après l'accident

5.2.1 - Les constats

La traversée proprement dite de la TJD 6/7/8/9 a été découpée, transportée sur un terre-plein situé dans les emprises de la gare de Brétigny-sur-Orge, puis mise sous scellés. Elle a ensuite été examinée, le 19 juillet 2013, en présence de l'expert judiciaire nommé par le Parquet d'Évry.

Lors de cet examen, il est d'abord apparu que les « *bois* »¹² de cette traversée proprement dite qui datent de son origine, étaient en bon état.

Il a ensuite été constaté, 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, observé 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, il a été noté :

- 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 et quatre étaient cassées ;
- que sur les 78 attaches de deuxième niveau, 14 étaient manquantes.

Au-delà de ces défauts manifestement visibles, l'expert judiciaire a évalué sommairement l'état de serrage des boulons et des attaches en place en y faisant exercer un effort avec une clé plate de 75 cm. Il a ainsi dénombré 27 boulons et 12 attaches de deuxième niveau dont le serrage apparaissait insuffisant.

5.2.2 - Les normes et prescriptions

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

¹² Il s'agit des traverses qui supportent l'appareil de voie.

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* ».

Il est toutefois admis de pouvoir circuler pendant une journée sur un joint éclissé 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 du boulon concerné ou de sa détérioration.

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

Par ailleurs, l'instruction 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 instruction est largement ignorée et il n'est pas utilisé sur le terrain de clés dynamométriques permettant d'en assurer le respect. Dans la pratique, 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 I et S, la valeur d'intervention de 30 % et la valeur de ralentissement de 40 %. La valeur d'objectif après une opération d'entretien est de 10 % pour les attaches de premier niveau et d'aucune attache inefficace ou insuffisamment serrée pour celle de deuxième niveau.

5.2.3 - L'analyse

Force est tout d'abord de constater que les dix défauts manifestes relevés le 19 juillet 2013 sur la boulonnerie de la traversée proprement dite de la TJD 6/7/8/9, sont contraires au principe fixé par l'instruction IN 0287.

Concernant les attaches de premier niveau, sur les cinq défauts manifestes que présentait cette traversée, deux étaient clairement des ruptures récentes provoquées par le déraillement.

Il est, par ailleurs, probable que sur les 14 défauts manifestes affectant ses attaches de deuxième niveau, certains étaient la conséquence du déraillement ou des manipulations effectuées ensuite sur cette traversée. En effet, la conception des attaches de deuxième niveau est telle qu'elles peuvent s'échapper facilement de leur logement dès lors qu'elles sont soumises à des chocs ou à des sollicitations anormales.

Ainsi, même en comptant les 12 attaches de deuxième niveau dont le serrage a été estimé insuffisant, la valeur de ralentissement fixée par l'instruction IN 1785 pour ce qui concerne les anomalies affectant les attaches n'était pas atteinte et il est peu probable

que la valeur d'intervention le fût. Nonobstant, le nombre de défauts que présentaient les attaches de deuxième niveau de la traversée considérée est élevé et on est loin de la valeur d'objectif qu'une maintenance de qualité devrait viser en application de l'instruction précitée qui préconise que la totalité de ces attaches soient présentes et serrées.

5.3 - Le scénario des défaillances de la boulonnerie du joint éclissé désassemblé

L'examen de l'éclisse extérieure du joint désassemblé, du morceau de l'âme rompue de l'about C du cœur de traversée et des pièces de boulonnerie prélevées sur les lieux à proximité de ce joint permet de formuler un scénario probable du processus de défaillance des différents boulons concernés et de sa chronologie.

5.3.1 - L'identification et l'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 prélevés n'ont pas pu être attribués à un boulon donné.

En revanche, 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.



Figure 33 : Vis occupant le 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.

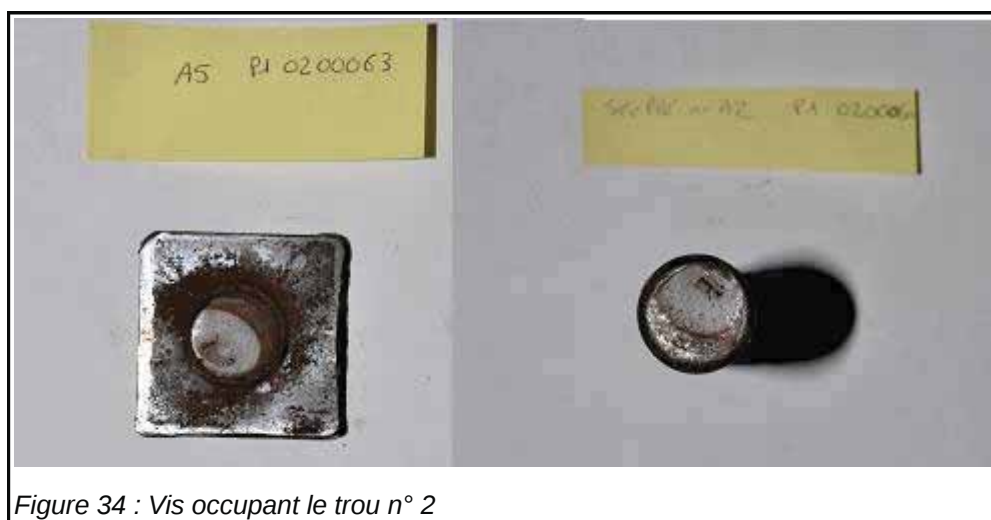


Figure 34 : Vis occupant le trou n° 2

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

Par ailleurs, une cinquième vis a été reconstituée par le centre technique des industries mécaniques (CETIM) à partir des pièces prélevées à proximité du joint défailant qui étaient placées dans le scellé A3. Le CETIM a pu établir que cette vis, dont la tête diamant est arrachée, a occupé le trou n° 3 avant de rompre et d'y être remplacée par la vis dont le corps se trouve dans le scellé A4. Dans la suite de ce rapport, cette cinquième vis et le boulon correspondant seront référencés « 3a ». Le corps de cette vis présente également des traces d'encoche dont l'emplacement se situe au niveau du morceau rompu de l'about de cœur. Ces traces s'étendent sur toute sa circonférence et ne forment pas une encoche aussi nette que celle pouvant être observée sur le corps de vis du scellé A4.



Figure 38 : Corps de la vis occupant précédemment le trou n° 3

Expertise visuelle

Les faciès de rupture des quatre vis rompues montrent des zones de fissuration par fatigue initiées dans les raccords 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 des deux vis qui ont occupé le trou 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 des encoches dans les corps des boulons n° 3a et n° 3.



Figure 39 : Morceau de l'about rompu du cœur de traversée

Ainsi que le montre la figure 40 ci-après, 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.

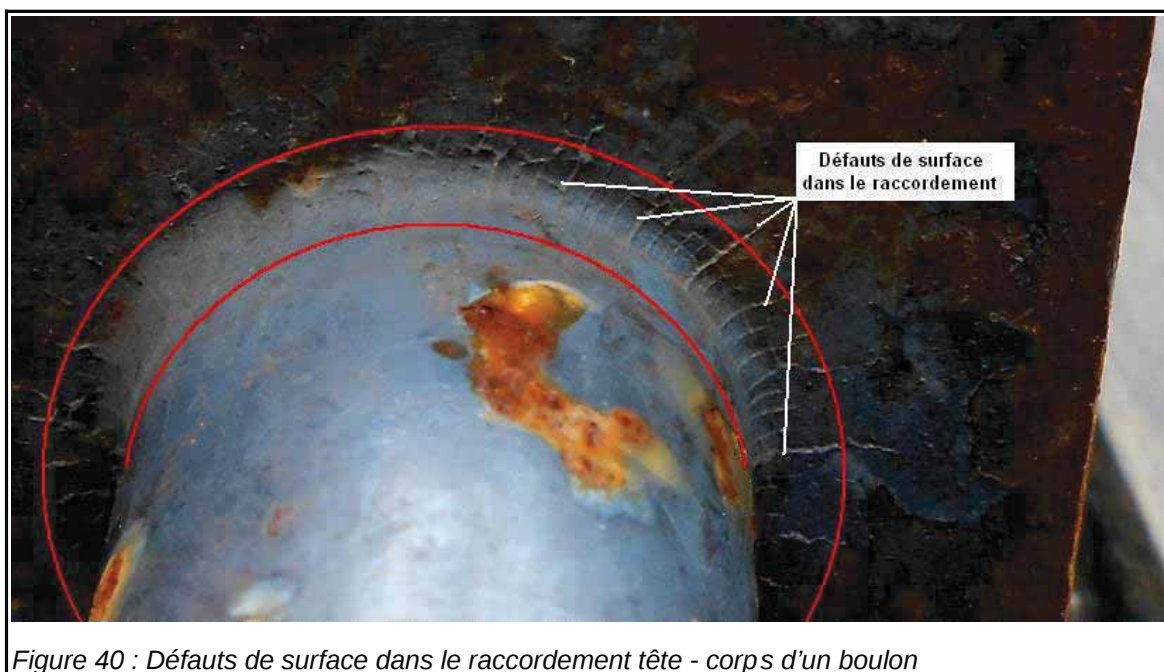


Figure 40 : Défauts de surface dans le raccordement tête - corps d'un boulon

5.3.2 - Le séquençage probable des défaillances de la boulonnerie

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

- que sur les quatre derniers boulons qui ont assuré l'assemblage du joint éclissé défaillant, le premier à avoir cédé est celui qui était logé dans le trou n° 3 ;
- que ce trou avait été occupé par un précédent boulon, celui référencé « 3a », qui avait également rompu ;
- que ces deux boulons ainsi que les derniers à avoir occupé les trous n° 2 et 4 ont cédé par rupture de leur tête diamant ;
- que le morceau de rail retrouvé à proximité du joint désassemblé provient d'une rupture de l'âme de l'about C du cœur de traversée concerné qui s'est produite avant que le boulon n° 3a cède.

Le désassemblage du joint éclissé raccordant le cœur de traversée de la file droite de la TJD 6/7/8/9 à l'aiguille n° 7 s'est donc probablement déroulé selon les processus et le séquençage 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 d'un premier boulon logé dans le trou n° 3 ainsi que 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 précité se fissure au niveau du raccordement entre sa tête et son corps.

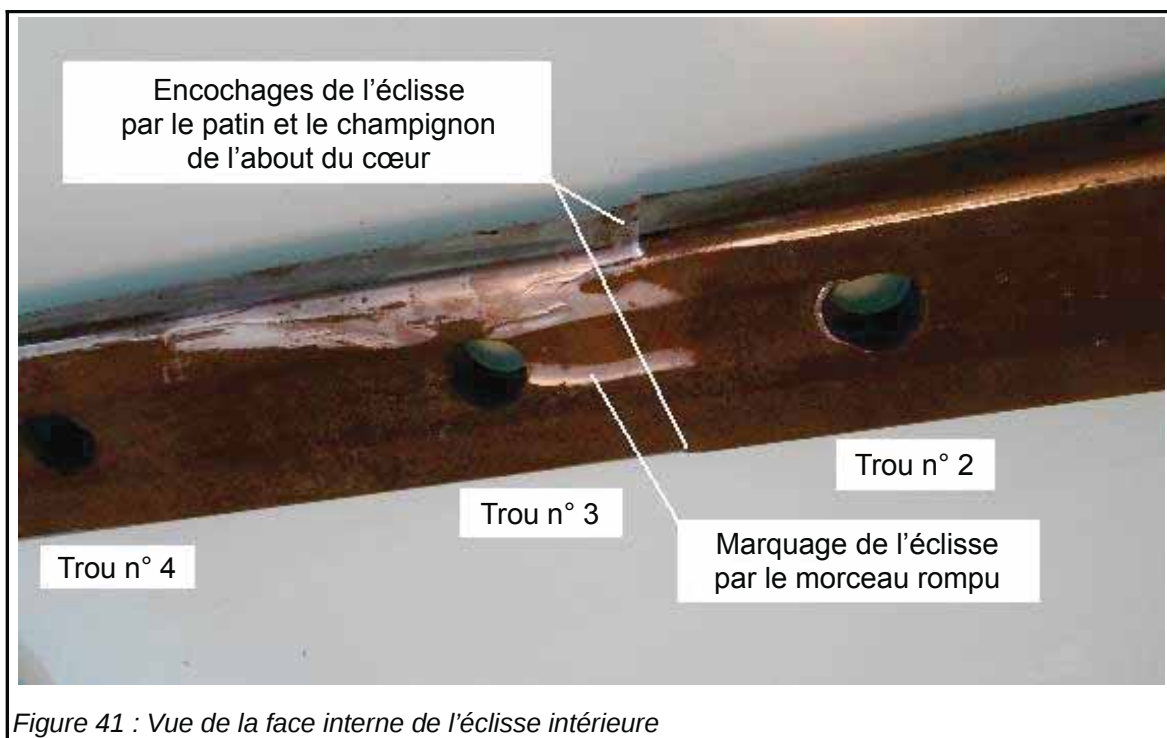


Figure 41 : Vue de la face interne de l'éclisse intérieure

T2 : la tête du boulon occupant alors ce trou n° 3 cède.

Après T2 : il y est remplacé par un nouveau boulon qui subit les mêmes contraintes, peut-être accentuées par une danse plus importante et par l'absence ou l'insuffisant serrage de certaines attaches.

T3 : la tête de ce nouveau boulon cède.

Après T3, 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 d'un boulon dans le trou 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.

L'ordre des défaillances des boulons n° 1 et 2 n'est pas établi.

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 extérieure. 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.

T4 : le boulon n° 1 est complètement dévissé et le boulon n° 2 est rompu.

Après T4, 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.

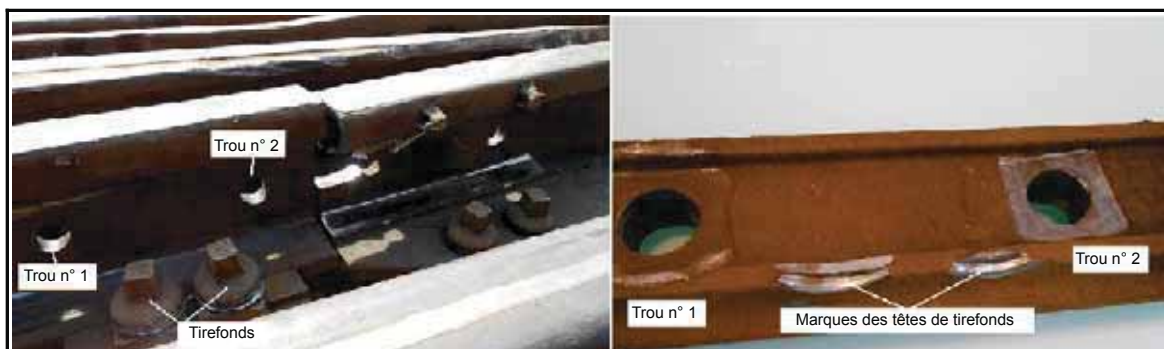


Figure 42 : Marques de têtes de tirefonds sur l'éclisse extérieure

T5 : 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.

5.4 - La chronologie des défaillances du joint éclissé désassemblé

5.4.1 - Les défaillances des boulons n° 1, 2 et 4

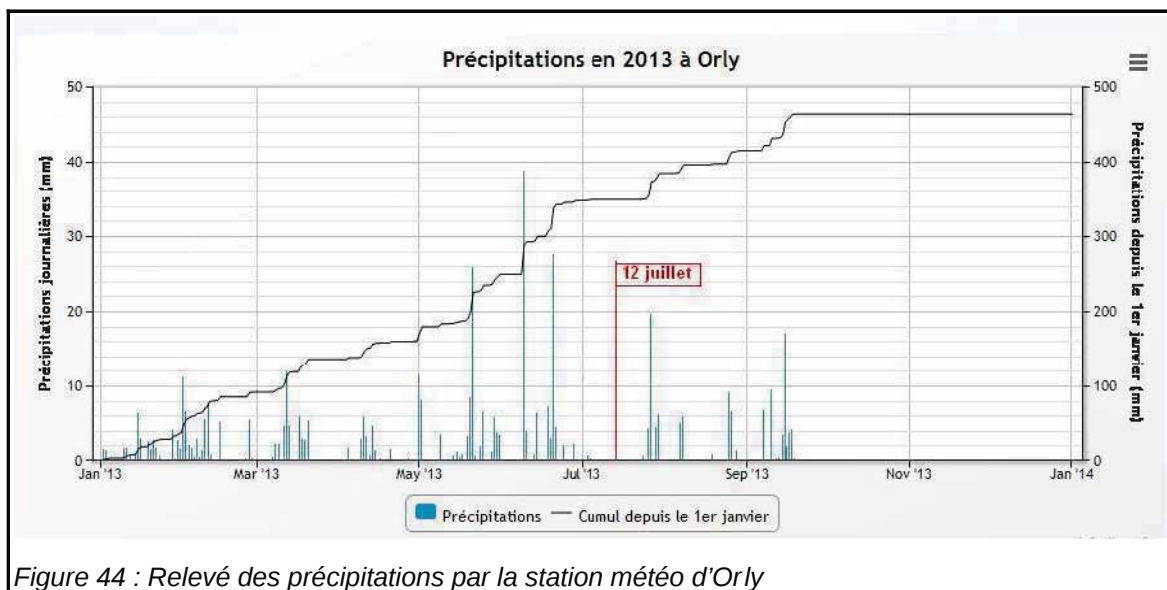
Les surfaces de rupture des pièces en acier ordinaire sont très sensibles à l'oxydation. En cas de pluie, une journée suffit pour que la rouille y apparaisse de façon visible.



Figure 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.

Ainsi que le montre le relevé des précipitations enregistrées en 2013 par la station météorologique 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.

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.

5.4.2 - La rupture des deux boulons ayant occupé le trou n° 3

L'expertise que le CETIM a conduite, situe la rupture du dernier boulon qui a occupé le trou n° 3 du joint éclissé défailant entre un et huit mois avant le déraillement du train Intercités n° 3657.

Par ailleurs, elle évalue à au moins un an avant cet accident le moment auquel a cédé la tête diamant du boulon n° 3a précédemment logé dans ce trou.

5.4.3 - La fissuration de l'about du cœur de traversée

La première détection d'une « étoilure », c'est-à-dire d'une fissure prenant naissance dans un trou d'éclissage, affectant un about du cœur de traversée de la file droite de la TJD 6/7/8/9 a été enregistrée le 28 février 2008 après une vérification de cet appareil de voie comportant un démontage de ses éclisses.

Cette fissure, dont la taille est alors évaluée à 10 millimètres, se dirige vers l'extrémité de cet about.

Pour des raisons qui seront détaillées dans le chapitre 6.5 du présent rapport, le suivi en maintenance de cette étoilure a été défailant et ne permet pas d'en jalonner l'évolution.

Après l'accident considéré, il a été constaté que quatre fissures s'étaient développées à partir du trou n° 3 de l'about C du cœur de traversée concerné, dont la plus longue s'étend sur quelque 150 mm. De plus, quatre fissures étoilèrent également le trou n° 4 de cet about de cœur.

Par ailleurs, les encoches observées sur les vis des deux boulons qui se sont succédé dans le trou n° 3 permettent de penser que le morceau de l'âme de l'about du cœur qui s'en est détaché a rompu avant que la première des deux vis précitées casse, soit plus

d'un an avant le déraillement selon les conclusions de l'expertise réalisée par le centre technique des industries métallurgiques.

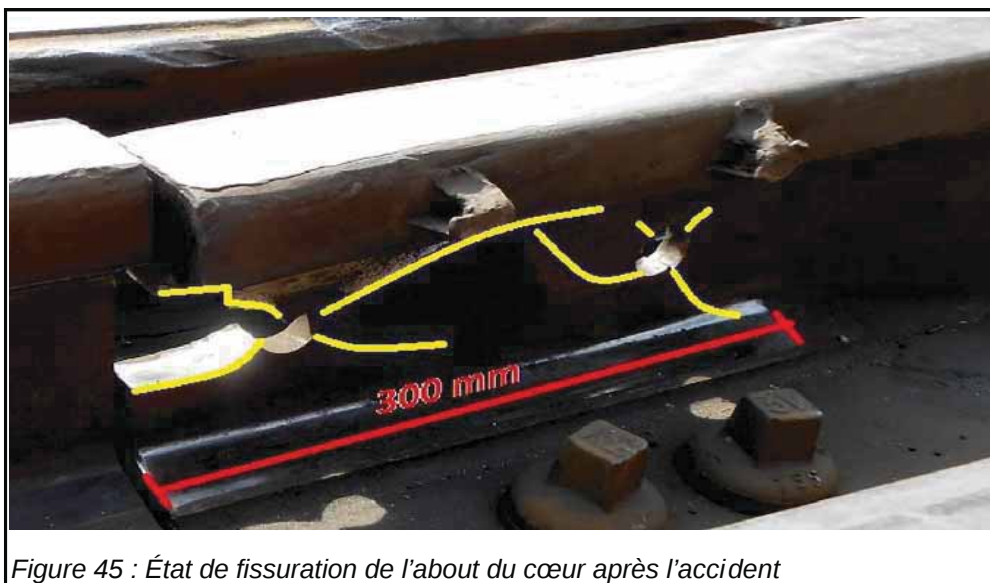


Figure 45 : État de fissuration de l'about du cœur après l'accident

5.5 - Éléments de synthèse

Les vis des quatre derniers boulons qui ont assuré l'assemblage du joint éclissé raccordant l'about C du cœur de traversée de la file droite de la traversée jonction double 6/7/8/9 à son aiguille n° 7 ont pu être identifiées et reconstituées.

La vis d'un cinquième boulon qui était précédemment logé dans le trou n° 3 de ce joint, a également été reconstituée.

Quatre de ces cinq boulons, à savoir ceux qui ont successivement occupé le trou précité et les boulons qui se trouvaient dans les trous n° 2 et 4, ont cédé par rupture de leur tête diamant. Le boulon n° 1 a perdu son écrou qui s'est dévissé.

Les boulons qui étaient logés dans le trou n° 3 sont les premiers à avoir cédé : le premier au moins un an avant le déraillement du train Intercités n° 3657, le second entre un et huit mois avant cet accident.

Les défaillances des trois autres boulons se sont, en revanche, vraisemblablement succédées dans un temps très court, quelques jours avant le déraillement considéré, probablement après le 3 juillet 2013.

Ce désassemblage du joint incriminé a été favorisé par une fissuration en étoile qui s'était développée depuis 2008, à partir du trou n° 3, dans l'âme de l'about C du cœur concerné jusqu'à ce que, plus d'un an avant l'accident, un morceau s'en détache, entraînant des efforts supplémentaires anormaux dans les boulons ayant occupé ce trou, qui ont contribué à la rupture de leur tête diamant. Cachée par les deux éclisses qui emprisonnaient le morceau de rail détaché, cette fissuration n'était pas visuellement décelable sans démontage du joint éclissé concerné.

6 - Les investigations portant sur la maintenance de la traversée jonction double 6/7/8/9

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. Pour les voies ne pouvant pas être parcourues par des trains de voyageurs à une vitesse supérieure à 160 km/h, la périodicité de ces tournées 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 saisonnières et les vérifications périodiques.

Les vérifications saisonnières

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 chaleurs¹³ :

- la vérification, sans démontage, de l'ouverture et du fonctionnement des joints éclissés¹⁴ ;
- 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 également¹³ :

- 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.

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

14 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 notamment¹³ :

- 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 fonction des 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 réglementaires¹⁵ 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.

¹⁵ 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'infrastructure de la 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 tel 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 freinage¹⁶ adopté.

16 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.

Consécutivement au déraillement du train Intercités n° 3657, la SNCF a initié, dans ce domaine, le 25 juillet 2013 une campagne d'observations complémentaires, d'une durée de cinq semaines, ciblée sur les appareils désignés par les établissements comme étant les plus sensibles. Les résultats de cette campagne montrent 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.

Le tableau ci-après résume les constats effectués par un établissement sur neuf de ses appareils de voie.

Numéro de l'appareil de voie				06/09/15				323/325				319/322				315/318				2/5				14/17				130/134				125/129				10/13			
Danse				Aucune				15mm sur 9 supports				15mm sur 10 supports				10mm sur 8 supports				7mm sur 9 supports				4mm sur 8 supports				15mm sur 6 supports				12mm sur 9 supports				6mm sur 9 supports			
		A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B	A1	A2	B								
Semaine 32	M	0	0	0	2	0	0	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12		0	22		0	0	0	1											
	D	1	2	0	17	2	0	6	4	0	16	0	2	2	3	0	2	2	0	11		0	3		1	0	1	5											
Semaine 33	M	0	0	0	8	0	0	19	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	17		0	22		0	1	0	1											
	D	1	0	2	25	6	7	9	2	0	21	3	0	2	1	0	5	0	3	30		0	10		5	1	0	12											
Semaine 34	M	0	0	0	8	0	0	6	2	0	0	1	0	4	1	0	0	0	1	17		1	18		0	0	1	0											
	D	1	1	7	36	1	11	14	8	2	22	5	0	3	1	0	11	3	3	31		3	19		3	4	7	13											
Semaine 35	M	0	0	0	6	1	0	10	0	0	1	1	0	2	3	0	0	0	0	18		0	22		0	3	2	1											
	D	1	0	1	25	15	0	18	6	0	20	3	0	3	0	0	6	0	0	22		0	16		0	13	0	7											
Semaine 36	M	0	0	0	7	1	0	15	2	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	14		1	22		0	5	3	1											
	D	1	0	0	39	8	0	21	8	0	27	5	0	6	2	0	10	0	0	28		0	19		0	21	7	0											

Légende :

A1 : attaches 1^{er} niveau

A2 : attaches 2^e niveau

B : boulonnerie

M : manquant

D : desserré

: chiffres remarquables

L'exploitation brute des données apparaissant dans ce tableau est compliquée car, lors de certaines vérifications des appareils de voie concernés, des boulons ou des attaches y ont été resserrés ou remplacés. Néanmoins, il peut être observé qu'en l'espace de deux semaines, 13 boulons étaient desserrés sur l'appareil 10/13 et qu'en cinq semaines, 55 attaches manquaient ou n'étaient pas suffisamment serrées sur l'appareil 323/325.

6.2.3 - La rapidité d'évolution des fissures des abouts de cœur d'appareil de voie

L'expertise métallurgique réalisée par le centre technique des industries mécaniques a montré que l'acier dont est constitué le cœur de traversée sur lequel le déraillement s'est produit, ne présente pas d'anomalie.

En revanche, elle n'a pas permis de préciser la date à laquelle sont apparues les étoilures qui se sont développées dans son about C, ni d'apprécier leur vitesse de propagation.

À cet égard, l'analyse statistique du retour d'expérience auquel la SNCF a procédé sur un échantillon de 1042 cœurs d'appareil de voie permet d'estimer que la vitesse moyenne d'évolution des fissures affectant ces pièces est de 10,4 mm par an et que dans 97,1 % des cas, cette vitesse est inférieure à 50 mm par an.

De fait, sur cet échantillon, les vitesses de propagation les plus élevées ont été observées pour les fissures longitudinales entre l'âme et le champignon ou le patin. Aucune étoilure n'y a évolué de plus de 50 mm par an.

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

6.3.1 - 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 chapitre 6.1, 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.

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

La traversée jonction double concernée avait été posée en 1991 et son renouvellement complet était programmé pour 2016.

Les dernières opérations de maintenance de chaque type qui y ont été effectuées 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 sur lequel l'accident s'est produit, avait été changé en février 2006.

Une fissure longue de 10 millimètres partant de l'un de ses trous d'éclissage y avait été détectée lors de la vérification de famille B pratiquée sur la traversée jonction double concernée en février 2008. Cette étoilure avait été signalée sur l'about D de ce cœur. Son

évolution faisait l'objet, en application de la directive IN 0276, d'un suivi spécifique annuel reposant sur un examen visuel effectué après démontage des éclisses du joint correspondant. La dernière visite, réalisée à ce titre, du cœur de traversée considéré a eu lieu le 30 août 2012.

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 et l'analyse qu'en font les experts de la SNCF.

Au global, au moment où l'accident analysé dans ce rapport s'est produit, aucune des échéances du schéma de maintenance de l'appareil de voie en cause n'était dépassée¹⁷ et les interventions correctives sur la géométrie avaient été réalisées dans les délais prescrits.

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

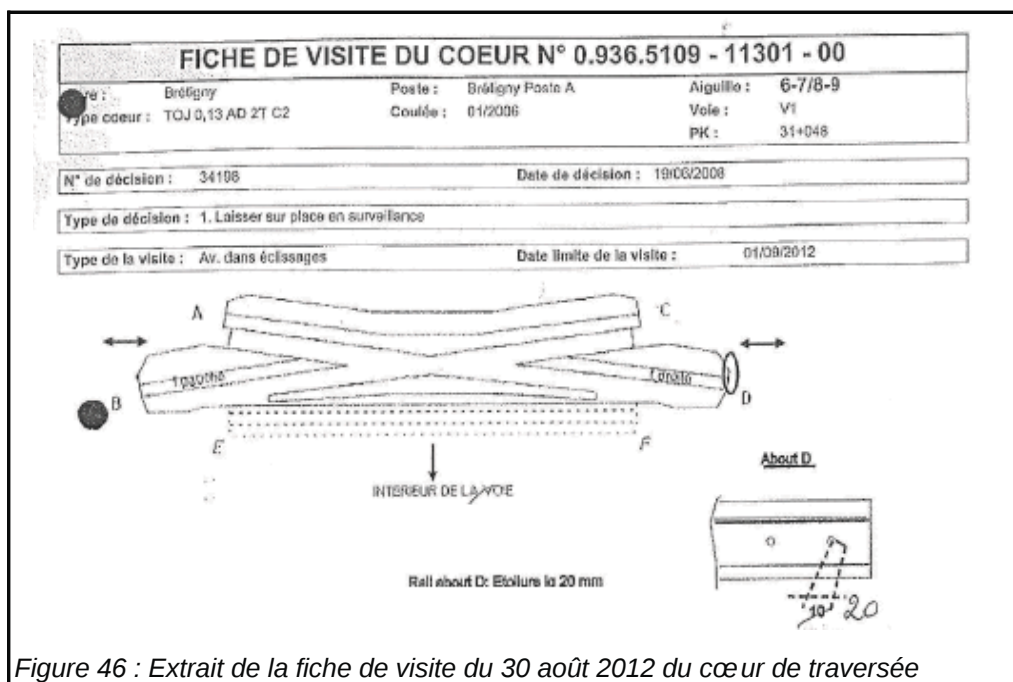
Au cours des différentes opérations de maintenance détaillées dans le chapitre précédent, un certain nombre de constatations ont été effectuées et consignées sur les documents prévus à cet effet.

Ainsi, concernant la traversée proprement dite¹⁸ 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 Intercités 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 de famille A de décembre 2012, aucune observation ;
- pour la visite du cœur de traversée du 30 août 2012, une évolution de 10 à 20 mm d'une fissure de l'about D.

17 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.

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



Les documents retraçant le déroulement et les constatations de la vérification de famille B de novembre 2011 n'ont, en revanche, pas été retrouvés. L'examen des documents relatifs à l'engagement du personnel et à l'occupation des voies permet, cependant, de penser que cette opération a été réalisée et qu'elle a mobilisé une équipe mixte comprenant quatre agents du secteur voie de Brétigny-sur-Orge et quatre agents de l'infralog Paris-Atlantique.

6.4 - 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 sachant que 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 certaine.

6.4.1 - 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.

6.4.2 - 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 de « *Brétigny 1* »¹⁹.

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

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.

6.4.3 - 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.

19 La brigade de « *Brétigny 1* » est l'une des deux brigades du secteur voie de Brétigny-sur-Orge.

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.

6.4.4 - 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 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.

6.4.5 - 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 à 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 détritrus, 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'appareil 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.



Figure 47 : Visibilité des boulons d'un joint éclissé reliant un cœur de traversée et une aiguille

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.

6.5 - Éléments de synthèse

Les informations recueillies montrent que le schéma de maintenance applicable à la traversée jonction double 6/7/8/9 a été respecté.

Il n'est pas possible de reconstituer complètement l'état dans lequel se trouvait le joint éclissé à l'origine du déraillement lors des différentes opérations de maintenance dont cet appareil de voie a fait l'objet, et d'apprécier avec certitude quelles auraient dû être les constatations des mainteneurs.

Plusieurs éléments ont, cependant, pu être précisés en la matière.

Tout d'abord, il peut être affirmé que la rupture de la tête diamant du boulon qui occupait le trou n° 3 du joint éclissé précité aurait pu être détectée lors de la tournée de surveillance du 4 juillet 2013. En revanche, les défaillances des autres boulons de ce joint n'étaient probablement pas encore visibles ce jour-là.

La rupture du boulon n° 3 s'étant produite, selon l'expertise réalisée par le CETIM, entre un et huit mois avant l'accident considéré, il est vraisemblable qu'elle aurait pu être également décelée lors de la tournée de surveillance du 7 juin 2013, voire lors de tournées antérieures.

La non-détection de la défaillance de ce boulon ainsi que d'autres défauts affectant la boulonnerie et les attaches de la traversée jonction double incriminée, et ce malgré un niveau de diligence et d'attention semblant normal, interpelle sur la fiabilité des tournées de surveillance, et tout particulièrement sur l'importance qui y est accordée à la détection des anomalies concernant la boulonnerie et les attaches.

Ensuite, compte tenu de la vitesse à laquelle les fissures se propagent dans l'acier au manganèse, il est très probable que la fissuration en étoile qui s'est développée à partir du trou n° 3 dans l'âme de l'about C du cœur de traversée concerné, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache, était bien avancée et parfaitement décelable lors de la vérification de famille B de novembre 2011.

En effet, le CETIM date la rupture de ce morceau d'about de cœur à plus d'un an avant le déraillement du train Intercités n° 3657, soit à moins de huit mois après la vérification de famille B considérée.

De plus, au moment de ce déraillement, l'une des fissures ayant pris naissance dans le trou n° 3 susvisé, s'étendait sur quelque 150 millimètres.

Il est également probable que les étoilures du trou n° 4 de l'about de cœur en cause étaient également visibles en novembre 2011 lors du démontage de la traversée jonction double 6/7/8/9.

Il apparaît donc que lors de la vérification de famille B dont cet appareil de voie a dû faire l'objet fin 2011, soit le joint éclissé raccordant cet about de cœur à l'aiguille n° 7 n'a pas été démonté, soit le signalement des défauts alors constatés s'est perdu.

Le BEA-TT n'affirme en aucun cas que le démontage de ce joint a été sciemment omis, mais sur de telles interventions qui se déroulent sur plusieurs jours en impliquant parfois des agents différents, un oubli n'est pas impossible.

Enfin, l'étoilure détectée dans le cœur de traversée considéré lors de la vérification de famille B de février 2008 a été incorrectement repérée dans le fichier de suivi des défauts de cœur. En effet, elle y a été signalée sur l'about D de ce cœur qui, selon l'expertise conduite par le CETIM, n'est pas fissuré. Ainsi, lors du processus de suivi annuel de l'évolution de cette étoilure, les agents examinaient l'about D et croyaient probablement y discerner une petite fissure qui n'évoluait pas, alors que sur l'about C du cœur de traversée concerné, des fissures importantes progressaient rapidement.

Au final, alors que la traversée jonction double 6/7/8/9 est, comme celles qui lui sont voisines, connue pour les difficultés récurrentes qu'elle pose, trois des processus afférents à sa maintenance, à savoir les tournées de surveillance, les vérifications de famille B et le suivi des défauts des cœurs, qui ne relèvent ni des mêmes référentiels, ni des mêmes personnels, ont été affectés par des défaillances qui ont joué un rôle dans le désassemblage du joint éclissé à l'origine du déraillement survenu le 12 juillet 2013.

Le chapitre 7 du présent rapport s'attache à identifier les facteurs systémiques, managériaux, organisationnels et humains, qui ont pu contribuer à ces défaillances.

7 - Les investigations portant sur le management de la maintenance de la voie

7.1 - Quelques définitions

Dans la suite de ce rapport, les termes « *maintenance* » et « *entretien* » seront clairement distingués. Ainsi, le mot « ***maintenance*** » sera utilisé pour désigner l'ensemble constitué par :

- ***le renouvellement***, également dénommé « *régénération* », qui consiste à remettre une installation ou un ensemble d'installations à l'état de neuf. Les opérations de renouvellement sont des investissements dont la durée de vie est très longue ;
- ***l'entretien*** qui recouvre les opérations préventives et correctives visant à conserver les installations dans un état spécifié permettant d'assurer la continuité et la sécurité de l'exploitation jusqu'à l'échéance de renouvellement.

Par ailleurs, il est rappelé que pour les différents paramètres destinés à caractériser et à suivre l'état des voies et de leurs appareils, les notions de « ***valeur d'objectif*** », de « ***valeur d'alerte*** », de « ***valeur d'intervention*** » et de « ***valeur de ralentissement*** » définies dans les procédures internes de la SNCF correspondent respectivement :

- à la tolérance requise lors de la pose d'une voie nouvelle ou du renouvellement d'une voie existante ;
- au seuil au-delà duquel une surveillance particulière de la voie ou de l'appareil concerné doit être exercée ;
- au seuil à partir duquel une intervention corrective doit être réalisée à court terme, dans un délai prescrit ;
- au seuil dont l'atteinte impose la mise en place de restrictions de circulation, telles que, par exemple, des limitations temporaires de vitesse.

Ces différentes valeurs dépendent, en particulier, de la catégorie de vitesse et de trafic de la voie concernée.

7.2 - Le contexte national

7.2.1 - Le vieillissement du réseau ferroviaire et ses conséquences sur le fonctionnement des équipes

7.2.1.1 - L'état général du réseau ferré national

L'état général du réseau ferré national résulte de l'adéquation de la politique de maintenance et des moyens qui lui sont consacrés avec les besoins nécessaires pour palier les dégradations induites par la circulation des trains, l'environnement et le temps.

Afin de disposer d'un éclairage objectif et indépendant sur la situation en ce domaine, RFF* et la SNCF ont conjointement confié en 2005 à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) un audit sur l'état de l'infrastructure ferroviaire et son évolution prévisionnelle, qui a porté sur les voies, les ouvrages d'art, les ouvrages en terre ainsi que sur les installations de traction électrique, de télécommunication et de signalisation.

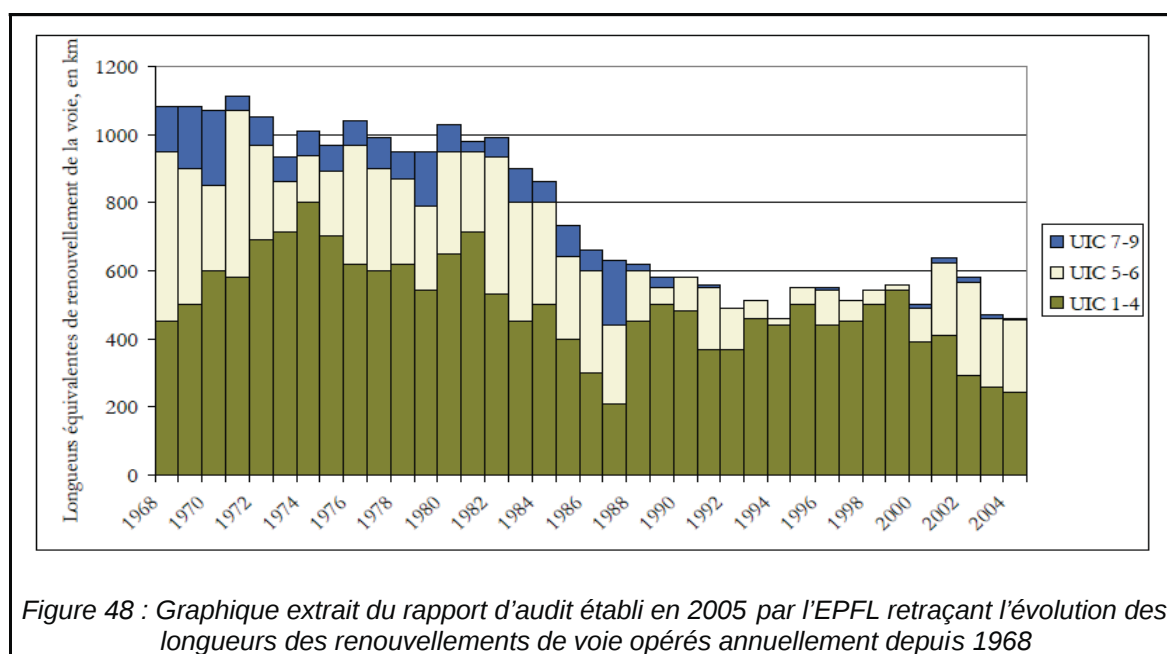
* Terme figurant dans le glossaire

Finalisées en septembre 2005, les conclusions de cet audit qui a été conduit sous l'égide du directeur du laboratoire d'intermodalité des transports et de planification de l'EPFL, sont claires : l'état moyen de l'infrastructure se dégrade depuis trente ans sur une part importante du réseau ferroviaire concerné principalement du fait de la baisse régulière des ressources allouées à sa maintenance et ce malgré les réels efforts de productivité réalisés par la SNCF et par RFF.

Cet audit insiste, en outre, tout particulièrement sur l'insuffisance des budgets de renouvellement, qui apparaissent deux à quatre fois plus faibles que ceux déployés sur les réseaux ferrés voisins comparables.

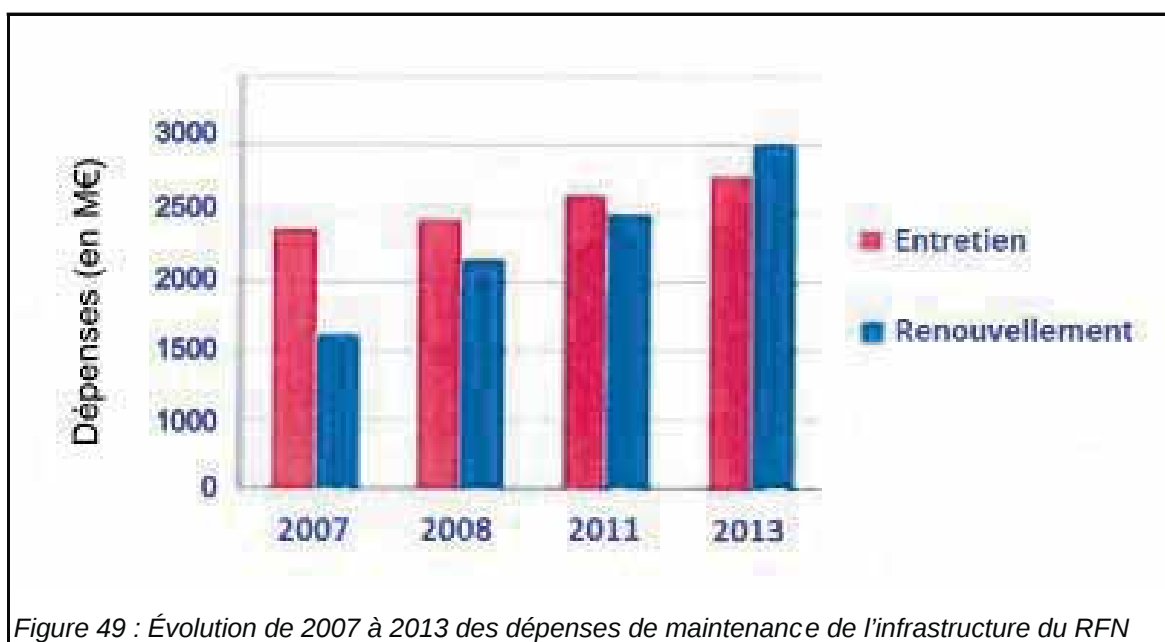
Il précise que cette situation est notamment perceptible dans le domaine de la voie où le taux de renouvellement actuel des voies des groupes UIC 1 à 4²⁰ correspond à une durée de vie située entre 60 et 70 ans, soit le double de la durée de vie que les experts considèrent comme normale.

De fait, ainsi que le montre le graphique ci-après extrait du rapport concluant l'audit considéré, entre 1968 et 2004, les longueurs des renouvellements de voie effectués annuellement ont été divisées par deux.



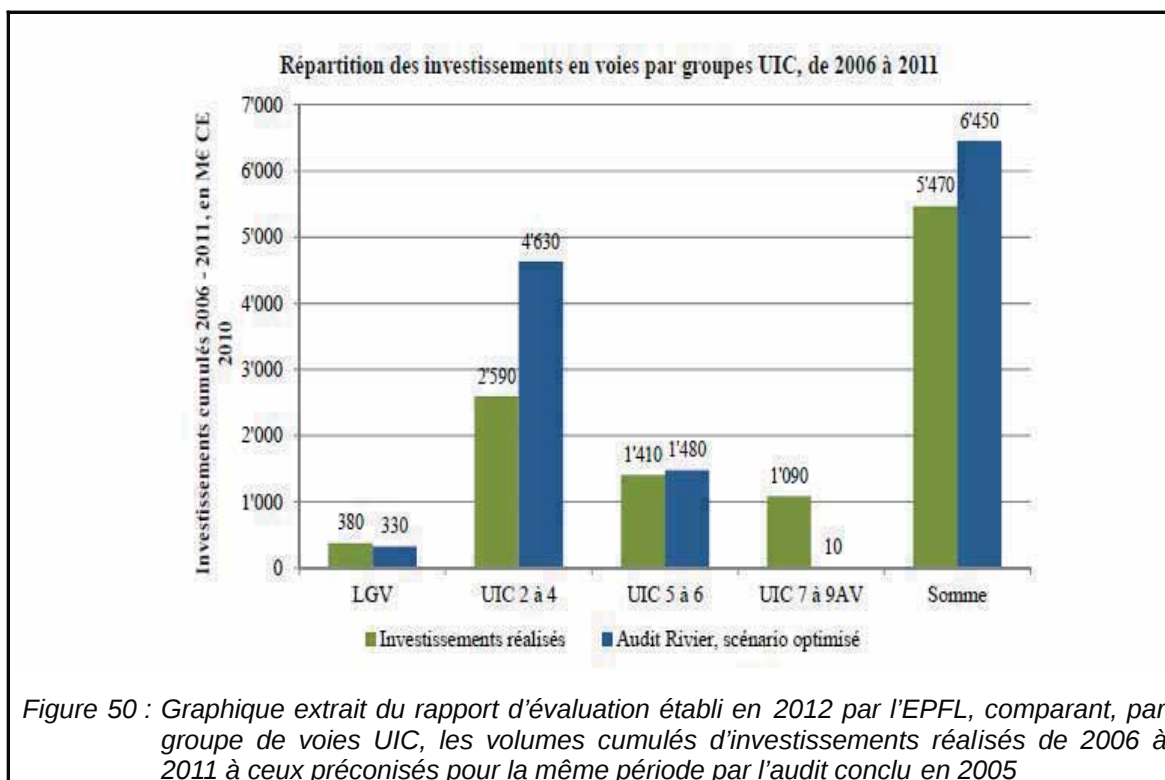
À la suite de ce constat, un effort très important a été fourni et le budget consacré aux opérations de renouvellement de l'infrastructure ferroviaire a été porté de 1 Md€ en 2006 à 2,5 Md€ en 2013. Il représente désormais plus de 50 % des dépenses totales de maintenance du réseau concerné.

20 Plus précisément, il s'agit des voies des groupes UIC 2 à 4 car aucune ligne du réseau ferré national ne relève du groupe UIC 1. Il est rappelé que la ligne de Paris-Austerlitz à Orléans-Les Aubrais sur laquelle s'est produit le déraillement du train Intercités n° 3657, appartient au groupe UIC 2.

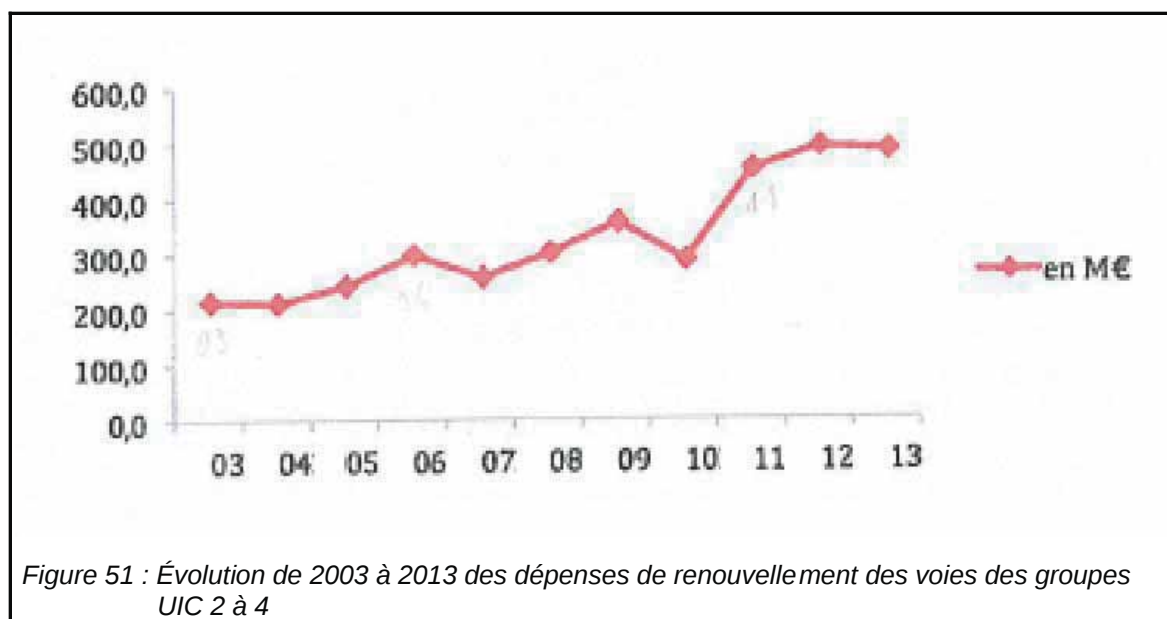


En 2011, RFF a demandé à l'École polytechnique fédérale de Lausanne d'évaluer l'évolution que connaissent depuis 2006 la politique et les budgets de maintenance de l'infrastructure ferroviaire au regard des préconisations que formulait l'audit rendu en 2005.

Le rapport daté de septembre 2012 qui conclut cette étude confirme que les dotations consacrées, au cours de cette période, au renouvellement de la voie et de ses appareils, sont globalement proches de l'objectif qui avait été préconisé. Il souligne, toutefois, ainsi que le met en lumière la figure 50 ci-dessous, un décalage important, de plus de 2 Md€ sur la totalité de la période considérée, entre les recommandations émises en 2005 pour les voies des groupes UIC 2 à 4 et les dépenses de renouvellement dont elles ont effectivement fait l'objet.

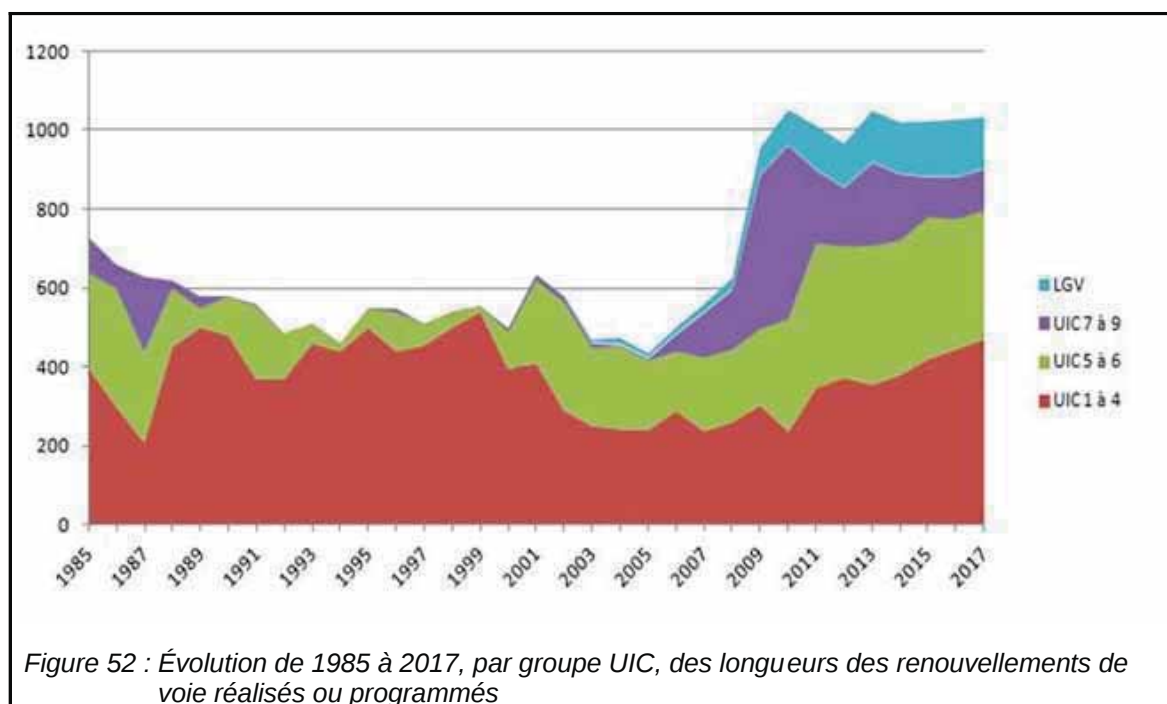


À cet égard, le graphique ci-après détaille l'évolution du volume annuel des opérations de renouvellement réalisées sur ces voies jusqu'en 2013.



Au vu de ces données, il apparaît que le vieillissement des voies des groupes UIC 2 à 4 dont font partie les voies principales traversant la gare de Brétigny-sur-Orge, bien que ralenti, s'est poursuivi au cours de ces dernières années et que le niveau des dépenses de renouvellement effectuées n'a pas permis de réduire, ni même de stabiliser, leur âge moyen qui a continué à croître.

Le graphique ci-dessous témoigne de la volonté de poursuivre l'effort consacré à ces voies structurantes.



7.2.1.2 - Les dépenses d'entretien de l'infrastructure ferroviaire

Dans le cas d'un bien d'équipement, il est constant que, lorsque son âge atteint un certain seuil, les dépenses nécessaires pour le maintenir en état de fonctionnement, croissent rapidement au point de justifier son remplacement.

L'infrastructure ferroviaire n'échappe pas à cette règle et, lorsque son âge moyen excède sa durée de vie normale, la sécurité, la régularité de l'exploitation et la qualité de la marche des trains ne peuvent être maintenues qu'au prix d'un renforcement significatif de l'entretien préventif et correctif.

À cet égard, le graphique ci-après qui retrace l'évolution des budgets annuels consacrés à l'entretien du réseau ferré national de 1998 à 2013, montre :

- qu'ils sont restés stables jusqu'en 2005 ;
- qu'ils ont ensuite augmenté lentement, jusqu'en 2009, au rythme de 1,5 % par an ;
- que depuis 2010, ils croissent plus nettement, au rythme de 5 % par an.

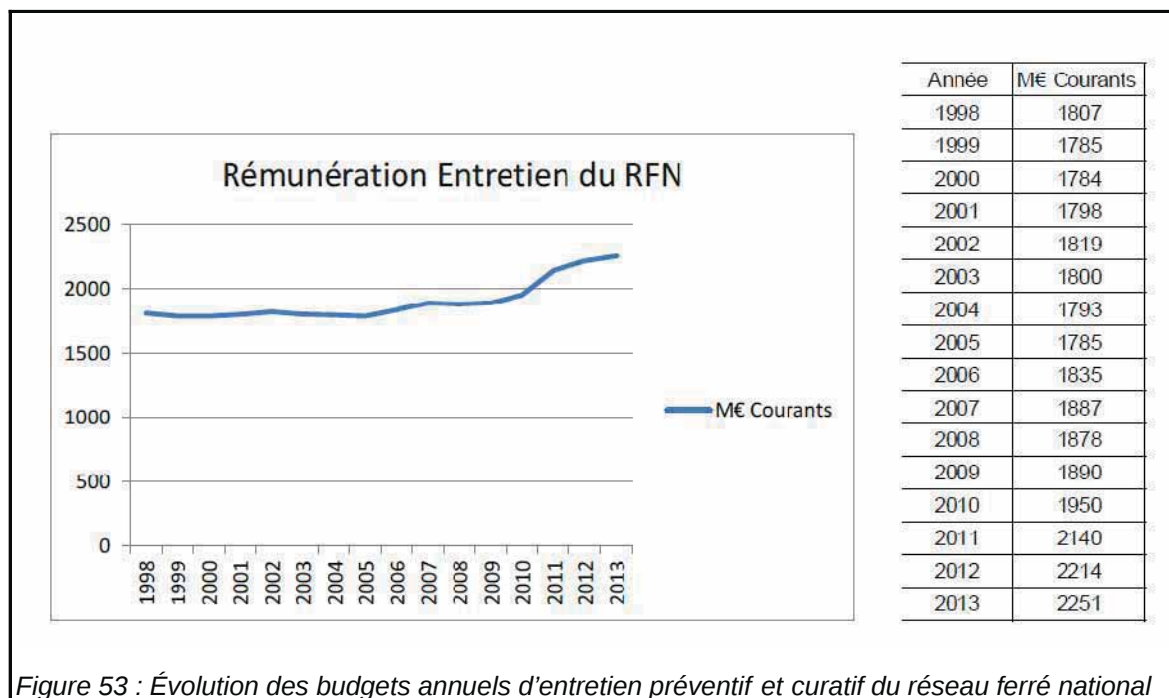


Figure 53 : Évolution des budgets annuels d'entretien préventif et curatif du réseau ferré national

Sachant que, pendant cette période, les coûts de production, notamment les coûts de main d'œuvre, ont progressé et que le patrimoine s'est accru de 722 km de lignes à grande vitesse²¹, il apparaît que, jusqu'en 2009, l'accroissement des besoins d'entretien préventif ou curatif liés au vieillissement du réseau ferré national n'a pas été financé.

21 Simultanément, le réseau ferré national a été amputé de 831 km de lignes à très faible trafic qui ne nécessitaient qu'un très faible niveau d'entretien.

7.2.1.3 - Les renoncements et les tranches optionnelles

Les volumes d'interventions que les budgets annuels disponibles permettent de réaliser ne couvrant pas la totalité des besoins, l'entretien courant de certaines installations ne peut être que partiellement assuré.

Les opérations qui, bien que nécessaires, ne sont pas retenues, sont classées en « *renoncements* » lorsqu'elles sont susceptibles d'entraîner une diminution de la performance du réseau dans un délai inférieur à deux ans. Si ce délai est supérieur à deux ans, elles sont classées en « *tranche optionnelle* ».

Dans tous les cas, des mesures d'exploitation conservatoires permettant de garantir la sécurité des circulations et des personnes, telles que, par exemple, des limitations de vitesse, sont prises et tracées lorsque des paramètres caractérisant l'état de la voie concernée atteignent les valeurs dites « *de ralentissement* ».

Ces dispositions visent à encadrer les pratiques et à éviter des dérives incontrôlées dans l'application des règles de maintenance.

Dans les faits, elles n'ont, jusqu'à présent, jamais été mises en œuvre sur des voies principales des groupes UIC 2 à 4 et elles n'ont donc joué aucun rôle direct dans l'accident survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge.

Nonobstant, elles témoignent de l'insuffisance des moyens mobilisés pour assurer une maintenance normale de l'ensemble des voies du réseau ferré national et elles peuvent accréditer l'idée que, dans une telle situation, les règles de maintenance peuvent ne pas être appliquées et que les normes peuvent être interprétées.

7.2.1.4 - Les conséquences sur le fonctionnement des établissements et des équipes

Sans sous-estimer les gains de productivité qui ont pu être engendrés par la massification²² des interventions, leur mécanisation et l'optimisation des méthodes de maintenance de la voie, l'écart croissant entre l'augmentation des besoins de maintenance, conséquence du vieillissement du réseau, et la stagnation des moyens consacrés à son entretien n'est pas sans conséquence sur l'exploitation de ce réseau, mais également sur le fonctionnement et les pratiques des établissements et des brigades en charge de la gestion de l'infrastructure ferroviaire.

Les conséquences sur les performances du réseau

La longueur totale des sections de voie sur lesquelles, le 31 décembre de chaque année, des mesures de ralentissement imputables à l'état de l'infrastructure sont en vigueur, a sensiblement augmenté au cours de ces dernières années. S'élevant à 2 387 kilomètres à la fin de l'année 2006, elle atteignait 3 190 kilomètres le 31 décembre 2011. Elle représentait alors plus de 6 % de la consistance du réseau ferré national.

La majorité de ces mesures de ralentissement affecte certes les voies les moins chargées des groupes UIC 7 à 9. Néanmoins, les voies structurantes des groupes UIC 2 à 4 n'en sont pas exemptes. Elles y ont pratiquement doublé entre le 31 décembre 2006 et 2011, ainsi que le montre le tableau de la figure 54 extrait du rapport que la Cour des Comptes a présenté à la commission des finances du Sénat en juillet 2012 sur l'entretien du réseau ferré national.

²² Il s'agit du regroupement des interventions par nature et par localisation mis en œuvre pour augmenter la productivité et limiter leurs conséquences sur les capacités et l'exploitation du réseau.

Km de ralentissements VOIE, OA, OT et Autres	au 31/12/2006	au 31/12/2007	au 31/12/2008	au 31/12/2009	au 31/12/2010	au 31/12/2011
LGV	0,0	3,1	1,1	5,1	5,1	5,1
Lot UIC 1 à 4	161,0	278,3	210,8	255,3	290,6	329,2
Lot UIC 5-6	478,0	577,1	572,3	580,5	617,3	634,2
Lot UIC 7 à 9 AV	1516,0	1691,6	1522,7	1566,8	1526,2	1700,4
Lot UIC 7 à 9 SV	232,0	291,3	285,8	272,8	398,9	521,3
Total LC	2387,0	2838,3	2591,6	2675,4	2833,0	3185,1
Total LC + LGV	2387,0	2841,4	2592,7	2680,5	2838,1	3190,2

Figure 54 : Tableau extrait du rapport de la Cour de Comptes de juillet 2012 sur l'entretien du réseau ferroviaire national

Les conséquences sur le travail des brigades en charge de l'entretien des voies

Le ressenti des agents et des cadres des infrapôles²³ que les enquêteurs techniques du BEA-TT ont entendus, fait ressortir un accroissement de l'entretien correctif et, notamment, des interventions réalisées dans l'urgence lorsque la continuité de l'exploitation est compromise ou lorsque un seuil de sécurité imposant la mise en œuvre d'une mesure de ralentissement est atteint.

En tout état de cause, de telles interventions perturbent l'organisation du travail et mobilisent de manière non optimale les ressources des établissements concernés, aggravant encore l'écart entre les besoins de maintenance et les moyens disponibles.

Pour autant, ce ressenti n'est pas confirmé par les données statistiques émanant de la direction de l'infrastructure de la SNCF qui, pour leur part, montrent une stabilité de l'entretien correctif. Il convient, toutefois, de noter que ces statistiques ne comptabilisent pas au titre de ce type d'entretien les opérations effectuées dans l'urgence lorsque la valeur d'intervention d'un paramètre caractérisant l'état de la voie est détectée. Ces interventions y sont considérées comme relevant de l'entretien préventif conditionnel alors que certaines d'entre elles doivent parfois être réalisées dans les 48 heures. Il en est en particulier ainsi dans les zones dites « à évolution rapide » (ZER), lorsque le seuil de ralentissement est près d'être atteint.

Cette différence d'appréciation peut être également en partie due à l'évolution des missions des infrapôles dont les actions opérationnelles en matière d'entretien préventif ont été réduites au bénéfice des infralog²⁴ et de la sous-traitance.

Les conséquences sur les représentations de l'état normal du réseau

Lorsqu'une intervention est réalisée en urgence après qu'un niveau d'anomalie imposant des mesures de ralentissement a été détecté, le but immédiat n'est pas de ramener l'installation à sa valeur d'objectif, mais de rétablir la circulation normale des trains. Quand de telles interventions se renouvellent trop souvent, la représentation que les agents des brigades « Voie » concernées se font de l'état normal des installations peut alors dériver.

23 Il s'agit des établissements de la branche « Infrastructure » de la SNCF en charge de la maintenance des infrastructures ferroviaires.

24 Il s'agit des établissements logistiques de la branche « Infrastructure » de la SNCF qui regroupent des moyens lourds ou spécialisés. Ils peuvent intervenir, en tant que de besoin, pour les infrapôles.

Ainsi, si les valeurs d'objectif sont toujours visées lors d'une régénération ou d'une intervention lourde, en entretien courant, les valeurs d'alerte peuvent parfois être considérées comme normales et les brigades peuvent ne commencer à réagir concrètement que lorsque des valeurs d'intervention sont atteintes.

Plus globalement, sous la pression d'urgences trop fréquentes, le risque de dérive dans l'application des référentiels s'accroît, certaines tâches considérées comme secondaires ou non indispensables étant alors différées ou négligées. Il peut s'agir, par exemple, des tâches d'enregistrement et de traçabilité des opérations, de classement et de gestion documentaire, de veille et de contrôle, mais il a également été observé, lors d'audits internes ou externes des infrapôles, des mesures de protection du personnel qui ne sont pas prises, des tournées de surveillance qui ne sont pas effectuées dans les délais, des signalements qui ne sont pas suivis d'effet ou, encore, des opérations de maintenance incomplètes.

7.2.2 - L'évolution de l'organisation de la maintenance de l'infrastructure

7.2.2.1 - Les réorganisations de la branche « Infrastructure » de la SNCF

Pour améliorer sa productivité et pouvoir ainsi mieux faire face aux besoins d'entretien accrus du réseau avec les moyens convenus avec Réseau Ferré de France, la branche « Infrastructure » de la SNCF a fait évoluer ses outillages et ses méthodes. Elle s'est en particulier attachée, à travers la massification des interventions, à augmenter la part de temps de travail effectif par rapport aux temps d'acheminement, d'attente et d'interruption qui peuvent être très lourds dans le cas d'un travail de courte durée, sur une ligne en exploitation.

Elle a en outre procédé, dans la période récente, à des réorganisations importantes qui ont impacté le périmètre, les missions et le fonctionnement de ses établissements. Ainsi :

- en 2007, des établissements logistiques régionaux (ELOG) regroupant les moyens lourds et intervenant chacun sur l'ensemble d'un périmètre régional ont été constitués. Le partage des missions qui s'en est suivi entre ces nouveaux établissements et les établissements équipement et maintenance (EVEN) s'est accompagné d'un accroissement du périmètre géographique de ces derniers et d'une diminution concomitante de leur nombre ;
- à partir de 2008, les EVEN ont été fusionnés pour aboutir à la création des infrapôles qui, en moyenne, comptent chacun quelque 500 agents répartis dans des pôles d'appui et dans trois à cinq unités de production dédiées à la voie, à la signalisation ou à l'énergie ;
- en 2010, les ELOG ont été reconfigurés pour constituer les infralogs dont les missions ont été élargies par rapport à celles des ELOG, notamment, à la réalisation d'interventions de maintenance préventive pour le compte des infrapôles.

Au final, le nombre d'établissements est ainsi passé de 91 en 2003, dont 81 établissements d'entretien et 10 établissements logistiques, à 49 dont 30 infrapôles et 19 infralogs.

Pour améliorer le pilotage de ces établissements aux missions et aux délégations élargies, trois territoires de production (TP), portés ensuite à quatre²⁵, ont été mis en place le 1^{er} janvier 2010. Ils constituent depuis cette date le niveau de management

25 Le territoire de production Île-de-France a été créé en novembre 2013.

intermédiaire entre les établissements et la direction de l'infrastructure. À ce titre, ils assurent sur le territoire géographique relevant de leur compétence :

- l'organisation, la coordination et la planification de la production des établissements et, notamment, le classement et la planification des projets de régénération ;
- la gestion prévisionnelle du personnel et, en particulier, l'affectation des agents de maîtrise et des cadres ;
- une participation à la formation et à l'évaluation du personnel ;
- l'appui aux établissements en matière d'expertise ;
- le « *bouclage* » sur la qualité et la sécurité techniques de la production, tel que définit dans le chapitre 7.2.3.1 de ce rapport.

7.2.2.2 - L'organisation interne des établissements

Dès 1999, afin d'améliorer l'efficacité de son management, la SNCF a décidé de limiter, dans toutes ses branches d'activité, le nombre de niveaux intermédiaires en supprimant le rôle hiérarchique de la maîtrise et en plaçant le dirigeant de proximité (DPX), en principe un cadre, au premier niveau de management.

Ainsi, au sein des unités en charge de la maintenance de la voie, la fonction de chef de brigade, qui était généralement exercée par un agent ayant la qualification de chef d'équipe voie (CEV), a été supprimée. Les chefs d'équipe voie restent des référents techniques qui dirigent, sur le terrain, les agents agissant dans le cadre d'une intervention donnée, mais ils n'ont plus d'autorité hiérarchique sur les brigades auxquelles ils appartiennent, ni de responsabilité quant au suivi global et aux résultats de la maintenance sur les secteurs qu'elles couvrent.

Parallèlement, les dirigeants de proximité ont été, chacun, dotés d'une petite équipe d'appui constituée, normalement, d'un technicien opérationnel (TO) et d'un technicien d'appui (TA).

Cette organisation présente au moins deux difficultés.

En raison de l'éloignement géographique fréquent des brigades par rapport aux sièges de leur unité et de leur établissement, les chefs de brigade avaient historiquement un rôle managérial important. Or, cet éloignement géographique ne s'étant pas réduit et les interventions de nuit se multipliant, les dirigeants de proximité et les techniciens qui leur sont adjoints ne peuvent avoir qu'une présence limitée, sur le terrain, auprès de leurs brigades. L'encadrement hiérarchique des brigades se trouve donc affaibli.

D'autre part, les dirigeants de proximité qui doivent maintenant assumer en première ligne les problèmes techniques et les difficultés quotidiennes du management, appartiennent essentiellement au premier niveau d'encadrement, à savoir le niveau F de la grille de qualification de la SNCF. Or, à ce niveau de qualification, se trouvent des personnes dont les profils et les compétences sont très variés, allant de l'agent issu de la promotion interne ayant gravi tous les échelons au jeune cadre dont le poste de DPX est la première fonction de management opérationnel. La qualité du management de proximité repose donc sur l'aptitude des DPX et des techniciens placés auprès d'eux à se compléter mutuellement afin de constituer des équipes efficaces tant sur le plan technique que sur le plan opérationnel. Lorsque le turn-over des agents de maîtrise et des cadres est élevé, cette condition n'est pas toujours réalisable.

7.2.3 - Le management de la qualité de la maintenance et de la sécurité

La maintenance préventive traditionnelle qui, globalement, était assurée par une brigade dédiée à un parcours donné, a été remplacée par une organisation plus performante économiquement, mais aussi plus complexe avec des périmètres géographiques qui se sont très fortement élargis et des interfaces qui se sont multipliées. Cette nouvelle organisation impose de disposer d'un système solide de management de la qualité et de la sécurité, sauf à courir le risque d'une dérive des comportements et des procédés pouvant compromettre la sécurité de l'exploitation et celle du personnel. Ce système s'appuie, notamment, sur des dispositifs de veille et de bouclage ainsi que sur des audits.

7.2.3.1 - Les dispositifs de veille et de bouclage

Ces dispositifs sont décrits dans la directive IN 02501 « *Sécurité technique de la production de la maintenance ; organisation de la veille en établissement et du bouclage territorial* ».

En établissement, l'organisation de la veille est la déclinaison du dispositif de contrôle à deux niveaux prescrit par les référentiels généraux de la SNCF. Le niveau 1 est assuré par l'unité opérationnelle et le niveau 2 relève de l'établissement.

Ce dispositif, qui est très efficace lorsqu'il est mis en œuvre dans de bonnes conditions, est exigeant en matière de temps passé et nécessite, de la part de l'encadrement de proximité, des compétences métier et des aptitudes relationnelles qui ne sont pas toujours réunies. Son fonctionnement est souvent repéré comme un point faible lors des audits du management des établissements.

Au niveau des territoires de production, le « *bouclage* » est l'ensemble des actions permettant de s'assurer du déroulement complet et satisfaisant des processus de production. S'appuyant sur un collectif d'experts ou de spécialistes, il comporte deux volets :

- l'accompagnement d'opérations de veille ou de production effectuées par les établissements ;
- des revues de pôles de production des établissements qui visent à évaluer à la fois la qualité du management de la sécurité technique et la qualité de réalisation des opérations.

En 2013, ce dispositif de « *bouclage* » était très récent.

7.2.3.2 - Les audits de sécurité

Toutes les activités ayant un impact sur la sécurité de l'exploitation ferroviaire sont évaluées périodiquement, méthodiquement et d'une manière indépendante par des audits de sécurité.

La nature et les conditions de mise en œuvre de ces audits sont définies dans la directive interne de la SNCF référencée RG0021.

Ce document organise en particulier l'audit de sécurité national opérationnel (ASNO) dont l'objectif est de fournir annuellement à la présidence de la SNCF une évaluation tant du niveau de sécurité dans les différents domaines opérationnels que de la qualité du management de la sécurité, à travers des visites d'un échantillon d'établissements et de directions centrales.

La directive précitée définit et encadre également l'audit de sécurité territorial (AST) destiné à donner à tout directeur régional, directeur territorial ou dirigeant central qui le

commandite, une vision d'ensemble du niveau de sécurité dans les entités qui lui sont rattachées.

Dans ce cadre, les établissements en charge de la gestion de l'infrastructure ferroviaire, infrapôles et infralogs, sont audités tous les quatre ans au titre de l'audit de sécurité national opérationnel, avec dans l'intervalle, environ tous les ans, des évaluations relevant de l'audit de sécurité territorial.

Le chapitre 7.3.3 du présent rapport analyse les principales conclusions des audits dont l'infrapôle sud-ouest francilien (ISOF) a ainsi fait l'objet de 2010 à 2012.

Par ailleurs, en sus de ces audits périodiques, des audits ciblés ou thématiques peuvent être déclenchés à tout moment à la demande d'un dirigeant.

Enfin, chacun de ces audits donne lieu, au sein de chaque établissement qu'il a concerné, à l'élaboration d'un plan d'actions dont la mise en œuvre fait l'objet d'un suivi.

7.3 - La situation de l'infrapôle sud-ouest francilien

7.3.1 - Le patrimoine ferroviaire géré

Issu de la fusion, en 2009, des établissements équipement et maintenance Essonne - Val d'Orge (EVO) et Paris-Austerlitz - Invalides (PAI), l'infrapôle sud-ouest francilien (ISOF) couvre un linéaire de voies très important qui s'étend sur quelque 1041 kilomètres et comprend, notamment, jusqu'à Toury, l'axe Paris – Orléans dont un tronçon peut être parcouru à la vitesse de 200 km/h, une partie de la grande ceinture avec l'interconnexion des trains à grande vitesse entre Massy et Valenton ainsi que des lignes de banlieue en zone dense et hyperdense avec, en particulier, la majeure partie du RER C et de sa traversée souterraine de Paris.

Le 1^{er} janvier 2010, lors de la création des territoires de production, cet infrapôle a été rattaché au territoire de production Atlantique (TPA)²⁶ dont le siège est à Saint-Pierre-des-Corps.

Malgré l'importance des lignes précitées dans les schémas de transport national et francilien, les infrastructures que gère l'ISOF ne sont pas épargnées par le vieillissement puisque par exemple, en 2012, 168 des 631 appareils de voie les jalonnant avaient dépassé l'âge théorique de leur régénération.

De fait, compte tenu d'une durée de vie normale de l'ordre de 30 ans, environ 20 de ces appareils de voie devraient être régénérés chaque année. Or depuis 2000, le rythme annuel de leur renouvellement est inférieur de moitié.

Ce vieillissement conduit, de l'avis général du personnel et de l'encadrement de l'établissement concerné, à une augmentation régulière de la maintenance corrective et des travaux d'urgence tels que ceux effectués, fin juin 2013, sur la TJD 14/15/16/17 de la zone du poste A du Brétigny-sur-Orge consécutivement à la détection, lors d'un relevé « *Mauzin* », d'un gauche hors tolérance qui avait nécessité d'interdire sur cet appareil la circulation des trains en voie déviée.

En outre, à partir de 2009, on observe au sein de l'infrapôle considéré un accroissement des travaux liés à des régénérations de voies ou à des projets de développement.

²⁶ En novembre 2013, lors de la création du territoire de production Île-de-France, l'infrapôle du sud-ouest francilien a été rattaché à ce dernier.

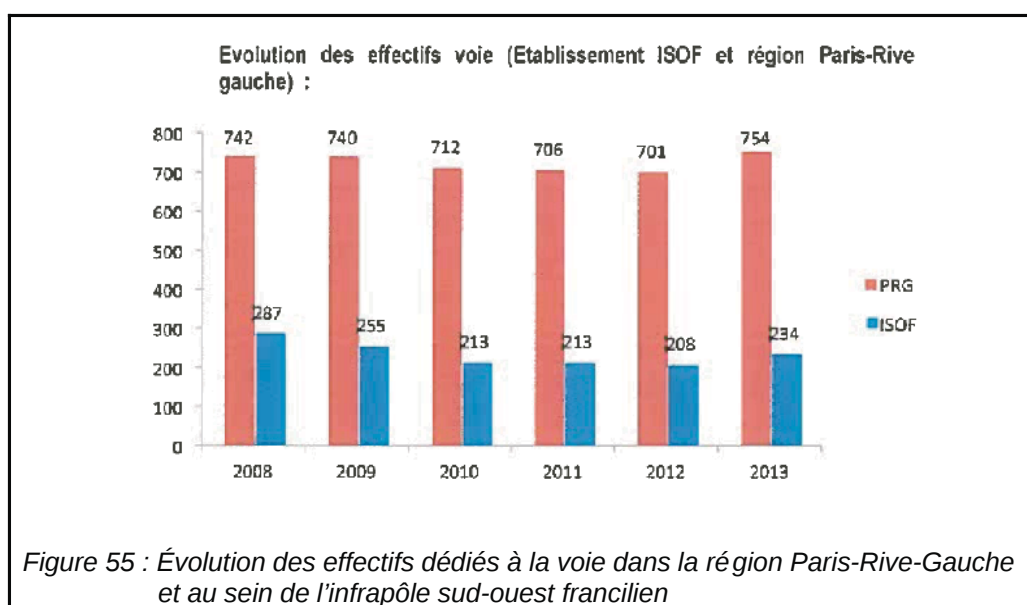
7.3.2 - Les ressources humaines

7.3.2.1 - L'évolution des effectifs

Ainsi que le montre le graphique faisant l'objet de la figure 55 ci-après, sur l'ensemble de la région SNCF « *Paris-Rive-Gauche* », les effectifs de cette entreprise dédiés à la gestion de la voie ont été relativement stables de 2008 à 2013. Très précisément, après avoir globalement baissé d'environ 6 % de 2008 à 2012, ils ont été portés en 2013 à un niveau légèrement supérieur à celui de 2008.

Dans ce contexte de stabilité au niveau régional, l'Infrapôle sud-ouest francilien, et parallèlement son unité de production voie Essonne - Val d'Orge²⁷, ont en revanche enregistré, sur la période considérée, une diminution significative de leurs effectifs affectés à la gestion de la voie du fait, notamment, des transferts de charge opérés vers l'infralog Paris-Atlantique. Ainsi, nonobstant un renforcement de 26 agents réalisé en 2013, cet effectif a baissé au sein de l'ISOF de plus de 18 % de 2008 à 2013 inclus.

Cette baisse a eu, comme c'est souvent le cas, un effet déstabilisant sur le plan social, d'autant que l'établissement concerné a dû faire face, à partir de 2009, à une reprise des travaux d'investissement.



À cette situation s'ajoute le turn-over spécifique que connaissent les établissements de la SNCF opérant en Île-de-France. À titre d'exemple, sur un effectif total de 513 agents, tous domaines d'activité confondus, l'ISOF pourrait être confronté, entre 2013 et 2018, à quelque 147 départs dont 84 dans le domaine de la voie pour un effectif de 234 agents y œuvrant en 2013.

Il s'ensuit des volumes de recrutement importants qui entraînent dans un premier temps, avant que les agents nouvellement embauchés deviennent opérationnels, une charge supplémentaire de formation et d'accompagnement.

Ces difficultés, qui n'ont pas été compensées par une modernisation significative des moyens techniques de l'entretien de la voie, se traduisent par un contexte social que l'encadrement qualifie de tendu, avec des sujets de friction centrés sur le manque de personnel, l'inadaptation des moyens techniques et les articulations avec l'infralog.

²⁷ Il s'agit de l'unité de production dont relèvent les brigades du secteur de Brétigny-sur-Orge.

7.3.2.2 - L'encadrement

Le personnel d'encadrement de l'infrapôle sud-ouest francilien est particulièrement jeune. Ainsi, en 2013, 10 de ses 18 dirigeants de proximité avaient moins de 30 ans et 8 des 9 cadres principaux de l'unité de production voie Essonne - Val d'Orge étaient des « *jeunes cadres* »²⁸ ou des cadres qui faisaient encore récemment partie de cette catégorie. Il en résulte que cet encadrement ne réunit pas toujours l'expérience technique et le recul nécessaires pour gérer la pression constante des exigences de l'exploitation ferroviaire sur la maintenance de la voie alors que les installations concernées sont vieillissantes et que le contexte social est tendu.

En outre, comme souvent dans les établissements d'Île-de-France, les partants sont des cadres expérimentés et chaque départ est compensé par l'arrivée d'un jeune cadre qui ne peut être positionné que sur un poste d'accueil. Il s'ensuit une cascade de mouvements internes au sein de l'infrapôle qui perturbe l'efficacité du management.

Enfin, selon sa direction, le taux d'encadrement de l'ISOF était, en 2013, inférieur à la moyenne enregistrée en ce domaine dans l'ensemble des établissements relevant du même territoire de production, notamment en tenant compte des périodes de formation des jeunes cadres et des techniciens supérieurs.

Au total, l'encadrement de l'infrapôle sud-ouest francilien est plutôt faible numériquement, souvent inexpérimenté et fragilisé par le turn-over. Il vit dans une situation d'urgence et tente de compenser ses faiblesses par son implication et sa disponibilité.

7.3.3 - L'évaluation externe de la qualité et de la sécurité au sein de l'ISOF

7.3.3.1 - L'évaluation de la qualité et de la sécurité de la maintenance de la voie

L'activité de maintenance de la voie exercée par l'infrapôle sud-ouest francilien a été évaluée en novembre 2010 et en novembre 2011 dans le cadre de l'audit de sécurité territorial (AST) ainsi que fin 2012 au titre de l'audit de sécurité national opérationnel (ASNO).

En recul par rapport aux conclusions de l'audit de sécurité national opérationnel réalisé en 2009, les deux évaluations de cet infrapôle effectuées en 2010 et 2011 ont placé son activité de maintenance de la voie au niveau « *partiellement affectée* »²⁹. Elles y ont, notamment, pointé un manque de suivi des défauts de géométrie de la voie ainsi que des retards dans la correction des défauts de cette nature pour lesquels la valeur d'intervention était atteinte, dans l'exécution des vérifications de famille B des appareils de voie et dans la réalisation des tournées des dirigeants.

Lors de l'audit de sécurité national opérationnel conduit en novembre et décembre 2012, l'activité de maintenance de la voie de l'ISOF a globalement été évaluée au niveau « *très fragile* », donc plutôt en amélioration par rapport aux deux évaluations précédentes.

Ce dernier audit a surtout souligné des écarts en matière de surveillance de la géométrie de la voie, avec notamment des dépassements des délais d'intervention en cas d'anomalies atteignant le seuil correspondant.

28 Au sein de la SNCF, les personnels détenant un diplôme de l'enseignement supérieur de niveau au moins BAC+4 qui sont recrutés, ont le statut de « *jeune cadre* » pendant 4 ans.

29 Les domaines opérationnels sont évalués selon une échelle comprenant cinq niveaux, à savoir « *sans écart significatif* », « *fragile* », « *très fragile* », « *partiellement affecté* » et « *globalement affecté* ».

Il a également noté quelques écarts dans la tenue des fiches des vérifications de famille A des appareils de voie ainsi que des retards tant dans l'établissement des comptes rendus des tournées de surveillance que dans le redressement des anomalies qui y étaient détectées.

Au global, dans les domaines d'activité directement concernés par le déraillement du train Intercités n° 3657 survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge, les différents audits de la sécurité auxquels l'infirpôle sud-ouest francilien avait été soumis au cours des trois années précédentes, y avaient constaté une situation fragile qui n'était cependant pas apparue comme particulièrement inquiétante.

7.3.3.2 - L'évaluation du management de la qualité et de la sécurité

L'évaluation ressortant des audits de sécurité

Lors de l'audit de sécurité territorial de novembre 2010, le management de la sécurité de l'ISOF a globalement été évalué au niveau « *acceptable* »³⁰. Toutefois, les domaines « *veille et contrôle* » et « *amélioration* » y ont été qualifiés de « *moyens* » et le sous-domaine « *veille technique* » d'« *insuffisant* ».

Dans ses commentaires, cet audit a notamment souligné le manque d'efficacité de la veille de niveau 1 assurée au sein de cet établissement.

Un an après, l'audit de sécurité territorial réalisé en novembre 2011 a de nouveau évalué au niveau « *moyen* » la veille et le contrôle exercés par l'infirpôle concerné sur ses activités.

En novembre 2012, lors de l'audit de sécurité national opérationnel, il a été considéré que le management de la sécurité de l'infirpôle sud-ouest francilien était toujours globalement « *acceptable* ». Le domaine « *veille et contrôle* » y a toutefois été jugé en progrès et l'organisation du contrôle y a même été évaluée au niveau « *satisfaisant* ». En revanche, la mise en œuvre du contrôle de niveau 1 et la veille technique n'y ont été qualifiées que de « *moyennes* ». Cet audit a en particulier noté que les contrôles sur le vif n'étaient pas privilégiés et que, lorsqu'il en était réalisé, leur efficacité n'était pas avérée.

Le bouclage par le territoire de production Atlantique

Lors de la revue de pôles³¹ qu'il a conduite en 2010 au sein de l'infirpôle sud-ouest francilien, le territoire de production Atlantique y a critiqué le manque de rigueur dans la tenue et la transmission des documents de suivi de la production par ses différentes unités. Il a également déploré la faiblesse globale du processus de veille technique.

En 2011 et 2012, le « *bouclage* »³¹ effectué dans cet établissement par le territoire de production précité a de nouveau fait ressortir des retards dans la réalisation de certaines opérations et dans la mise à jour et la transmission des documents de suivi. Il y a, cependant, noté une amélioration sensible du contrôle, tout en y déplorant toujours le manque d'efficacité de la veille de niveau 1, trop d'écarts observés par le niveau 2, celui de l'établissement, n'ayant pas été détectés par le niveau 1, celui de l'unité de production.

30 Le management de la sécurité est évalué selon une échelle comportant quatre niveaux, à savoir « *satisfaisant* », « *acceptable* », « *moyen* » et « *insuffisant* ».

31 Au sens défini dans le dernier alinéa du chapitre 7.2.3.1.

7.4 - Le fonctionnement du secteur voie de Brétigny-sur-Orge

En 2013, le cadre d'organisation du secteur voie de Brétigny-sur-Orge le dotait, théoriquement, d'un effectif de 23 agents et le structurait en :

- une équipe dirigeante constituée d'un cadre, le dirigeant de proximité, et de deux agents de maîtrise, le technicien opérationnel et le technicien d'appui ;
- deux brigades devant respectivement comprendre, pour la première, celle de « *Brétigny 1* », un chef d'équipe voie et onze agents d'exécution et pour la seconde, celle de « *Brétigny 2* », deux agents de maîtrise, un chef d'équipe voie et un technicien de production, et six agents d'exécution.

Dans la pratique, en juillet 2013, l'effectif réellement disponible au sein de ce secteur voie était de 20 agents, deux postes n'étant pas tenus dans la brigade de « *Brétigny 1* » et un dans celle de « *Brétigny 2* ». En janvier 2013, cet effectif était de 19 agents et en juillet 2012 de 18.

Qu'il existe, à un moment donné, dans une unité des écarts entre l'effectif fixé par son cadre d'organisation et celui dont elle dispose réellement ne constitue pas en soi une situation anormale, les ajustements au besoin nécessaires pour lui permettre de faire face à sa charge de travail, elle-même fluctuante, pouvant donner lieu à des renforts temporaires entre unités ou à de la sous-traitance interne ou externe.

Toutefois, lorsqu'elle persiste dans la durée comme il en était ainsi au sein du secteur voie de Brétigny-sur-Orge, une telle situation n'est pas de nature à favoriser un climat de travail satisfaisant, surtout lorsque la charge est en augmentation.

Qualitativement, en 2013, l'équipe dirigeante de ce secteur voie comprenait :

- en qualité de dirigeant de proximité, un « *jeune cadre* », recruté en septembre 2011, qui exerçait cette fonction depuis février 2013. Il tenait là son premier poste de management opérationnel ;
- comme technicien opérationnel, un ancien attaché technicien supérieur, embauché en mars 2007, qui tenait cet emploi depuis février 2012 ;
- comme technicien d'appui, un agent de maîtrise issu de la promotion interne, recruté en décembre 1995, qui avait rejoint le secteur voie concerné en juin 2012.

A priori, cette équipe était composée d'agents de profils diversifiés susceptibles de se compléter mutuellement. Toutefois, début 2013, ni le technicien opérationnel ni le technicien d'appui concernés n'avaient une ancienneté dans leurs emplois respectifs pouvant garantir leurs légitimités technique et managériale à l'égard des chefs d'équipe voie et de certains agents des brigades de « *Brétigny 1* » et de « *Brétigny 2* » bien plus anciens dans leurs postes. Dans ces conditions, l'affectation à la tête du secteur voie considéré d'« *un jeune cadre* » en phase d'acquisition de compétence et sans expérience de terrain peut interpeller.

Cette affectation était, de fait, d'autant moins heureuse que l'unité de production voie Essonne - Val d'Orge à laquelle le secteur de Brétigny-sur-Orge est rattaché, n'était guère en mesure d'apporter à ce jeune cadre le soutien technique et managérial qu'il lui aurait fallu.

En effet, un nouveau dirigeant a été nommé à la tête de cette unité en avril 2013, son prédécesseur y étant resté moins d'un an, et le poste d'assistant sécurité n'y était tenu que de manière intermittente.

Au final, il apparaît qu'indépendamment de la qualité des personnes, toutes les conditions n'étaient pas réunies pour garantir un management efficace du secteur voie de Brétigny-sur-Orge et, notamment, pour y assurer une veille et un contrôle acceptable de la conformité des interventions de maintenance effectuées.

8 - L'analyse des causes de l'accident et les orientations préventives

8.1 - Les causes du déraillement et les facteurs associés

La cause directe du déraillement du train Intercités n° 3657 survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge 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 C de ce cœur à l'aiguille n° 7. Cette éclisse, libérée par des défaillances successives des quatre boulons de ce joint, a pivoté, lors du passage du train concerné, autour de l'axe constitué par le corps sans tête du boulon n° 4.

Le désassemblage du joint considéré a débuté par la rupture de la tête diamant de son boulon n° 3 qui a cédé entre un et huit mois avant cet accident. A priori, seule cette défaillance était détectable visuellement lors de la tournée de surveillance effectuée le 4 juillet 2013.

Ce désassemblage a été favorisé par une fissuration en étoile qui s'était développée depuis 2008, à partir du trou n° 3, dans l'âme de l'about de cœur incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache, entraînant des efforts supplémentaires anormaux dans le boulon occupant ce trou qui ont contribué à la rupture de sa tête.

Il ressort des investigations effectuées que trois des processus afférents à la maintenance de la traversée jonction double concernée, à savoir les tournées de surveillance, les vérifications de famille B et le suivi des défauts de cœur qui ne relèvent ni des mêmes référentiels ni des mêmes personnels, ont été affectés par des défaillances qui ont permis cette situation. Ainsi :

- la rupture du boulon n° 3 du joint désassemblé qui était décelable lors de la tournée de surveillance réalisée le 4 juillet 2013, voire lors de plusieurs tournées antérieures, n'a pas été détectée, conséquence probablement de la moindre attention accordée aux anomalies affectant la boulonnerie par rapport à d'autres défauts considérés comme plus critiques ;
- la fissuration en étoile qui s'était développée dans l'âme de l'about C du cœur de traversée précité n'a pas été signalée lors de la vérification de famille B dont la TJD 6/7/8/9 a fait l'objet en novembre 2011, alors qu'elle devait vraisemblablement être très avancée ;
- cette fissuration dont l'amorce avait été décelée lors de la vérification de famille B de février 2008 de cet appareil de voie n'a pas, à l'issue de ce contrôle, été repérée correctement dans le fichier des défauts de cœur de sorte que le processus de suivi annuel de son évolution a été inopérant.

Même si aucun lien de causalité direct et formel ne peut être établi avec ces défaillances, il apparaît que plusieurs facteurs managériaux, organisationnels et humains, amplifiés par les spécificités propres à la région francilienne en matière d'exploitation ferroviaire et de gestion des personnels, y ont probablement contribué :

- le vieillissement général du réseau ferroviaire qui en entraînant une multiplication des interventions de maintenance de la voie effectuées dans l'urgence pour faire face aux besoins de l'exploitation, peut conduire à différer certaines tâches considérées comme secondaires et peut ainsi modifier la représentation que les agents des brigades « Voie » se font de l'état normal des installations ;

- une organisation des infrapôles qui peut conduire, comme c'était le cas pour le secteur voie de Brétigny-sur-Orge, à confier l'encadrement de proximité des brigades à de « *jeunes cadres* » ne disposant pas d'une expérience technique et d'un recul suffisants, nonobstant leur implication et leur disponibilité, situation à laquelle s'ajoutaient dans l'infrapôle sud-ouest francilien une tension sur les effectifs et un turn-over important ;
- des processus de contrôle et d'audit qui n'ont pas permis de détecter clairement la dérive, au sein de cet infrapôle, de la qualité de certaines opérations de maintenance de la voie.

Dans ses conclusions provisoires, le rapport d'étape que le BEA-TT a établi en janvier 2014 sur le déraillement considéré a dégagé des orientations préventives et formulé des recommandations portant sur les appareils de voie et leur maintenance. Ces recommandations ont été prises en compte par le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire qui les met en œuvre sous le contrôle de l'Établissement public de sécurité ferroviaire. Le chapitre 8.2 ci-après en rappelle la teneur.

En sus de ces préconisations, l'analyse d'ensemble de tous les facteurs qui ont joué ou pu jouer un rôle dans l'accident concerné conduit à rechercher des orientations préventives dans le champ du management de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire. Le chapitre 8.3 les explicite.

8.2 - Les orientations préventives et les recommandations portant sur les appareils de voie et leur maintenance

8.2.1 - 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 C du cœur de cette traversée et l'augmentation des contraintes sur les boulons du joint éclissé le raccordant à l'aiguille n° 7 au point de dépasser les limites de fatigue de la boulonnerie utilisée.

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 la recommandation suivante :

Recommandation R1 (SNCF Réseau) :

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.**

8.2.2 - 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 plusieurs 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 Réseau) :

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.

8.2.3 - 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.

Le BEA-TT invite SNCF Réseau 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 mainteneur. 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 SNCF Réseau à s'interroger sur la pertinence de l'intégration des tournées effectuées par les dirigeants dans la trame des tournées périodiques de surveillance.

8.2.4 - 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 et donc d'aucun contrôle.

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 et dont la pérennité et la fiabilité ne sont pas garanties.

Le BEA-TT formule donc la recommandation suivante :

Recommandation R3 (SNCF Réseau) :

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.

8.3 - Les orientations préventives et les recommandations portant sur le management de la maintenance du réseau ferré national

8.3.1 - *La mise sous contrôle de l'amélioration de l'état général de l'infrastructure ferroviaire*

L'audit que l'École polytechnique fédérale de Lausanne a conduit en 2005 à la demande de RFF et de la SNCF sur l'état du réseau ferré national et son évolution prévisible a fortement souligné la dégradation qu'il connaissait depuis une trentaine d'années et a noté que le taux de renouvellement des voies les plus importantes, celles des groupes UIC 2 à 4, était depuis plusieurs années deux fois plus faible que celui correspondant à leur durée de vie normale.

Plusieurs actions ont alors été engagées par l'État, RFF et la SNCF pour endiguer cette situation. Ainsi :

- le budget de renouvellement de l'infrastructure ferroviaire a été porté de 1 Md€ en 2006 à 2,5 Md€ en 2013 ;
- un grand plan de modernisation du réseau concerné a été élaboré en 2012 et sa mise en œuvre décidée en 2013.

Plus récemment, et ainsi qu'il l'a confirmé le 18 février 2015 lors de la première réunion du comité de suivi de la sécurité ferroviaire qu'il a créé, le ministre chargé des transports a décidé que la priorité sera donnée à la maintenance du réseau par rapport aux opérations de développement dont certaines seront ainsi décalées.

Il n'appartient pas au BEA-TT de se prononcer sur le rythme auquel le réseau ferré national doit être régénéré pour résorber le retard accumulé au cours des décennies passées, et encore moins sur les budgets nécessaires pour y faire face.

En revanche, s'agissant d'une action s'inscrivant nécessairement dans la durée, qui doit être conduite avec ténacité, il estime que son déploiement doit être régulièrement évalué sur la base d'objectifs clairement explicités.

Il appelle, par ailleurs, l'attention sur le fait que pendant toute cette période de remise à niveau de l'infrastructure ferroviaire, les besoins d'entretien, préventif ou correctif, resteront élevés et qu'ils devront être pris en compte sauf à ce que des dérives dans les pratiques n'affectent la qualité des interventions et partant, la sécurité.

Le BEA-TT adresse donc à SNCF Réseau la recommandation suivante :

Recommandation R4 (SNCF Réseau) :

Faire vérifier régulièrement, par des audits externes et sur la base d'objectifs explicites, que l'évolution de l'âge moyen des différentes composantes du réseau ferré national est conforme aux orientations prises et que les moyens alloués à l'entretien sont cohérents avec les besoins liés à l'état des installations et aux performances attendues.

8.3.2 - *L'anticipation des besoins de recrutement*

De 2008 à 2012, l'infrapôle sud-ouest francilien, et parallèlement son unité de production voie Essonne - Val d'Orge, ont enregistré une diminution très importante, de quelque 27 %, de leurs effectifs dédiés à la maintenance de la voie du fait, notamment, des transferts de charges opérés vers l'infralog Paris-Atlantique.

Or, dès 2009, l'ISOE a été confronté à une reprise des travaux de régénération des voies relevant de sa compétence. De fait, les renforts en personnel nécessaires pour y faire face, ne se sont concrétisés dans son effectif qu'à partir de 2013.

Par ailleurs, en juillet 2013, le secteur voie de Brétigny-sur-Orge présentait, depuis un an, un sous-effectif de 3 à 5 agents par rapport aux 23 postes dont son cadre d'organisation le dotait.

Lorsqu'elles persistent dans la durée, de telles situations sont particulièrement déstabilisantes tant en termes d'organisation du travail qu'au plan social.

La longueur des procédures de recrutement, le temps nécessaire pour disposer de candidatures en nombre suffisant et la durée des formations indispensables avant que les agents nouvellement embauchés deviennent opérationnels imposent d'anticiper efficacement les évolutions des effectifs des mainteneurs, notamment en région francilienne où les établissements concernés rencontrent des difficultés récurrentes pour trouver des postulants valables.

Le BEA-TT invite donc SNCF Réseau à s'interroger sur les procédures de recrutement des personnels de ses établissements de maintenance ainsi que sur le manque d'attractivité des métiers de la voie, notamment en Île-de-France.

8.3.3 - *La gestion de l'encadrement des établissements en charge de la maintenance*

Ainsi qu'il l'a été indiqué dans le chapitre 7.3.2.2 du présent rapport, en 2013, 10 des 18 dirigeants de proximité en fonction au sein de l'infrapôle sud-ouest francilien avaient moins de 30 ans. Plus spécifiquement, 8 des 9 cadres principaux de l'unité de production voie Essonne - Val d'Orge étaient de « *jeunes cadres* » ou des cadres qui faisaient encore récemment partie de cette catégorie.

Il en était notamment ainsi du dirigeant de proximité du secteur voie de Brétigny-sur-Orge qui, recruté en septembre 2011, avait été affecté à cette fonction en février 2013 alors qu'il était toujours en phase d'acquisition de compétence et qu'il ne disposait d'aucune expérience de terrain. Or, ni le technicien opérationnel, ni le technicien d'appui qui lui étaient rattachés, n'avaient une ancienneté dans leurs emplois respectifs susceptible de garantir leurs légitimités technique et managériale auprès des agents des brigades du secteur voie concerné. De plus, à cette époque, l'unité de production voie Essonne - Val d'Orge n'était guère en mesure d'apporter à ce dirigeant de proximité le soutien qu'il lui aurait fallu.

Ces constats interpellent sur la politique d'affectation des cadres dans les infrapôles, notamment en région francilienne où le turn-over des cadres est élevé. Ils conduisent le BEA-TT à émettre la recommandation ci-après.

Recommandation R5 (SNCF Réseau) :

Améliorer la politique d'affectation des cadres dans les établissements en charge de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire :

- **en évitant des concentrations de jeunes cadres dans les unités opérationnelles et en tenant compte de cet objectif dans la détermination des cadres d'organisation de ces unités ;**
- **en veillant à constituer à la tête des secteurs voie des équipes dont le dirigeant de proximité, le technicien d'appui et le technicien opérationnel ont des aptitudes, des compétences et des anciennetés qui se complètent utilement ;**
- **en réduisant leur turn-over, notamment dans les établissements implantés dans la région francilienne.**

Par ailleurs, alors qu'il a été minoré lors des modifications qui ont été apportées à l'organisation des infrapôles, le rôle managérial du chef d'équipe voie au sein de la brigade à laquelle il appartient est incontournable et doit être réaffirmé.

Des actions, relayées au plan national, ont été engagées par certains infrapôles, notamment par l'ISOF, afin de le revaloriser. Le BEA-TT encourage SNCF Réseau à les poursuivre.

8.3.4 - Le renforcement des contrôles et des audits

L'activité de maintenance de la voie exercée par l'infrapôle sud-ouest francilien ainsi que le management de la sécurité qui y était assuré ont été régulièrement évalués, tous les ans de 2009 à 2012, soit au titre de l'audit de sécurité national opérationnel, soit dans le cadre de l'audit territorial de sécurité.

Cet établissement a également fait l'objet en 2010, 2011 et 2012 de revues de « *bouclage* » effectuées par le territoire de production Atlantique auquel il était alors rattaché.

Si ces différentes évaluations ont souligné le manque d'efficacité de la veille et du contrôle de niveau 1 assurés au sein de cet infrapôle, elles n'ont en revanche pas détecté d'écarts particulièrement inquiétants dans les champs concernés par les défaillances ayant contribué au déraillement du train Intercités n° 3657, à savoir l'état de la boulonnerie et des attaches, la réalisation des tournées de surveillance et l'exécution des vérifications de famille B des appareils de voie.

À cet égard, il apparaît que les « *contrôles sur le vif* » effectués lors des audits de sécurité considérés, qui consistent à observer un agent ou un groupe d'agents en train de réaliser une opération, ne suffisent pas à donner une image fidèle de la réalité car la présence de l'auditeur n'est pas neutre vis-à-vis des pratiques des opérateurs.

Le BEA-TT estime ainsi nécessaire de les compléter par des contrôles a posteriori d'équipements ayant récemment fait l'objet d'une intervention de surveillance ou d'entretien et il en veut pour preuve que l'intégration de tels contrôles sur le terrain lors d'une récente inspection de l'Établissement public de sécurité ferroviaire a permis de détecter des écarts qui n'auraient probablement pas été relevés avec les procédures habituelles.

Il recommande donc à SNCF une démarche similaire lors de ses audits de sécurité.

Recommandation R6 (SNCF et SNCF Réseau) :

Intégrer systématiquement dans les audits de sécurité des établissements en charge de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire des contrôles de l'état réel d'un échantillon d'équipements ayant récemment fait l'objet d'interventions de surveillance ou d'entretien afin d'évaluer la pertinence des règles de maintenance et la qualité de leur mise en œuvre.

Apporter dans ce cadre une attention toute particulière à la réalisation des tournées de surveillance et des vérifications de famille B des appareils de voies.

9 - Conclusions et recommandations

9.1 - Les causes de l'accident

Le déraillement du train Intercités n° 3657 survenu le 12 juillet 2013 à Brétigny-sur-Orge s'est produit sur la traversée jonction double 6/7/8/9 du poste A de cette gare, plus précisément sur le cœur de traversée de la file droite de cet appareil de voie.

Il a été provoqué par le désassemblage du joint éclissé raccordant l'about C de ce cœur de traversée à l'aiguille n° 7.

Ce désassemblage a débuté par la rupture de la tête diamant du troisième boulon de ce joint qui a cédé entre un et huit mois avant cet accident.

Il a été favorisé par une fissuration en étoile qui s'était développée depuis 2008 dans l'âme de l'about de cœur incriminé, jusqu'à ce qu'un morceau s'en détache entraînant des efforts supplémentaires anormaux dans le boulon précité qui ont contribué à la rupture de sa tête.

Les trois autres boulons du joint concerné ont ensuite cédé, l'un en se dévissant, les deux autres par rupture de leur tête, vraisemblablement quelques jours seulement avant le déraillement du train considéré.

Alors que la traversée jonction double 6/7/8/9 était, comme ses voisines, connue pour les difficultés récurrentes qu'elle posait, trois défaillances des différents processus de maintenance auxquels elle était soumise ont, de fait, permis cette situation :

- la non-détection lors de la tournée de surveillance réalisée le 4 juillet 2013, voire lors de tournées de surveillance antérieures, de la rupture du troisième boulon du joint qui s'est désassemblé, conséquence probablement de la moindre attention accordée aux anomalies affectant la boulonnerie par rapport à d'autres défauts des appareils de voie considérés comme plus critiques ;
- le peu de rigueur qui a dû présider à la vérification de famille B dont cette traversée jonction double a fait l'objet en novembre 2011, pour que la fissuration qui s'était développée dans l'âme de l'about de cœur précité n'ait pas été signalée, alors qu'elle devait vraisemblablement être très avancée ;
- l'erreur d'enregistrement, en février 2008, dans le fichier de suivi des défauts de cœur de cette fissuration dont l'amorce avait alors été décelée lors de la vérification de famille B de l'appareil de voie en cause réalisée cette année là, erreur qui a rendu inopérant le processus de suivi annuel de son évolution.

Même si aucun lien de causalité direct et formel ne peut être établi avec ces défaillances, il apparaît que plusieurs facteurs managériaux, organisationnels et humains, amplifiés par les spécificités propres à la région francilienne, y ont probablement contribué :

- le vieillissement général du réseau ferroviaire qui en entraînant une multiplication des interventions de maintenance de la voie effectuées dans l'urgence pour faire face aux besoins de l'exploitation, peut conduire à différer certaines tâches considérées comme secondaires et peut ainsi modifier la représentation que les agents se font de l'état normal des installations ;
- une organisation des infrapôles qui peut conduire à confier l'encadrement de proximité des brigades à de jeunes cadres ne disposant pas d'une expérience et d'un recul suffisants, nonobstant leur implication et leur disponibilité ;

- des processus de contrôle et d'audit qui n'ont pas permis de détecter clairement la dérive de la qualité de certaines opérations de maintenance de la voie au sein de l'infrapôle dont relève le secteur de Brétigny-sur-Orge.

9.2 - Les recommandations

En conclusion du rapport d'étape qu'il a établi et publié en janvier 2014 sur le déraillement considéré, le BEA-TT a adressé à la branche « *Infrastructure* » de la SNCF les trois recommandations ci-après portant respectivement sur la maîtrise des assemblages boulonnés, sur le renforcement des prescriptions relatives à la maintenance de la boulonnerie des appareils de voie et sur l'adaptabilité des schémas de maintenance de ces appareils. Ces recommandations ont été prises en compte par le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire qui les met en œuvre sous le contrôle de l'Établissement public de sécurité ferroviaire.

Recommandation R1 (SNCF Réseau) :

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.

Recommandation R2 (SNCF Réseau) :

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.

Recommandation R3 (SNCF Réseau) :

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.

À la lumière de l'ensemble de ses investigations et en sus des préconisations précitées, le BEA-TT formule les trois recommandations nouvelles suivantes qui ont trait au management de la maintenance du réseau ferré national :

Recommandation R4 (SNCF Réseau) :

Faire vérifier régulièrement, par des audits externes et sur la base d'objectifs explicites, que l'évolution de l'âge moyen des différentes composantes du réseau ferré national est conforme aux orientations prises et que les moyens alloués à l'entretien sont cohérents avec les besoins liés à l'état des installations et aux performances attendues.

Recommandation R5 (SNCF Réseau) :

Améliorer la politique d'affectation des cadres dans les établissements en charge de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire :

- **en évitant des concentrations de jeunes cadres dans les unités opérationnelles et en tenant compte de cet objectif dans la détermination des cadres d'organisation de ces unités ;**
- **en veillant à constituer à la tête des secteurs voie des équipes dont le dirigeant de proximité, le technicien d'appui et le technicien opérationnel ont des aptitudes, des compétences et des anciennetés qui se complètent utilement ;**
- **en réduisant leur turn-over, notamment dans les établissements implantés dans la région francilienne.**

Recommandation R6 (SNCF et SNCF Réseau) :

Intégrer systématiquement dans les audits de sécurité des établissements en charge de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire des contrôles de l'état réel d'un échantillon d'équipements ayant récemment fait l'objet d'interventions de surveillance ou d'entretien afin d'évaluer la pertinence des règles de maintenance et la qualité de leur mise en œuvre.

Apporter en ce cadre une attention toute particulière à la réalisation des tournées de surveillance et des vérifications de famille B des appareils de voies.

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 28 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		
BB26000	Tolérances suivant VR1001 AN.1 (version E rectif.1)			h min: 27,5 h max: 36	e min: 22 e max: 33,5	Qr > 6,5	S ≤ 5	L = 140 +1/-2	C ≤ 4	h min: 27,5 h max: 36	e min: 22 e max: 33,5	Qr > 6,5	S ≤ 5	L = 140 +1/-2	C ≤ 4		
		BB26005	480	272	A	29,17	29,10	8,82	0,25	140,69	0,00	29,38	29,28	8,26	1,75	140,10	0,30
		BB26005	481	277	B	29,26	28,94	9,45	0,30	140,78	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	140,59	0,00	28,10	30,48	10,04	1,40	140,42	0,00
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		
Voitures corails	Tolérances suivant VR1001 AN.5 (version E rectif.1)			h min: 27,5 h max: 36	e min: 22 e max: 33,5	Qr > 6,5	S ≤ 5	L ≤ 140	C ≤ 4	h min: 27,5 h max: 36	e min: 22 e max: 33,5	Qr > 6,5	S ≤ 5	L ≤ 140	C ≤ 4		
		508727971733	984	9639	1	28,22	30,40	9,90	0,13	135,05	0,00	28,15	30,14	9,70	0,19	135,45	0,00
		508727971733	984	6515	2	28,12	29,82	9,38	0,41	134,27	0,00	28,15	29,74	9,55	0,46	134,61	0,00
		508727971733	984	17073	3	28,23	30,14	9,50	0,15	135,28	0,00	28,01	30,12	9,66	0,00	135,27	0,00
		508727971733	984	8375	4	28,12	30,33	9,56	0,20	135,30	0,00	28,11	30,19	9,56	0,08	135,27	0,00
		508726970170	984	7603	5	28,17	30,28	9,75	0,18	135,09	0,00	27,87	29,82	9,34	0,31	135,11	0,00
		508726970170	984	11361	6	28,19	30,18	9,82	0,14	135,71	0,00	27,80	30,10	9,58	0,17	135,56	0,00
		508726970170	984	9342	7	27,86	28,57	9,79	0,17	135,22	0,00	27,87	30,22	9,58	0,35	135,65	0,00
		508726970170	984	9306	8	27,95	29,80	9,55	0,00	135,63	0,00	28,21	30,47	9,77	0,11	135,49	0,00
		508726970261	984	17882	9	28,23	30,03	9,32	0,13	135,07	0,00	28,27	30,11	9,40	0,17	135,34	0,00
		508726970261	984	11364	10	28,06	30,19	9,11	0,17	135,61	0,00	28,15	30,04	9,37	0,19	135,26	0,00
		508726970261	984	17877	11	28,12	30,03	9,39	0,13	135,12	0,00	28,15	30,31	9,59	0,16	135,46	0,00
		508726970261	984	17876	12	28,17	30,35	9,69	0,12	135,26	0,00	28,27	30,05	9,48	0,19	135,24	0,00
		508726970089	984	10414	13	29,12	29,41	8,72	0,00	135,49	0,00	28,67	28,57	8,80	0,31	135,83	0,00
		508726970089	984	7764	14	28,36	30,20	9,37	0,22	135,17	0,00	28,57	30,01	9,38	0,22	135,40	0,00
		508726970089	984	7149	15	28,57	30,04	8,51	0,31	135,64	0,00	28,39	29,96	9,02	0,11	135,67	0,00
		508726970089	984	4413	16	29,10	29,32	8,85	0,33	135,88	0,00	28,83	29,11	9,06	0,00	135,45	0,00
		508784971816	984	4827	17	28,11	30,87	10,01	0,05	135,58	0,00	27,89	31,07	9,89	0,00	135,43	0,00
		508784971816	984	8254	18	28,19	31,15	10,57	0,07	134,99	0,00	27,98	31,16	10,49	0,00	135,00	0,00
		508784971816	984	6702	19	28,19	30,20	10,37	0,00	135,37	0,00	27,92	31,37	10,07	0,00	135,21	0,00
		508784971816	984	1591	20	28,23	31,07	9,71	0,10	135,28	0,00	27,79	30,84	9,30	0,00	135,28	0,00
		508719330094	984	8787	21	28,30	29,50	9,00	-	-	-	27,88	29,14	8,72	0,79	137,03	0,00
		508719330094	984	11276	22	28,08	29,99	9,00	0,00	135,04	0,00	28,21	29,37	9,11	0,00	134,98	0,00
		508719330094	984	16588	23	27,70	29,80	9,80	-	-	-	28,13	29,86	9,11	0,19	135,08	0,00
		508719330094	984	7228	24	28,30	29,47	9,20	0,00	135,14	0,00	28,17	29,00	8,99	0,00	135,37	0,00
		508717970109	984	5806	25	28,03	28,50	8,74	0,00	135,08	0,00	28,05	29,98	8,79	0,14	135,88	0,00
		508717970109	984	12450	26	28,17	28,91	9,41	0,11	135,28	0,00	28,11	29,76	9,43	0,29	135,47	0,00
		508717970109	984	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	984	17772	28	28,14	30,15	9,49	0,00	135,31	0,00	28,11	30,10	9,46	0,00	135,20	0,00		

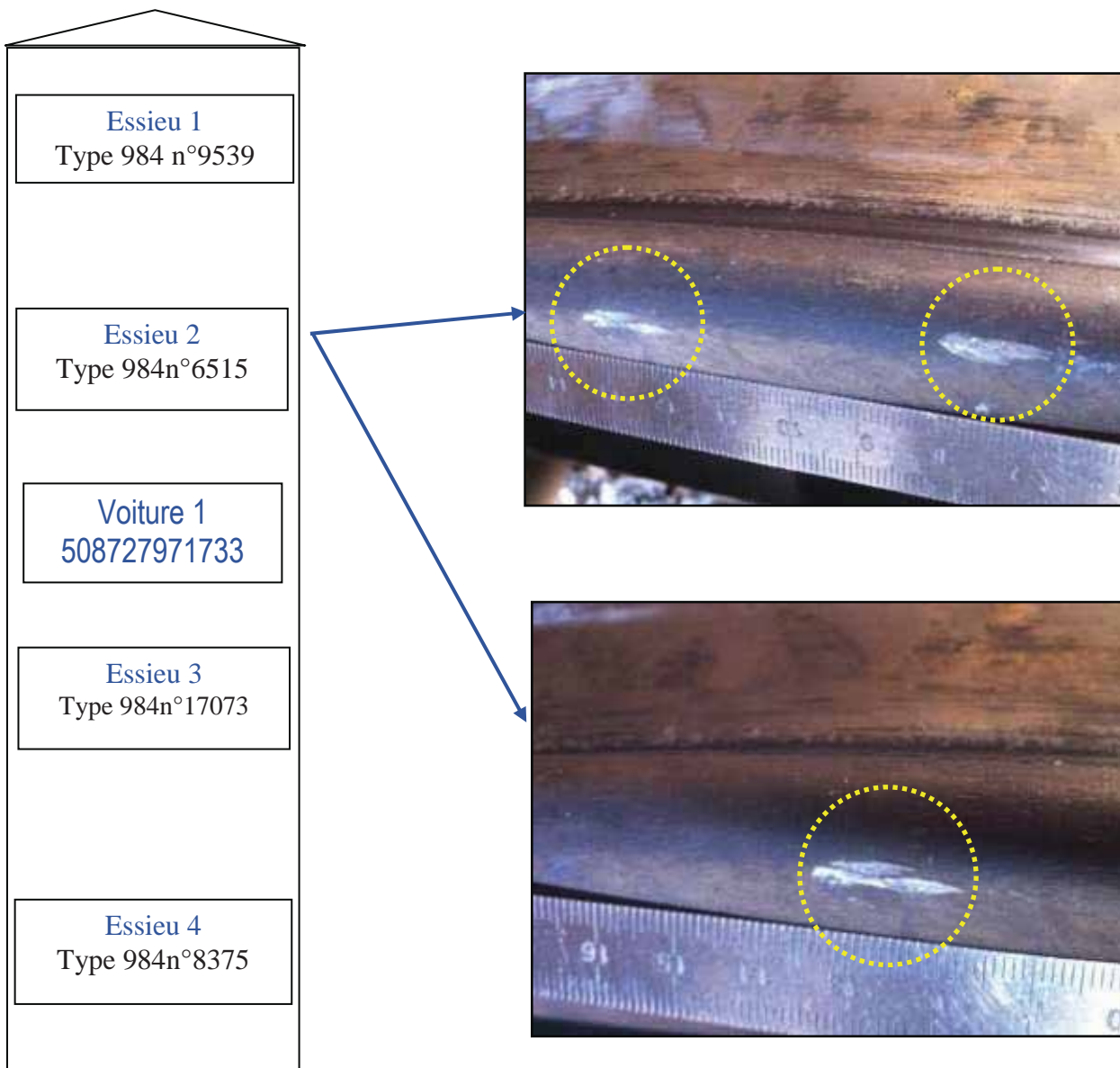
Annexe 3 : Expertise visuelle des essieux des véhicules du train n° 3657

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.

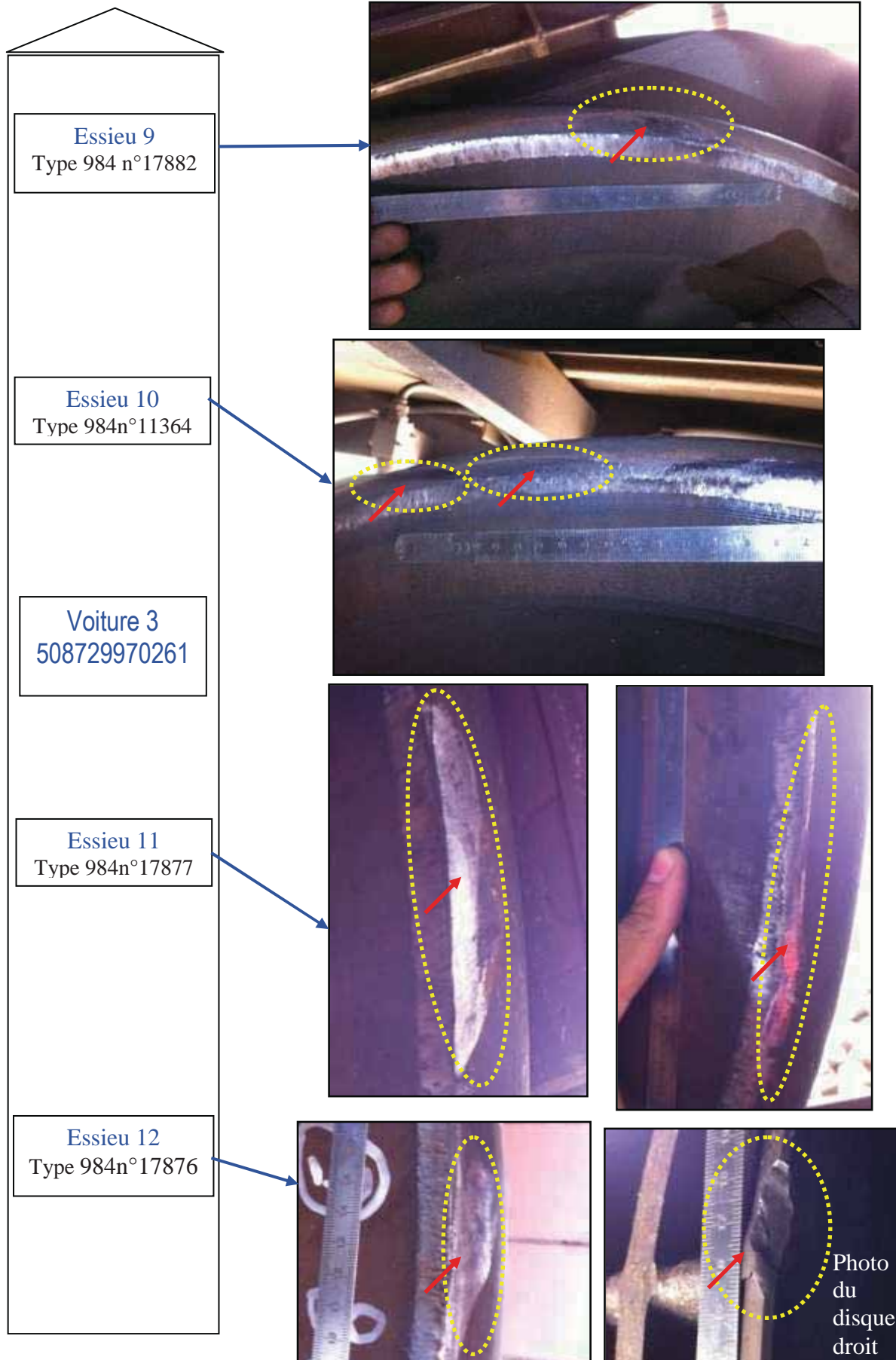


15. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970170 (voiture 2)

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.

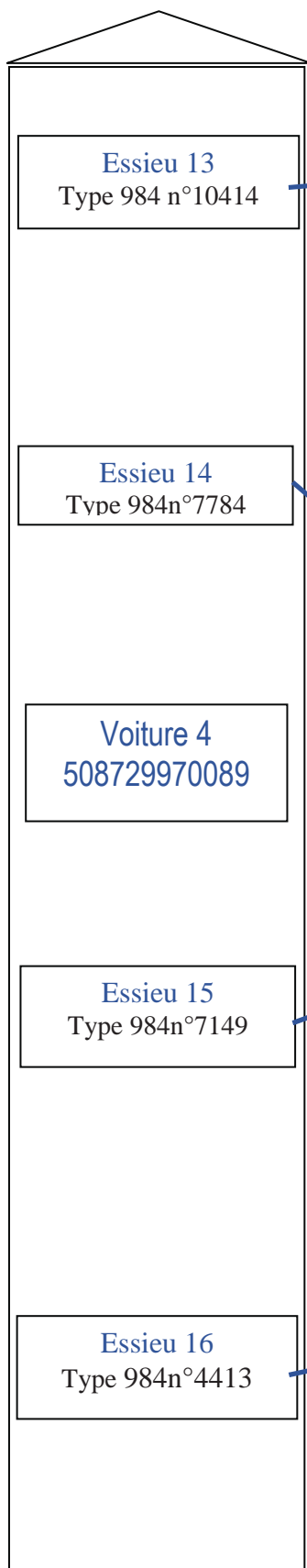
16. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970261 (voiture 3)

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.



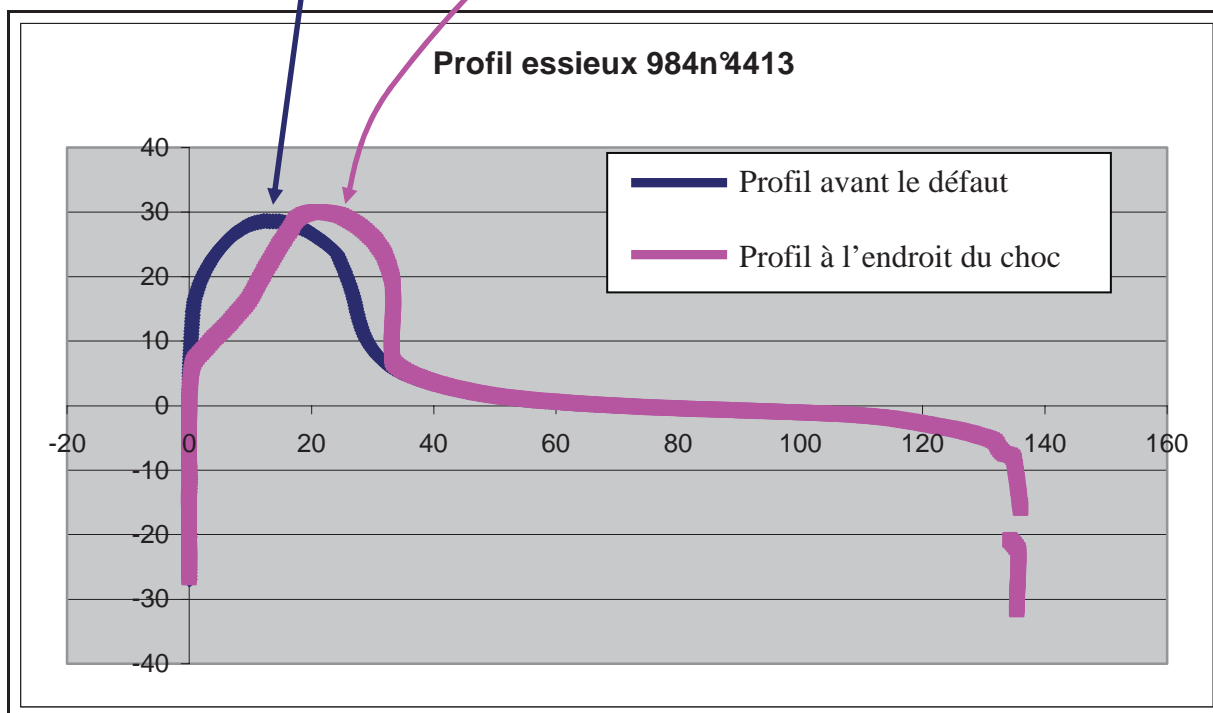
17. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508729970089 (voiture 4)

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.

Essieu 17
Type 984 n°4827



Essieu 18
Type 984 n°8254



Voiture 5
508784971816

Essieu 19
Type 984 n°6702



Essieu 20
Type 984 n°1591

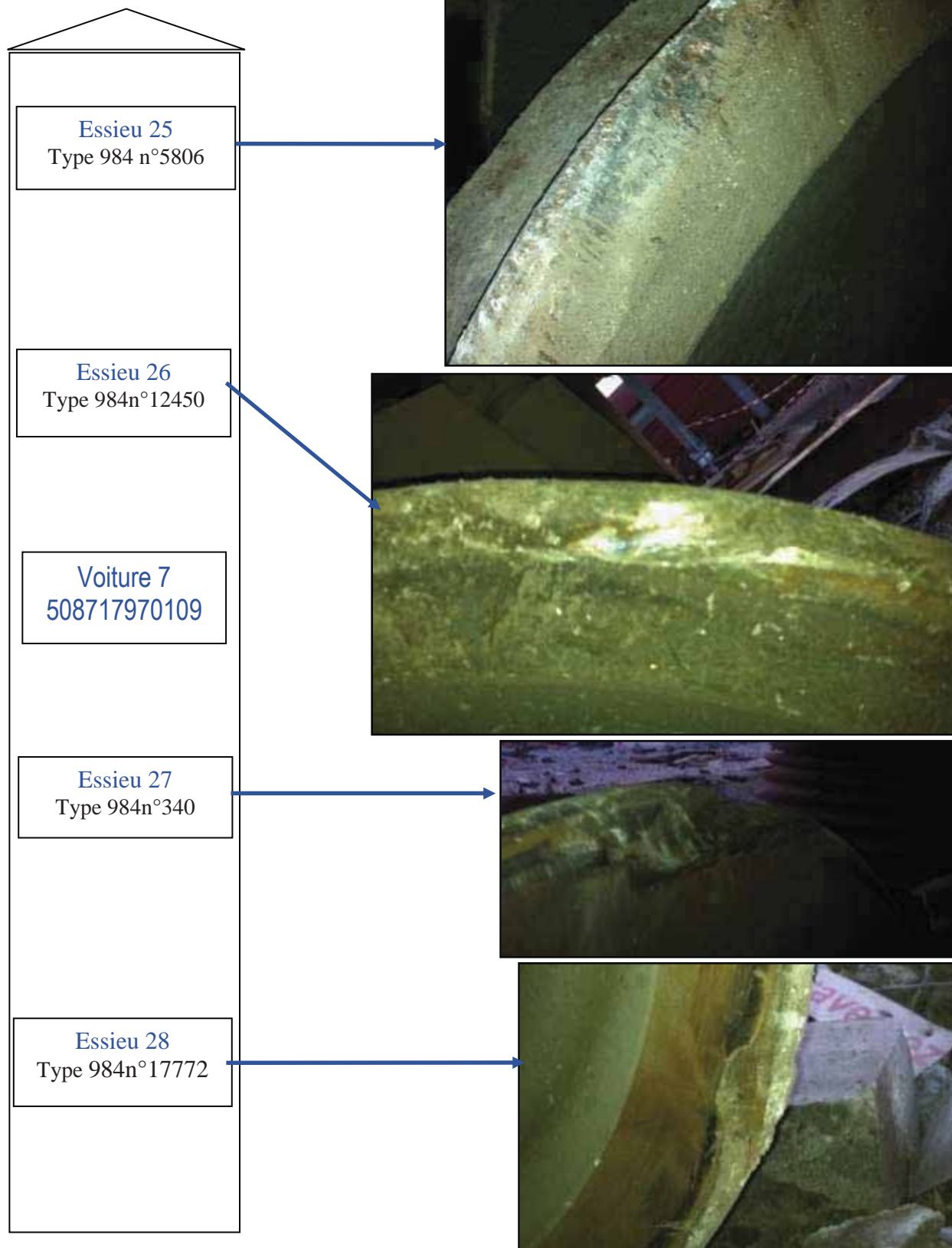


19. Expertise visuelle des essieux de la voiture n°508718930094 (voiture 6)

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							
Locomotive	Dernière opération N2			Dernière opération N3		Opération mi vie	Date dernière RG
BB26005	ES	12/06/2013	EMN+1	04/07/2013	04/08/2013	GVG	24/02/2012
Voture	Dernière opération N2		prochaine opération N2	Contrôle essieux 984 MA.25244 MRHOC-2013 12		Dernière opération N3	
872797173			23/07/2013	EMN		07/07/2013	GVGS+GVGC
872997017							GVGS+GVGC
872997026							RG
872997008							GVGS+GVGC
878497181							GVGS+GVGC
871893009						RG	20/03/2013
871797010						RG	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 Détaillement Britany du 09/09/2013 au CETIM (Sentis) :

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



Marques en relief: 20 125  05

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

Origine: ??

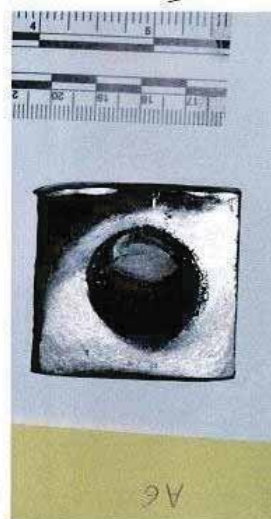
o Scellé N°P1 0200069 : rondelle GROVER



Observations: Un côté mat (brillant) et oxydé - l'autre côté totalement oxydé

Origine: ??

o Scellé N°A6 : Tête diamant



Marques en relief: V08 5.6 20 125

Observations: Matriage important de la face interne dont les traces correspondent aux marques relevées sur l'éclisse - faces présentant une zone de fatigue oxydée (témoignant 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 mat et arrondi témoignant d'une rotation et de la position de la tête sur l'éclisse extérieure.

Origine: Trou n°4

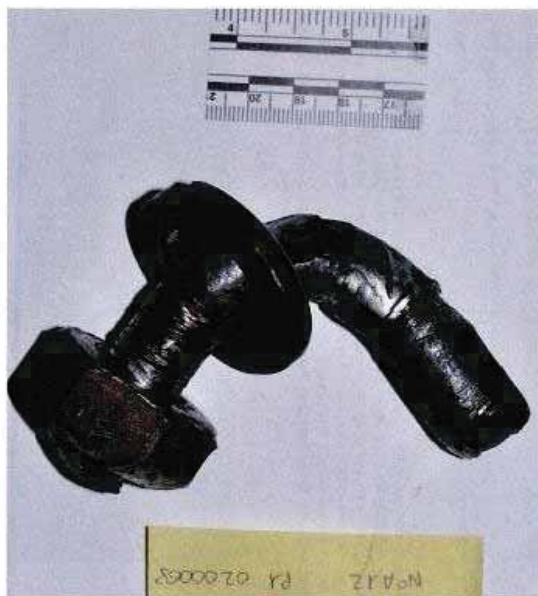
o Scellé N°P1 0200067 repère N°A9 : morceau de rail rompu



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

Origine : trou n°2.

o Scellé N°P1 0240068 repère N°A12 : tige filetée plîée + rondelle Grower + 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 – facettes 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 – facettes de rupture mate à 50 % – les bords du filetage sont arrondis et mates.

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 (totalement brillants) ce qui témoigne de la rotation de l'écrou en bout de filetage – les 4 angles de la tête diamant présentent du matage ce qui explique les marques relevées sur l'éclisse extérieure.

Origine: trou n°1

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



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

Origine: ??

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



Marques en relief: 20 125  05

Observations: Faciès présentant une zone de fatigue oxydée (témoignant d'une fissuration antérieure), une zone de fatigue brillante et une zone d'arrachement final - multi-amorçages sur le cône de raccordement - faciès de rupture correspondant a priori à la tige repérée A2 –

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

Origine: trou n°2

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



Observations: Faciès de rupture correspondant a priori au scellé P2 002222 – deux marques prononcées et distinctes de la partie non filetée – largeur des marques correspondant à la largeur d'une âme de rail – filets oxydés – léger écrasement des hauts de filets.

Origine: trou n°3 ?

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



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

Origine : trou n°3 ?

o Scellé N°P1 0200066 repère N°A8 : Ecrou



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

Origine : ??

o Scellé N°P1 0200065 repère N°A7 : Ecrou



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

Origine : ??

o Ecclisse retournée

Observations : Photos des différents trous – observations des marques liées aux rondelles Grover – 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'écrasement des filets de la tige fileté.

o Ecclisse extérieure

Observations : Photos des différents trous pour appairer 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 desserriment de l'écrou associé – matage 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 coin supérieur droit.

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).

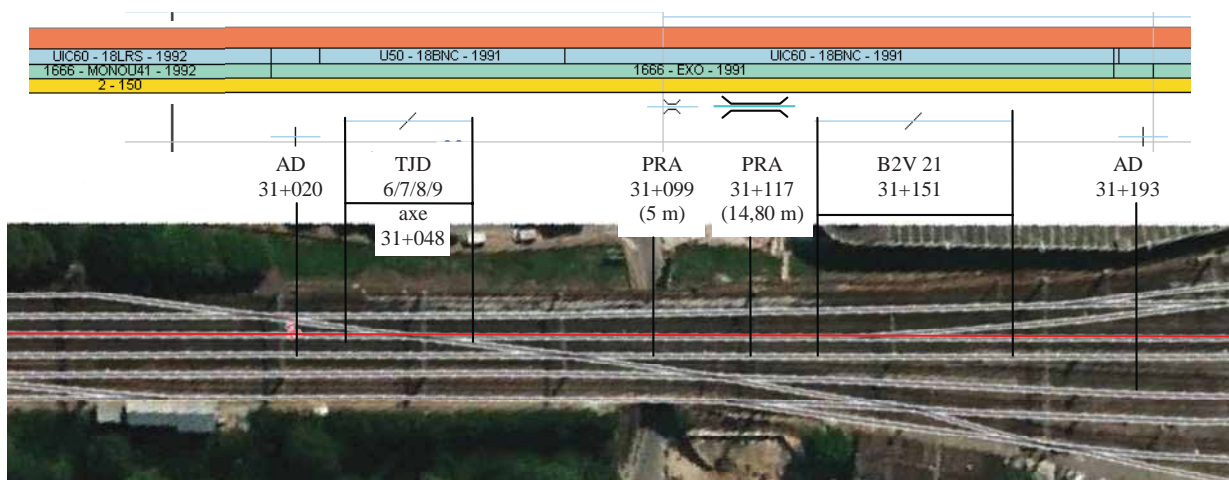
Dans la limite de pertinence des enregistrements « Mauzin » pour le recueil de ce type d'information, les altérations mineures enregistrés ne sont pas représentatives de la défaillance de constituant, notamment de joint de rail défectueux.

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

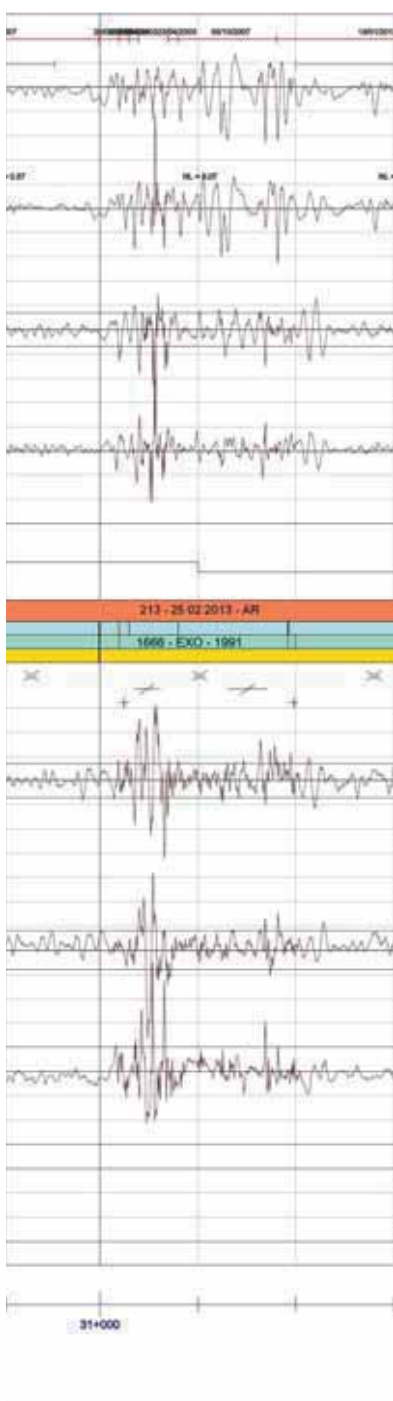
THEME	MOYEN	CONSTATATIONS	OBSERVATIONS
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	TJD 6/7/8/9 défaut de dressage	
Surveillance générale du parcours	Tournée en train	31+000 à 31+300 défaut de dressage + nivellement U2 (3 mois)	Le BML de l'aig 21 a amélioré la situation
Surveillance générale du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

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) :

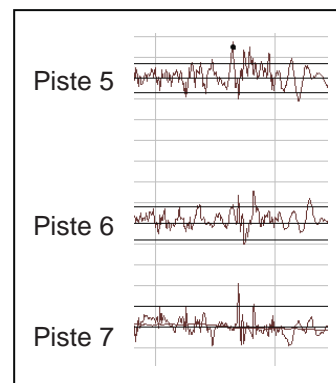
- Piste 7 - Ecartement : 3 lancers principaux vers le haut (sous-écartement) correspondant au rappel des palpeurs d'écartement par les contre-rails avec des sur écartements au niveau des aiguillages.
- Pistes 5 et 6 - dressage : perturbations importantes dues là aussi aux rappels des palpeurs de mesure -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.

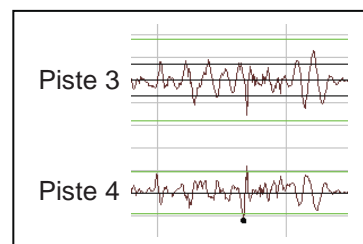
Au 25 février 2013, elle ne présente pas d'anomalie significative.

4.1.2. Zone située en aval de la TJD

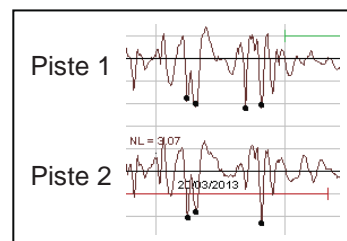
- Sur les pistes 5 - 6 et 7 ci-contre, les enregistrements du dressage et de l'écartement correspondent à ceux d'une voie posée en barres normales, fortement circulée et âgée de 22 ans. On peut notamment constater sur la piste 7 - écartement - le pic vers le haut correspondant au rappel du contre-rail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



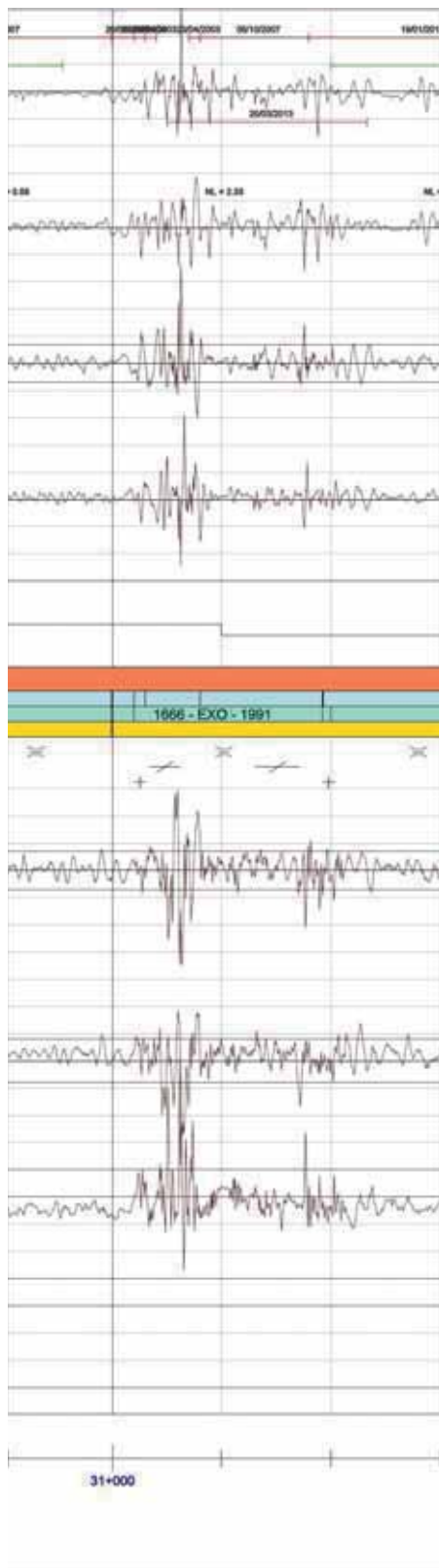
- Pistes 3 et 4 de nivellement transversal : les graphiques montrent une voie en deçà des valeurs d'alerte - VA - sur ces paramètres sauf pour le paramètre G3 - piste 4- qui présente une valeur d'alerte VA au franchissement du cœur de croisement du branchement 21.



- 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.

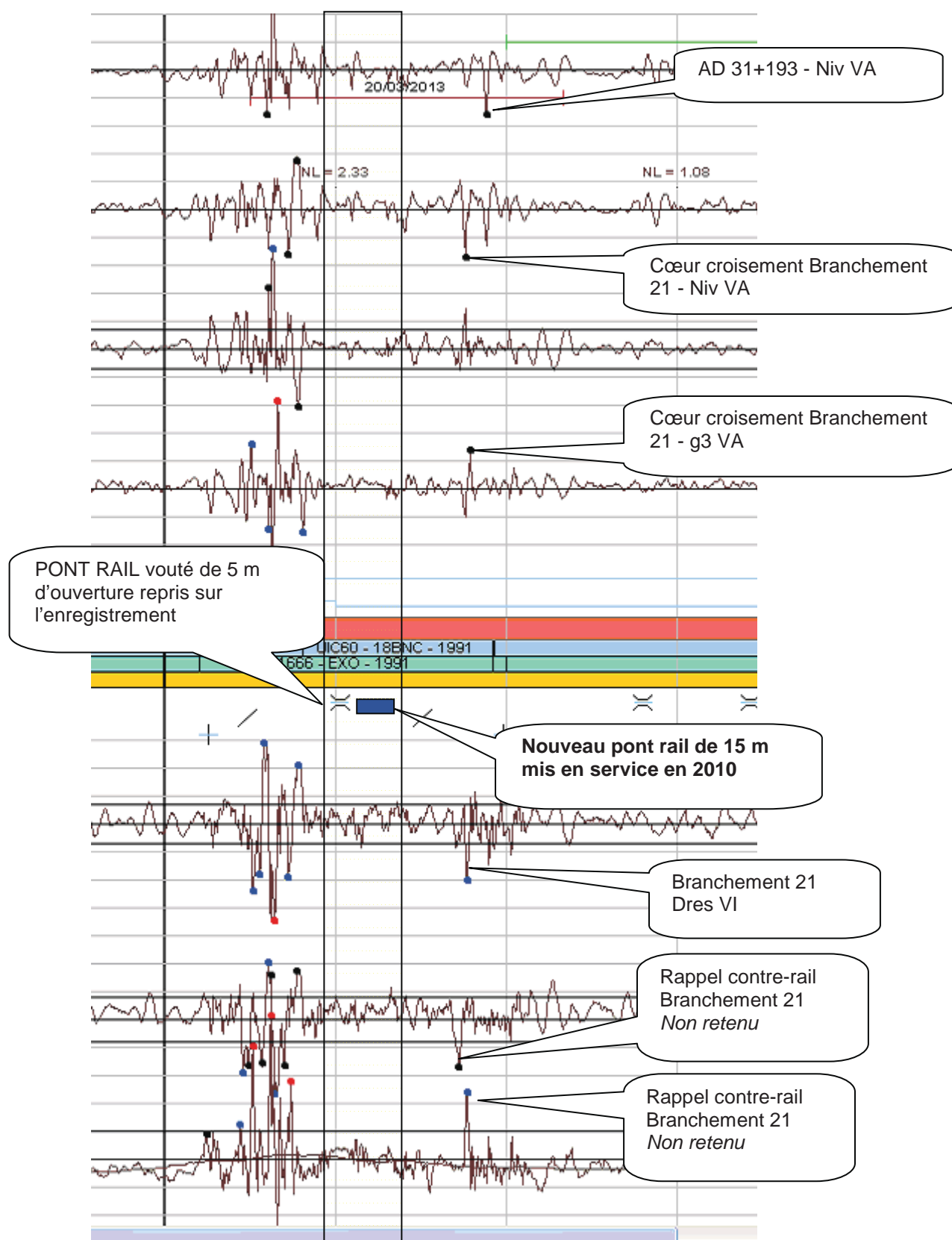
Les perturbations du graphique concernent notamment en partant du bas (piste 7) :

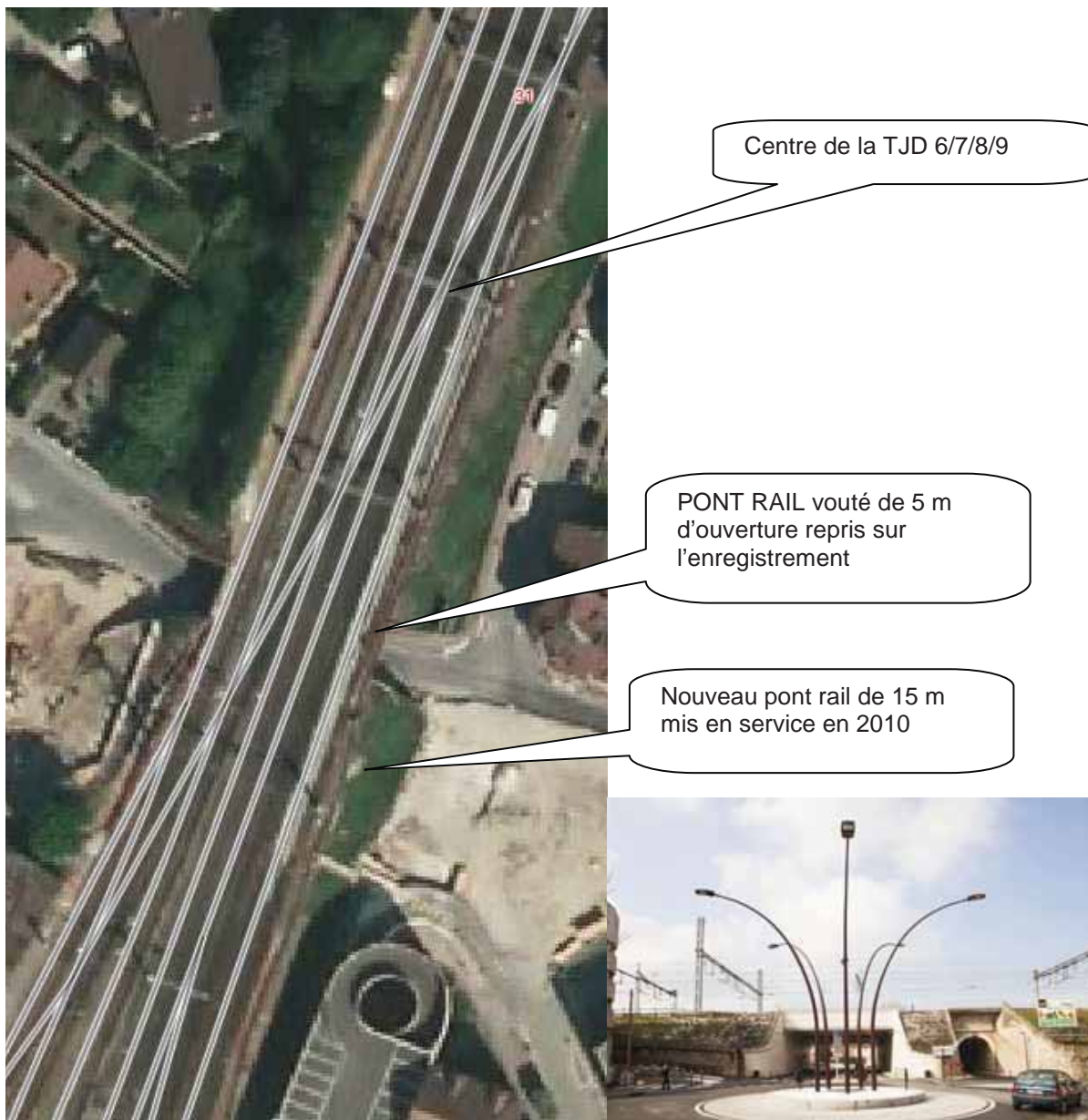
- Piste 7 - Ecartement - On retrouve la même forme et les mêmes valeurs que lors de l'enregistrement du 25 février 2013.
- Pistes 5 et 6 - Dressage : la situation est similaire à celle du 25 février. Il n'y a pas d'évolution notable dans la TJD. A noter que les pistes 5 et 6 sont inversées par rapport 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





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.

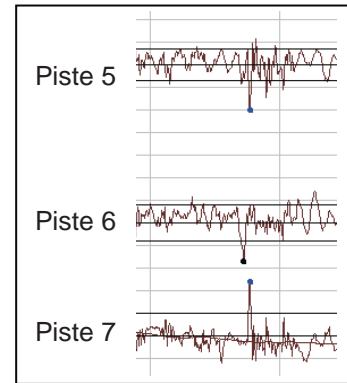
DOCUMENT INTERNE SNCF

SNCF INFRA

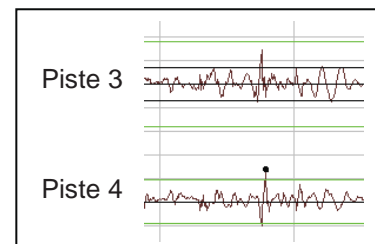
DIRECTION DE LA MAINTENANCE DU RESEAU
ENTRETIEN ET REGENERATION - INGENIERIE DE MAINTENANCE VOIE
DMR ER IMV - 17 Octobre 2013

PAGE 12

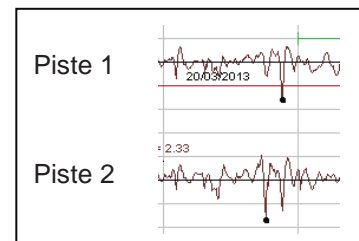
- Sur les pistes 5 - 6 et 7 ci-contre, les enregistrements du dressage et de l'écartement correspondent à ceux d'une voie posée en barres normales, fortement circulée et âgée de 22 ans. On peut notamment constater sur la piste 7 - écartement - le pic vers le haut correspondant au rappel du contre-rail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

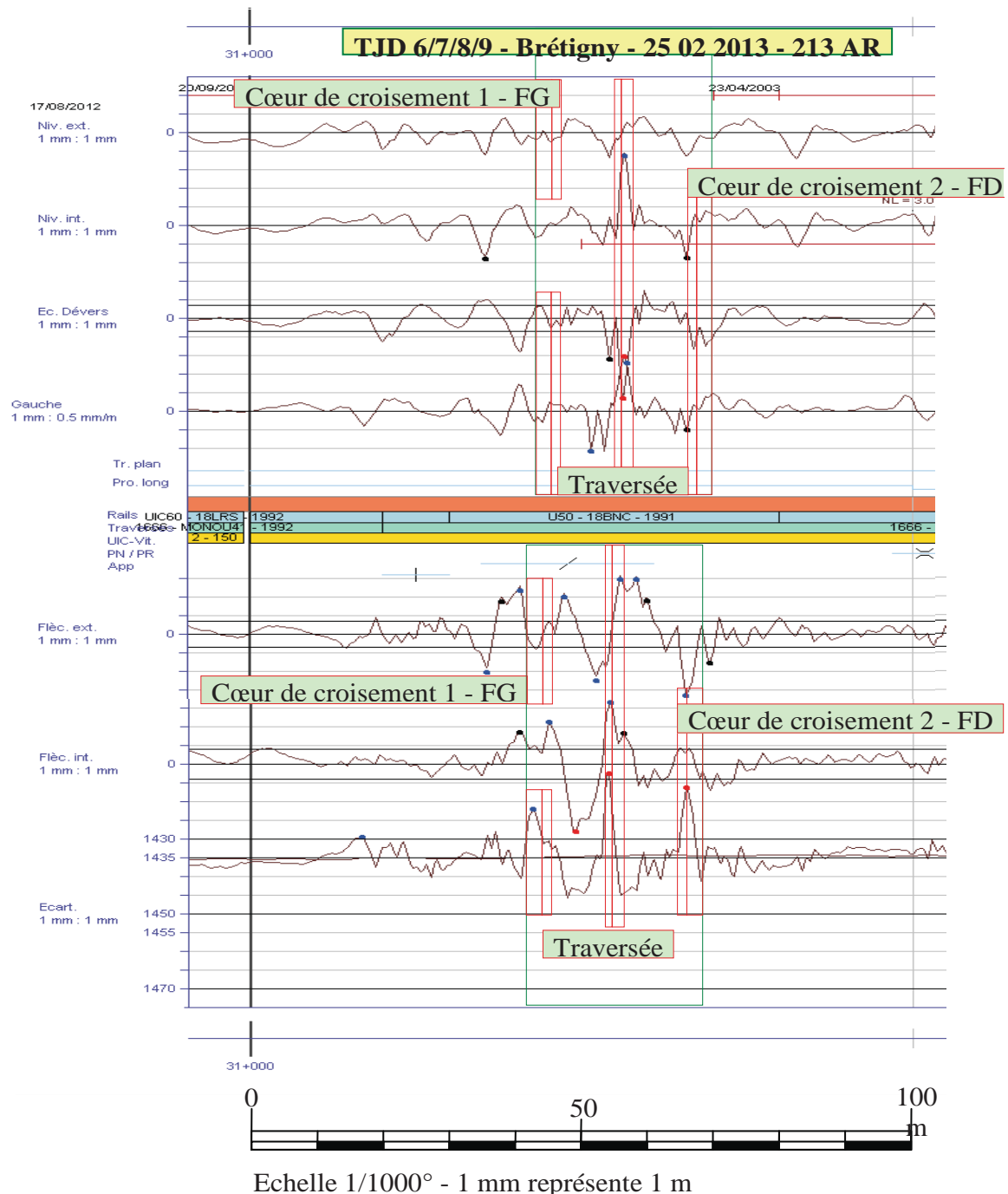


Globalement, cette zone ne présente pas d'anomalie significative au 23 mai 2013.

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.).

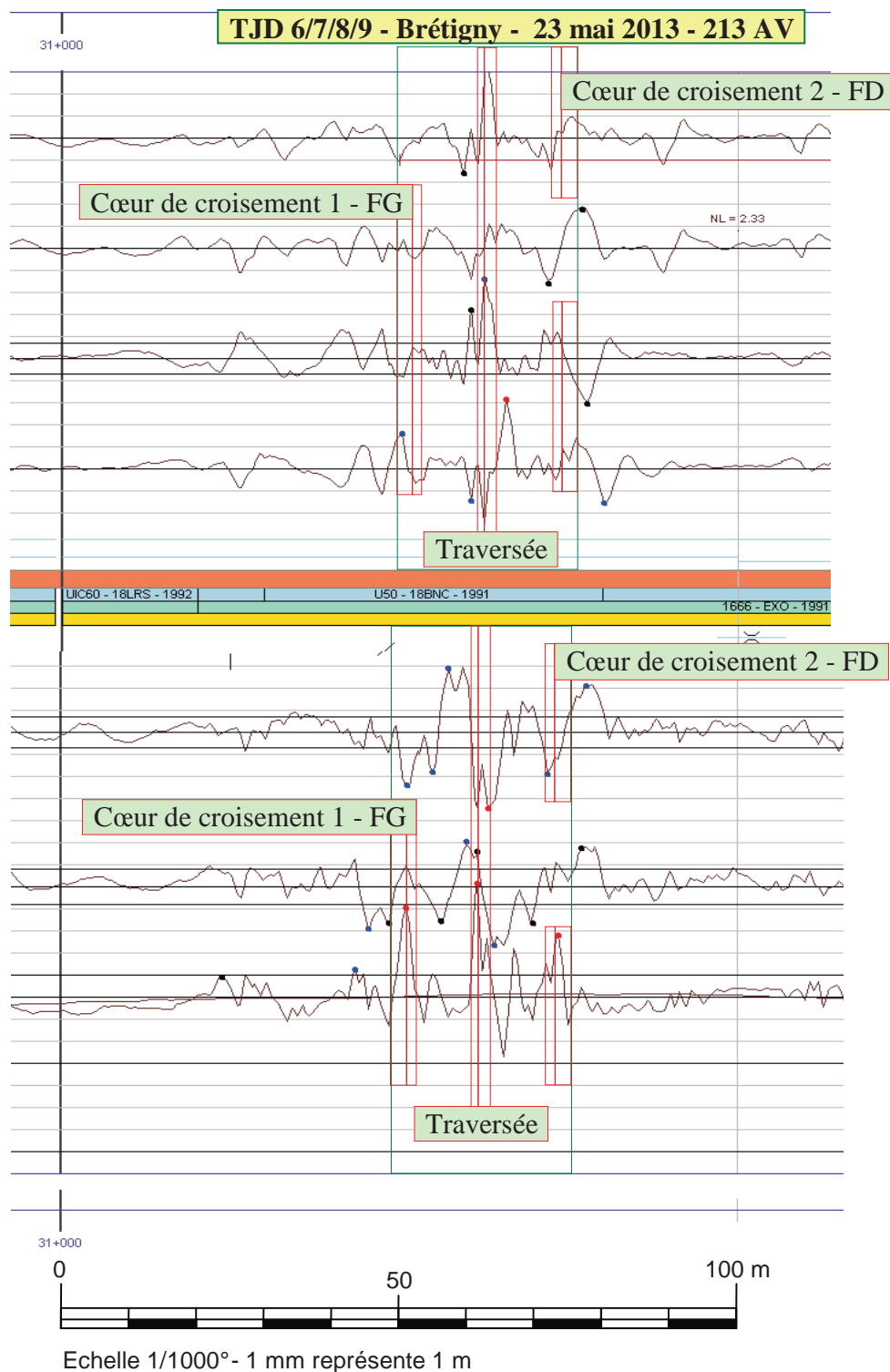
Cet enregistrement a été étiré à une échelle longitudinale de 1 mm / m.



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

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

PAGE 15

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.

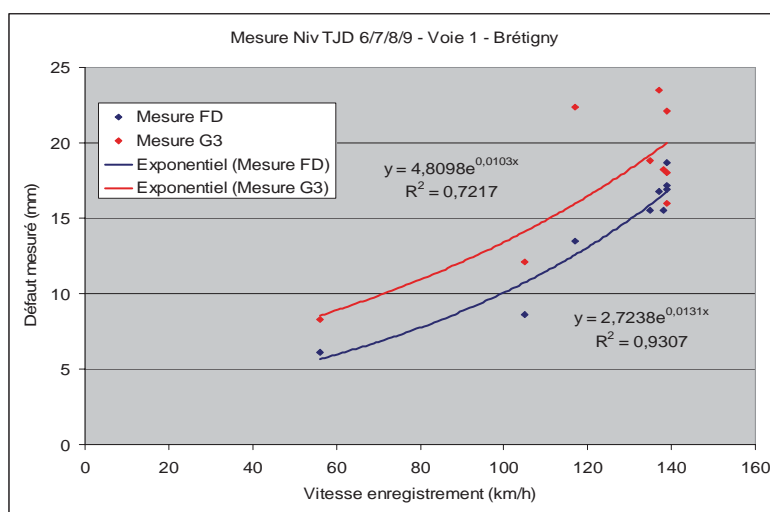
Le 25 février et dans d'autres circonstances, les mesures terrain ont confirmé l'absence de valeurs VR telles que mesurées par les Mauzin.

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

SNCF INFRA

DIRECTION DE LA MAINTENANCE DU RESEAU

ENTRETIEN ET REGENERATION - INGENIERIE DE MAINTENANCE VOIE

DMR ER IMV - 17 Octobre 2013

PAGE 16

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	

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

Inrapôle : Sud Ouest

Reçu par le DPX le : 04.10.2013...

Unité : UP VOIE EVO

Analyse 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

Sens de la tournée :

0

V1bis → vers SF 6e.

Puis

V2bis → vers Bret

Tournée : B1

PK : Voies 1, 1bis, 2, 2bis du km 27+300 au 31+500

Ligne : Paris à Bordeaux

Nom de l'agent de tournée :

Signature :

Date de la tournée : 04.10.2013.

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 carrées 565 et 765. Comptabiliser le nombre de	
27,900		ADV V1	S	Vérifier les cartouches de détos (à chaque tournée) des carrées 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 carrées 565 et 765. Comptabiliser le nombre de	
28,200		V2bis	U2	Hecto à remplacer	
28,200		V2bis	U2	Default Niv transversal sur 20m	
28,500		V1	U1	2 Butée d'aiguille à resserrer BS 19 FD	Toujours
29,000		V1bis	U2	Pancarte taguée	TJS
29,000		V2bis	U2	PK à remplacer (Taguée)	TJS
29,000		V2bis	U2	Pancarte illisible	
29,420	29,350	V2bis	U2	Mirliton à nettoyer	(1)
29,790		V1/2	S	2 Rail à ramasser	Toujours
29,900		V1/V 2	S	Rail à ramasser	Toujours
29,920	29,370	1	U2	Coupons entrevoie 1/2 à ramasser km 29,920 km 29,770 et km 29,370	
29,970		V1/V 2	S	Rail à ramasser	Toujours
30,060		V1bis	S	Rail à ramasser	Toujours
30,270		V1bis	U2	Default Dress sur 20m	OK (1)
30,300	30,500	V1bis	U2	Mirliton à nettoyer	PAS (1)
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 desserrer sur Aig 16/17	déjà 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 remplacer BS 63	Toujours (intéle 1)
31,500		V1bis	U2	Rail + aiguille à ramasser 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 ferraille 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 : semelles + Tirofants + bords + C de V (bords fin)
31+600		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+550		V1bis	S	Coeur n° 11 092 Maté Provins écaillage important. ☹
31+020		V1bis	S	M 83 008 2 grosses Fissures.
31+590		V1/V2	S	Rail à ramasser + 2 x 3 C's avec éclisses.
31+320		V1bis	U2	Chaque voie coulé de boue.
31+500		V1bis	S	Plage de densité - Sur 6 traverses. G3 ?
31+400		V1bis	S	1 cartouche de déto.



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

•

Tour Pascal B

92055 La Défense cedex

Téléphone : 01 40 81 21 83

Télécopie : 01 40 81 21 50

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

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